

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038053**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.06.29

(51) Int. Cl. *E21B 47/12* (2012.01)

(21) Номер заявки
201892775

(22) Дата подачи заявки
2017.07.14

(54) **СИСТЕМА БЕСПРОВОДНОЙ ДВУНАПРАВЛЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СКВАЖИНЕ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ**

(31) **102016000074309**

(56) WO-A2-2009143409

(32) **2016.07.15**

WO-A1-2012038468

(33) **IT**

US-A1-2005001735

(43) **2019.06.28**

(86) **PCT/IB2017/054279**

(87) **WO 2018/011763 2018.01.18**

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

(72) Изобретатель:
**Буррафато Себастьяно, Пулити
Алессандро, Моласки Клаудио,
Фаваретто Мауро (IT)**

(74) Представитель:
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнагьев
А.В. (RU)**

(57) Предложена система беспроводной двунаправленной передачи данных в скважине (10) для извлечения пластовых флюидов, которая содержит множество штанг (11, 12), последовательно соединенных друг с другом для формирования колонны штанг, идущей от поверхности до забоя скважины (10), при этом колонна штанг связана с множеством датчиков (14), сконфигурированных для непрерывного обнаружения множества параметров, связанных с флюидами, циркулирующими в скважине (10), и с горными породами, окружающими скважину (10), и/или с защитными устройствами или другими дистанционно управляемыми скважинными инструментами; множество модулей (20) связи, расположенных на заранее заданных расстояниях вдоль колонны штанг и сконфигурированных для передачи сигналов из забоя и в забой скважины (10); при этом каждый модуль (20) связи содержит по меньшей мере одну металлическую пластину, выбираемую из следующих пластин: передающая металлическая пластина (21); приемная металлическая пластина (22); приемопередающая металлическая пластина (35); электронный блок (23) обработки и управления, сконфигурированный для обработки сигналов, подлежащих передаче посредством по меньшей мере одной металлической пластины (21, 35), или сигналов, принятых посредством по меньшей мере одной металлической пластины (22, 35); и одну или более батарей (24) для питания металлических пластин (21, 22) и электронного блока (23) обработки и управления.

B1

038053

038053

B1

Настоящее изобретение относится к системе беспроводной двунаправленной передачи данных в скважине для извлечения пластовых флюидов, например углеводородов.

Скважину для извлечения пластовых флюидов можно рассматривать как трубопровод в основном с круглым сечением или, другими словами, как длинную трубу. В настоящее время известны различные системы для двунаправленной передачи данных из забоя и в забой скважины, более конкретно, из устройств и в устройства забоя скважины, в данном случае называемые "скважинные инструменты". Используемые в настоящее время системы в основном основаны на следующих технологиях:

так называемая технология "генератора импульсов давления в столбе бурового раствора", основанная на передаче импульса давления, сгенерированного с использованием подачи определенной последовательности через буровой раствор, присутствующий в скважине на протяжении выполнения всех операций бурения;

так называемая технология "сигналопроводящей трубы", в соответствии с которой применяются проводящие штанги определенного типа, для которых обеспечивается электропроводность между смежными штангами с помощью контактных элементов, расположенных на соединительной резьбе непосредственно между самими штангами, в соответствии с такой технологией "сигналопроводящей трубы" данные передаются по проводящим соединениям;

так называемая технология акустической телеметрии, основанная на передаче звуковых волн по буровым штангам;

так называемая технология "сквозь землю", основанная на передаче электромагнитных волн через земляной покров.

Каждой из этих технологий присущи некоторые недостатки.

Технология "генератора импульсов давления в столбе бурового раствора", несомненно, имеет ограничения по скорости передачи и надежности, поскольку для достижения результата может потребоваться множество раз передавать одинаковый сигнал перед тем, как он будет корректно принят. Производительность передачи в рамках такой технологии зависит от характеристик бурового раствора и интенсивности циркуляционного потока этого раствора.

Недостаток технологии "сигналопроводящей трубы" заключается в ее высокой стоимости, поскольку проводящие штанги очень дороги; кроме того, при необходимости добавления штанги к буровой колонне проводящее соединение разрывается, в результате чего во время этой операции невозможна связь через забой скважины.

Недостаток технологии акустической телеметрии состоит в наличии потенциальных ошибок при передаче из-за рабочего шума головки бура или отклонения скважин от идеальной вертикальной позиции.

Технология "сквозь землю" вследствие низких частот, используемых для охвата расстояний передачи порядка нескольких километров, характеризуется очень низкой скоростью передачи (эквивалентной скорости, достигаемой в рамках технологии "генератора импульсов давления в столбе бурового раствора") и проблемами, связанными с надежностью прохождения через множество пластов с различными характеристиками распространения электромагнитных волн.

Цель настоящего изобретения состоит в устранении вышеупомянутых недостатков, и в частности в разработке системы двунаправленной передачи данных в скважине для извлечения пластовых флюидов, способной обеспечить большой объем данных, передаваемых в реальном времени, и непрерывность передачи данных из забоя и в забой скважины, независимо от условий эксплуатации буровой колонны, наличия бурового раствора в скважине и интенсивности циркуляционного потока этого раствора.

Эти и другие цели, соответствующие настоящему изобретению, достигаются путем создания системы двунаправленной передачи данных в скважине для извлечения пластовых флюидов, основные принципы которой изложены в п.1 формулы изобретения.

Другие характеристики системы двунаправленной передачи данных в скважине для извлечения пластовых флюидов являются предметом зависимых пунктов формулы изобретения.

Характеристики и преимущества системы двунаправленной передачи данных в скважине для извлечения пластовых флюидов согласно настоящему изобретению станут более очевидными из последующего описания, приведенного в качестве примера и не ограничивающего изобретение, со ссылкой на прилагаемые схематичные чертежи, на которых:

на фиг. 1 показана схема буровой установки для извлечения углеводородов, содержащей систему двунаправленной передачи данных, в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 2a и b схематично показаны два частичных разреза для первого и второго вариантов осуществления системы двунаправленной передачи данных в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 3a и b показаны две схемы первого варианта осуществления модуля связи, расположенного в штанге, подобной той, что показана на фиг. 2a; на фиг. 3c показана схема второго варианта осуществления модуля связи, расположенного в штанге, подобной той, что показана на фиг. 2a; в частности, на фиг. 3a показан разрез вдоль плоскости, параллельной оси штанги, в то время как на фиг. 3b и c показаны два разреза вдоль плоскости, перпендикулярной оси штанги;

на фиг. 4a и b показаны две схемы третьего варианта осуществления модуля связи, расположенного в защитной оболочке, приложенной к внешней стенке штанги, подобной штанге, показанной на фиг. 2b;

на фиг. 4с показана схема четвертого варианта осуществления модуля связи, расположенного в штанге, подобной той, что показана на фиг. 2а; в частности, на фиг. 4а показан разрез вдоль плоскости, параллельной оси штанги, в то время как на фиг. 4б и с показаны два разреза вдоль плоскости, перпендикулярной штанге;

на фиг. 5 показана схема, представляющая два модуля связи, оснащенные передающей и приемной металлическими пластинами и размещенные в двух штангах одной колонны штанг; на фиг. 5 также показаны примеры линий передачи тока между двумя модулями;

на фиг. 6а показана блок-схема модуля связи, соединенного с множеством датчиков;

на фиг. 6б показана блок-схема модуля связи, работающего в качестве повторителя;

на фиг. 6с показана блок-схема модуля связи, работающего в качестве регенератора;

на фиг. 7 показана схема, представляющая модель конфигурации, изображенной на фиг. 5;

на фиг. 8 показана схема, представляющая два модуля связи, оснащенные передающей и приемной катушками и размещенные в двух штангах одной колонны штанг; на фиг. 8 также показаны примеры линий магнитного поля между двумя модулями;

на фиг. 9 показан график распределения интенсивности магнитного поля между двумя модулями связи, такими как модули, изображенные на фиг. 8.

На фиг. 1 схематично показана типовая скважина для извлечения пластовых флюидов, таких, например, как углеводороды. Вся скважина целиком обозначена посредством цифровой ссылки 10.

Скважина 10 формируется буровой установкой с применением системы двунаправленной передачи данных в скважине в соответствии с настоящим изобретением. Такая система двунаправленной передачи данных содержит ряд штанг 11, 12, последовательно соединенных друг с другом для формирования колонны штанг, распространяющихся от поверхности до забоя скважины 10.

Колонна штанг может представлять собой буровую колонну или даже эксплуатационную колонну, используемую в процессе технологических операций со скважиной 10.

Множество штанг 11, 12 может содержать множество буровых или эксплуатационных штанг 11 и множество соединительных или связующих штанг 12, также называемых телеметрическими втулками (Telemetry Sub), длина которых меньше длины буровых или эксплуатационных штанг 11.

Соединительные штанги 12 располагаются вдоль колонны штанг между двумя буровыми или эксплуатационными штангами 11 через заранее заданные интервалы, состоящие из одной или более буровых или эксплуатационных штанг 11.

В предпочтительном варианте телеметрические втулки 12 расположены вдоль колонны штанг на расстоянии, составляющем три буровые или эксплуатационные штанги. В этом случае группы из трех буровых или эксплуатационных штанг, соединенных друг с другом, обычно называют свечой.

Штанги 11, 12 могут быть полыми и могут иметь по существу круглое сечение. Головка бура 13 либо другое роющее или бурящее средство может соединяться с нижней частью колонны штанг.

Колонна штанг связана с множеством датчиков 14, так называемых MWD ("Measurement While Drilling", измерение во время бурения), которые могут располагаться вдоль колонны, и в частности в забое скважины 10. Такие датчики 14 MWD сконфигурированы для непрерывного обнаружения множества параметров, связанных с флюидами, циркулирующими в скважине, и с горными породами, окружающими скважину 10. Эти датчики 14 MWD, например, могут представлять собой датчики плотности или сопротивления, сконфигурированные для непрерывного измерения соответственно значения плотности или удельного сопротивления бурового раствора и т.д. Кроме того, колонна штанг может быть связана с защитными устройствами или другими дистанционно управляемыми инструментами в скважине (не показанными на чертеже).

Система двунаправленной передачи данных в скважине 10 для извлечения пластовых флюидов содержит множество модулей 20 связи, расположенных на заранее заданном расстоянии вдоль колонны штанг и сконфигурированных для передачи сигналов из забоя и в забой скважины.

В предпочтительном варианте расстояние между двумя модулями 20 связи вдоль колонны штанг составляет от 1 до 100 м.

В предпочтительном варианте модули 20 связи могут располагаться в отсеках, сформированных на соответствующих штангах 11, 12, как показано на фиг. 2а.

В том случае, если колонна штанг содержит буровые или эксплуатационные штанги 11 и соединительные или связующие штанги 12, модули 20 связи предпочтительно располагаются в отсеках, сформированных в соединительных или связующих штангах 12.

В альтернативном варианте модули 20 связи могут располагаться в отсеках, расположенных в защитных оболочках 17, наложенных на внешние стенки штанг 11, как показано на фиг. 2б.

Согласно настоящему изобретению каждый модуль 20 связи содержит по меньшей мере одну из следующих металлических пластин 21, 22, 35:

передающая металлическая пластина 21;

приемная металлическая пластина 22;

приемопередающая металлическая пластина 35;

электронный блок 23 обработки и управления, например, содержащий микропроцессор, сконфигу-

рированный для обработки сигналов, подлежащих передаче посредством по меньшей мере одной металлической пластины 21, 35, или сигналов, принятых посредством по меньшей мере одной металлической пластины 22, 35;

одну или более батарей 24 для питания металлических пластин 21, 22, 35 и электронного блока 23 обработки и управления.

Преимущественно в каждом модуле 20 связи металлические пластины 21, 22, 35 электрически изолированы от металлического корпуса штанг 11, 12 или защитных оболочек 17, к которым присоединяются соответствующие модули 20 связи.

Таким образом, устраняется электрический контакт между металлическими пластинами 21, 22, 35 и металлическом корпусом штанг 11, 12.

В предпочтительном варианте металлические пластины 21, 22, 35 имеют дугообразную форму.

В практическом варианте осуществления настоящего изобретения каждый модуль 20 связи содержит две передающие металлические пластины 21 и/или две приемные металлические пластины 22.

В том случае, если модуль 20 связи содержит приемопередающую металлическую пластину 35, операции приема и передачи, даже выполняемые одновременно, осуществляются в подходящих отдельных диапазонах частот. Это позволяет для одинакового занимаемого пространства увеличить размер пластины, что повышает эффективность передачи и приема.

Помимо по меньшей мере одной металлической пластины 21, 22, 35, показанной на фиг. 3а, b и с, каждый модуль 20 связи может содержать по меньшей мере одну передающую катушку 25 и по меньшей мере одну приемную катушку 26, расположенные соосно по отношению друг к другу и к продольной оси штанги 11, 12, с которой они связаны.

Более конкретно, по меньшей мере одна передающая катушка 25 содержит несколько витков, например порядка десяти, и проводник большого диаметра, например большего 1 мм, позволяющий максимизировать ток, протекающий непосредственно через проводник, и, таким образом, пропорциональное ему магнитное поле и минимизировать рассеяние мощности.

По меньшей мере одна приемная катушка 26, с другой стороны, содержит большое количество витков, например порядка нескольких тысяч, с целью усиления сигнала до практически достижимых пределов и повышения коэффициента усиления.

В предпочтительном варианте по меньшей мере одна передающая катушка 25 и по меньшей мере одна приемная катушка 26 находятся одна над другой, как показано на фиг. 3а, b и с, для ограничения пространства, занимаемого вдоль продольной оси штанги 11, 12, с которой они связаны.

Связь между двумя последовательно расположенными модулями 20 связи системы передачи может, таким образом, осуществляться с использованием электрического тока, подаваемого в буровой раствор посредством передающей металлической пластины 21 или приемопередающей металлической пластины 35 модуля и захватываемого приемной металлической пластиной 22 или приемопередающей металлической пластиной 35 следующего модуля, и/или с использованием магнитного поля, генерируемого катушкой 25 модуля и принимаемого катушкой 26 следующего модуля.

В любом случае модули 20 связи могут быть сконфигурированы для функционирования в качестве передатчиков, и/или приемников, и/или повторителей, и/или регенераторов.

В частности, в том случае если один модуль 20 связи конфигурируется для функционирования в качестве передатчика сигналов, например, как показано на фиг. 6а, электронный блок 23 обработки и управления конфигурируется для получения и обработки данных, обнаруженных датчиками 14, или сигналов управления для защитных устройств и других скважинных инструментов. В этом случае электронный блок 23 обработки и управления содержит модуль 27 получения данных, сконфигурированный для создания пакетов данных, подлежащих передаче, модуль 28 кодирования для кодирования таких пакетов данных, схемы 29 модуляции для модуляции сигналов, соответствующих пакетам закодированных данных, и выходные схемы 30 усиления для усиления модулированных сигналов и питания передающей металлической пластины 21, или приемопередающей металлической пластины 35, и/или передающей катушки 25.

Соответственно в модуле 20 связи, сконфигурированном для функционирования в качестве приемника сигналов, электронный блок 23 обработки и управления содержит входные схемы 31 усиления для усиления сигнала, принятого приемной металлической пластиной 22 или приемопередающей металлической пластиной 35, и/или приемной катушкой 26, схемы 32 демодуляции такого принятого и усиленного сигнала и модуль 33 декодирования демодулированного сигнала.

В модуле 20 связи, сконфигурированном для функционирования в качестве повторителя сигналов, подобного тому, например, что показан на фиг. 6b, электронный блок 23 обработки и управления содержит входные схемы 31 усиления для усиления сигнала, принятого приемной металлической пластиной 22, или приемопередающей металлической платой 35, или приемной катушкой 26, схемы 34 для повторной модуляции сигнала, подлежащего повторной передаче на иной частоте, несущей по отношению к частоте принятого сигнала, и выходную схему 30 для усиления повторно модулированного сигнала. Такая модификация несущей, выполняемая аналоговым способом, становится необходимой для устранения в модуле 20 связи переходных помех, создающих неизбежные проблемы при передаче информации.

В модуле 20 связи, сконфигурированном для функционирования в качестве регенератора сигналов, подобного тому, например, что показан на фиг. 6с, электронный блок 23 обработки и управления содержит входные схемы 31 усиления для усиления сигнала, принятого приемной металлической пластиной 22, или приемопередающей металлической пластиной 35, или приемной катушкой 26, схемы демодуляции такого принятого и усиленного сигнала, модуль 33 декодирования демодулированного сигнала, модуль 28 кодирования ранее декодированного сигнала, схемы 29 повторной модуляции сигнала, подлежащего повторной передаче на иной частоте несущей по отношению к частоте принятого сигнала (для устранения в модуле 20 связи переходных помех, создающих неизбежные проблемы при передаче информации), и выходные схемы 30 для усиления повторно модулированного сигнала.

Более подробно, данные, подлежащие передаче, объединяют в пакеты переменной длины, например от 10 бит до 100 кбит. С каждым пакетом данных может, например, выполняться процесс кодирования источника для сжатия данных и/или процесс канального кодирования для уменьшения вероятности возникновения ошибки. Схемы 29 модуляции преобразуют пакет данных сигнала в подходящий сигнал с характеристиками, пригодными для передачи внутри скважины 10.

Примером используемой модуляции может служить DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying, дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция), в соответствии с которой синусоидальный сигнал генерируется с определенной частотой f несущей, например, находящейся в диапазоне от 1 до 30 кГц, и фаза сигнала изменяется согласно значению каждой последовательности длиной в 2 бита; при этом фаза может принимать четыре значения, например $\pi/4$, $3/4\pi$, $-\pi/4$, $-3/4\pi$. Каждая пара битов может быть преобразована в абсолютную фазу синусоиды или в относительный фазовый сдвиг (дифференциальная QPSK) по отношению к синусоиде, соответствующей предыдущей паре битов. Последний вариант является предпочтительным, поскольку он позволяет проще выполнить обратный процесс демодуляции в следующем модуле связи, так как в этом случае не обязательно рассчитывать точное значение частоты f ввиду того, что ошибка, вызываемая отсутствием оценки частоты, может устраняться с помощью способов, известных в этой области техники. Сигнал также может фильтроваться с помощью фильтра частот с характеристикой "корень из приподнятого косинуса" ($\sqrt{\text{cos}}$, root-raised cosine) для ограничения полосы частот сигнала при той же скорости передачи.

Полученный таким образом модулированный сигнал напряжения усиливается до уровня напряжения, находящегося, например, в диапазоне от 1 до 100 В, выходными схемами 30 усиления, способными подавать ток с пиковыми значениями, находящимися, например, в диапазоне от 0,1 до 10 А.

Входные схемы 31 усиления следующего модуля 20 связи преобразуют ток, протекающий через приемную металлическую пластину 22 или приемопередающую металлическую пластину 35, в сигнал напряжения с пиковыми значениями, составляющими несколько вольт; кроме того, эти входные схемы 31 усиления адаптируют импеданс приемной металлической пластины 22 или приемопередающей металлической пластины 35 для предотвращения ослабления напряжения на входе следующего устройства в результате эффекта "разделения".

Для объяснения способа передачи, реализуемого с помощью металлических пластин 21, 22, 35, следует рассмотреть типовой случай передачи сигнала первым модулем 20 связи (MC1), содержащим передающую металлическую пластину 21, второму модулю 20 связи (MC2), содержащему приемную металлическую пластину 22, как в случае, показанном на фиг. 5. Соображения, относящиеся к этой конфигурации, могут применяться к случаю передачи между двумя приемопередающими металлическими пластинами 35 или между передающей металлической пластиной 21 и приемопередающей металлической пластиной 35. Конфигурация, показанная на фиг. 5, изображена в виде электрической схемы на фиг. 7, на которой

общее заземление обеспечивается металлическим корпусом, обычно выполненным из стали штанг 11, 12, которые, как предполагается на схеме, являются идеальными проводниками;

V_i указывает электрический потенциал, который изменяется вдоль продольной оси скважины 10;

I_i указывает электрический ток, который изменяется вдоль продольной оси скважины 10;

V_0 указывает электрический потенциал, создаваемый передающей металлической пластиной 21;

$Z_{i,A}$ указывает бесконечно малый "продольный" электрический импеданс, который противодействует протеканию тока в продольном направлении, то есть в направлении, параллельном продольной оси скважины 10;

$Z_{i,B}$ указывает бесконечно малый "радиальный" электрический импеданс, который противодействует протеканию тока в радиальном направлении, то есть в направлении, перпендикулярном продольной оси скважины 10.

Более конкретно, можно считать, что $Z_{i,A}=z_i \cdot \Delta L$ и $Z_{i,B}=z_i \cdot B/dL$, где:

dL - физическая длина бесконечно малого участка, к которому соответственно относятся $Z_{i,A}$ и $Z_{i,B}$; и

$Z_{i,A}$ и $Z_{i,B}$ - "удельные импедансы" на единичную длину конструкции штанга-пластина, которые зависят от геометрической формы и соответствующих конкретных электрических параметров (проводимость, диэлектрическая постоянная) такой конструкции.

Передающая металлическая пластина 21 первого модуля MC1 подает переменный электрический

ток, модулированный информационными сигналами, переносящими данные, подлежащие передаче во флюид, который окружает колонну штанг.

Ток протекает через флюид, обшивку, если она имеется, и через горные породы, окружающие скважину 10, и затем возвращается к заземлению передающей металлической пластины 21 через стальную основу штанги 11, 12, с которой связана пластина.

Часть этого тока достигает приемной металлической пластины 22 второго модуля МС2 связи. Такой ток усиливается и затем поступает в электронный блок обработки и управления для извлечения содержащейся в нем информации или для непосредственного повторного усиления с целью передачи в третий модуль связи.

На электрической схеме, показанной на фиг. 7, блок обработки и управления первого модуля МС1 связи представлен генератором напряжения с амплитудой V_{TX} , а передающая металлическая пластина 21 представлена узлом P_T . Генератор напряжения с амплитудой V_{TX} через передающую металлическую пластину P_T соединяется с частью флюида, расположенного выше, и такое соединение моделируется импедансом Z_{T1} . Эта часть флюида также имеет импеданс Z_{T2} , который шунтирует часть тока, генерированной передающей металлической пластиной, на землю или на металлический корпус штанги, к которой относится передающая металлическая пластина 21.

Приемная металлическая пластина второго модуля МС2 связи представлена на электрической схеме, изображенной на фиг. 7, узлом PR ; такая приемная металлическая пластина 22 соединяется с частью флюида, расположенного выше, и такое соединение моделируется импедансом Z_{R1} . Эта часть флюида также имеет импеданс Z_{R2} , который отводит часть тока рядом с приемной металлической пластиной на землю или на металлический корпус штанги, к которой относится приемная металлическая пластина 22. В свою очередь, приемная металлическая пластина соединяется с электронным блоком обработки и управления второго модуля связи, показанного на схеме, в частности, как усилитель тока, имеющий вход с низким импедансом Z_{IN} (приблизительно нулевым), который фактически усиливает токовый сигнал, проходящий через приемную металлическую пластину, получающую сигнал V_{RX} напряжения, содержащий принимаемую информацию.

В том случае, если передающие металлические пластины 21 и приемные металлические пластины 22 имеют цилиндрическую дугообразную форму, эффективность соединения самих пластин с флюидом, окружающим колонну штанг, существенно зависит от длины продольной части такой дуги и от угла, описываемого дугой. Чем больше такая длина и чем ближе угол к 360° , тем выше эффективность указанного выше соединения.

Предпочтительно в том случае, если модуль 20 связи помимо металлических пластин 21, 22, 35 также содержит передающие и приемные катушки, цилиндрическая дуга не должна описывать полный угол в 360° для устранения паразитных токов, наводимых в металлических пластинах 21, 22, 35 в процессе намагничивания катушек.

При рассмотрении передачи сигналов между двумя модулями связи через передающие и приемные катушки 25, 26 следует в качестве примера обратить внимание на схемы, показанные на фиг. 8 и 9. В частности, на фиг. 9 представлены силовые линии магнитного поля, генерируемые передающей катушкой 25 и принимаемые приемной катушкой 26.

Как можно видеть, структура катушек в конфигурации, соосной штангам 11, 12 колонны штанг, позволяет максимизировать поток магнитного поля, который принимается приемной катушкой 26. Действительно приемная катушка 26 по существу окружает все цилиндрическое расширение штанги 11, 12, выполненное из ферромагнитной стали, в которой ограничивается большой объем потока магнитного поля. Полезный сигнал на выводах приемной катушки 26, таким образом, содержит составляющие всего распространяемого магнитного поля, генерированного передающей катушкой 25 в направлении к позиции приемной катушки.

Из приведенного описания понятны характеристики и связанные с ними преимущества системы двунаправленной передачи данных в скважине для извлечения пластовых флюидов, являющейся объектом настоящего изобретения.

Передача в направлении поверхности обнаружения датчиков, распределенных в скважине, выполняется надежно, дешево и по существу в реальном времени, что позволяет непрерывно осуществлять в реальном времени контроль параметров забоя скважины и, таким образом, повышать безопасность в процессе бурения благодаря возможности немедленного вмешательства в случае обнаружения аномалий и отклонений от ожидаемых параметров.

Действительно, с помощью администрирования и анализа данных в реальном времени можно немедленно идентифицировать изменение пересекаемых пластов и отклонения от планируемой траектории скважины, что позволяет быстрее принимать оперативные решения и предпринимать корректирующие действия.

Система передачи, соответствующая настоящему изобретению, также позволяет получать все данные о забое скважины, даже во время операций управления скважиной, в процессе выполнения которых противовыбросный превентор (BOP, Blow Out Preventer) закрыт, или при всех применениях бурения с

управляемым давлением.

Данные передаются непрерывно, даже при наличии нарушения циркуляции. При этом отпадает необходимость в замедлении операций для передачи команд в автоматизированные устройства забоя скважины с целью установки или корректировки траектории бурения. Благодаря передаче больших объемов данных и поддержке высокой скорости продвижения бурения можно более точно, чем предусмотрено существующим стандартом, передавать на поверхность в реальном времени сведения о результатах измерений при бурении с возможностью окончательной замены текущих каротажных диаграмм.

Размещение датчиков по всей колонне бурения позволяет осуществлять непрерывный контроль вдоль всей оси скважины таких параметров как давление, температура, растягивающая и сжимающая нагрузки, скручивание и изгиб. Это, например, позволяет эффективно предотвращать и устранять заклинивание колонны, идентифицировать размывы и т.д.

Область применения в основном относится к бурению нефтяной скважины, но не исключает также использование в процессе добычи. Действительно, эта система передачи данных может быть интегрирована как в колонну бурения, так и в эксплуатационную колонну, и в любом случае может использоваться во всех ситуациях, в которых можно передавать или принимать данные из забоя скважины или из промежуточных точек, расположенных вдоль трубы.

Наконец, очевидно, что предложенная система двунаправленной передачи данных в скважине для извлечения пластовых флюидов может подвергаться ряду модификаций и эквивалентных изменений, каждое из которых не выходит за рамки настоящего изобретения; и, кроме того, все подробно описанные детали могут заменяться эквивалентными элементами. На практике используемые материалы, а также размеры могут быть любыми, соответствующими техническим требованиям. Наконец, такой способ передачи данных может применяться как для береговых, так и морских скважин.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система беспроводной двунаправленной передачи данных в скважине (10) для извлечения пластовых флюидов, содержащая

множество штанг (11, 12), последовательно соединенных друг с другом для формирования колонны штанг, идущей от поверхности до забоя скважины (10), при этом указанная колонна штанг связана с множеством датчиков, сконфигурированных для непрерывного обнаружения множества параметров, связанных с флюидами, циркулирующими в скважине (10), и с горными породами, окружающими скважину (10), и/или указанная колонна штанг связана с защитными устройствами или другими дистанционно управляемыми скважинными инструментами;

множество модулей (20) связи, расположенных на заранее заданных расстояниях вдоль указанной колонны штанг и сконфигурированных для передачи сигналов из забоя и в забой скважины (10), для обеспечения связи с указанными датчиками и/или защитными устройствами или другими дистанционно управляемыми скважинными инструментами;

при этом каждый из указанных модулей (20) связи содержит

по меньшей мере одну металлическую пластину, выбираемую из следующих пластин:

передающая металлическая пластина (21);

приемная металлическая пластина (22);

приемопередающая металлическая пластина (35);

электронный блок (23) обработки, сконфигурированный для обработки сигналов, подлежащих передаче посредством по меньшей мере одной указанной металлической пластины (21, 35), или сигналов, принятых посредством по меньшей мере одной указанной металлической пластины (22, 35); и

одну или более батарей (24) для питания указанных металлических пластин (21, 22, 35) и указанного электронного блока (23) обработки,

при этом модули связи (20) выполнены так, что передача сигнала, передаваемого из первого модуля (МС1) связи указанного множества модулей (20) связи во второй модуль (МС2) связи указанного множества модулей (20) связи, происходит путем подачи посредством указанной по меньшей мере одной металлической пластины (21, 35) указанного первого модуля (МС1) связи во флюид, окружающий колонну штанг, электрического тока, который переносит информационный сигнал, причем по меньшей мере часть указанного поданного электрического тока, который проходит, по меньшей мере, через указанный флюид, принимается посредством указанной по меньшей мере одной металлической пластины (22, 35) второго модуля связи (МС2).

2. Система по п.1, отличающаяся тем, что каждый указанный модуль (20) связи содержит две передающие металлические пластины (21) и/или две приемные металлические пластины (22).

3. Система по п.1 или 2, отличающаяся тем, что указанные модули (20) связи содержат по меньшей мере одну передающую катушку (25) и по меньшей мере одну приемную катушку (26), соосные по отношению друг к другу и к продольной оси указанной колонны штанг.

4. Система по п.3, отличающаяся тем, что указанные по меньшей мере одна передающая катушка (25) и по меньшей мере одна приемная катушка (26) размещены одна над другой.

5. Система по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что указанные модули (20) связи размещены в отсеках, сформированных на соответствующих штангах (11, 12).

6. Система по п.5, отличающаяся тем, что указанное множество штанг (11, 12) содержит множество буровых или эксплуатационных штанг (11) и множество соединительных или связующих штанг (12), длина которых меньше длины указанных буровых или эксплуатационных штанг (11), при этом указанные модули (20) связи размещены в отсеках, сформированных на указанных соединительных или связующих штангах (12).

7. Система по любому из пп.1-4, отличающаяся тем, что указанные модули (20) связи помещены в защитные оболочки (17), наложенные на внешние стенки указанных штанг (11, 12).

8. Система по п.7, отличающаяся тем, что указанные передающие металлические пластины (21) и приемные металлические пластины (22) имеют дугообразную форму.

9. Система по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что в каждом из указанных модулей (20) связи указанные металлические пластины (21, 22, 35) электрически изолированы от металлического корпуса соответствующих штанг (11, 12).

10. Система по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что расстояние между двумя модулями (20) связи вдоль указанной колонны штанг составляет от 1 до 100 м.

11. Способ беспроводной двунаправленной передачи данных в скважине (10) для извлечения пластовых флюидов, включающий следующие шаги:

установка системы по любому из предшествующих пунктов;

подача во флюид, окружающий колонну штанг, посредством по меньшей мере одной металлической пластины (21, 35) первого модуля (МС1) связи электрического тока, переносящего информационный сигнал;

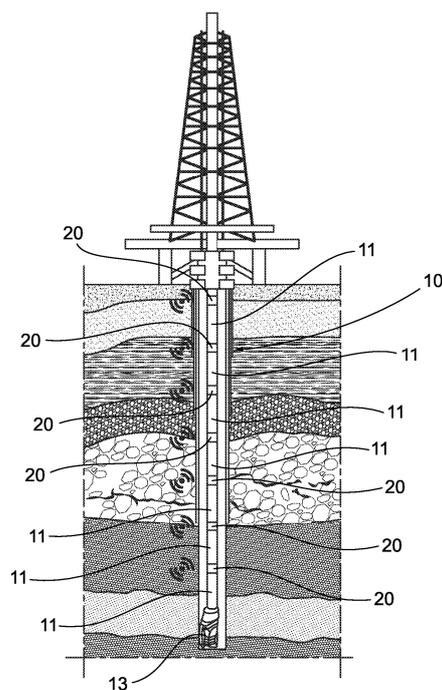
прием посредством по меньшей мере одной металлической пластины (22, 35) второго модуля (МС2) связи по меньшей мере части указанного поданного электрического тока, прошедшего через, по меньшей мере, указанный флюид.

12. Способ беспроводной двунаправленной передачи данных в скважине (10) для извлечения пластовых флюидов, включающий следующие шаги:

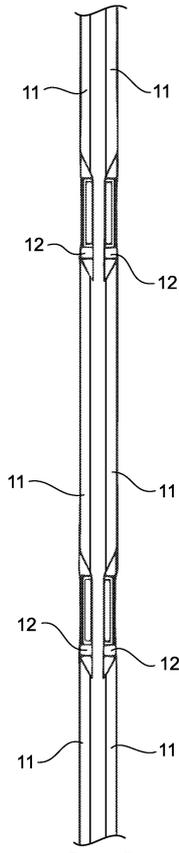
установка системы по любому из пп.3-10;

генерация посредством по меньшей мере одной передающей катушки (25) первого модуля (МС1) связи магнитного поля, переносящего информационный сигнал;

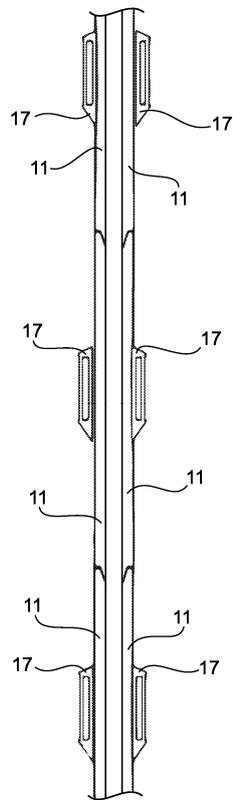
прием посредством по меньшей мере одной приемной катушки (26) второго модуля (МС2) связи части указанного магнитного поля, генерированного указанной передающей катушкой (25), которую принимает указанная приемная катушка (26), и генерация на выводах указанной приемной катушки (26) напряжения, содержащего указанный информационный сигнал.



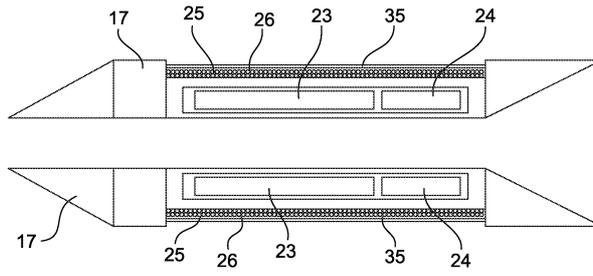
Фиг. 1



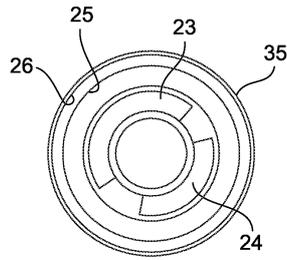
Фиг. 2а



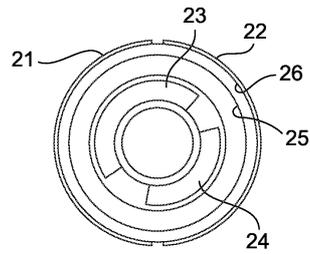
Фиг. 2б



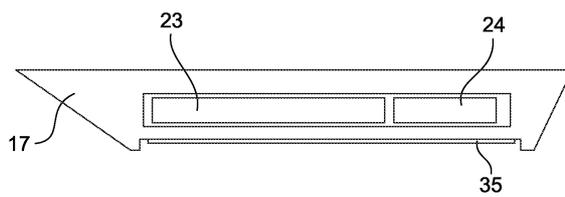
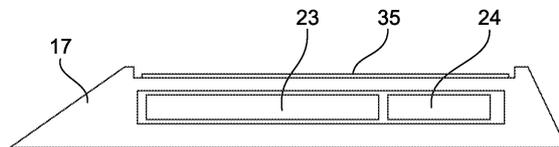
Фиг. 3а



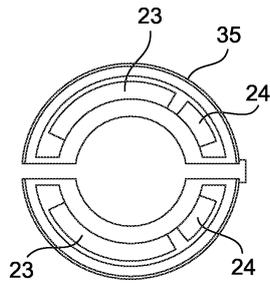
Фиг. 3b



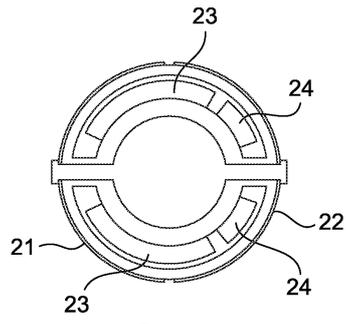
Фиг. 3с



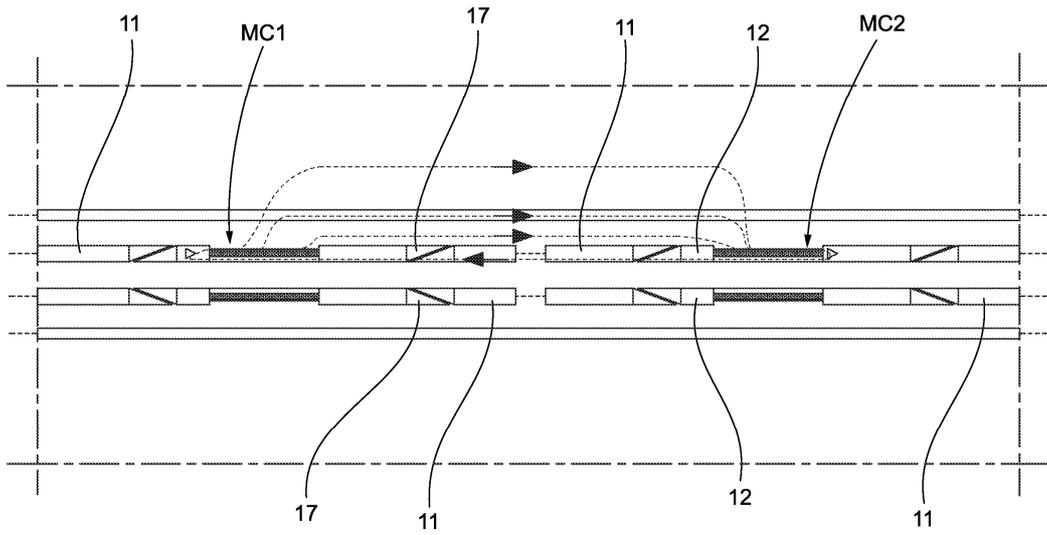
Фиг. 4а



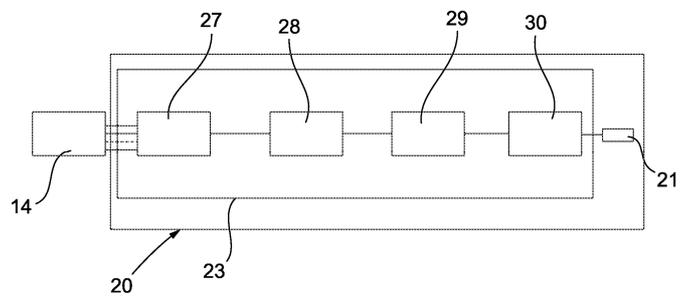
Фиг. 4b



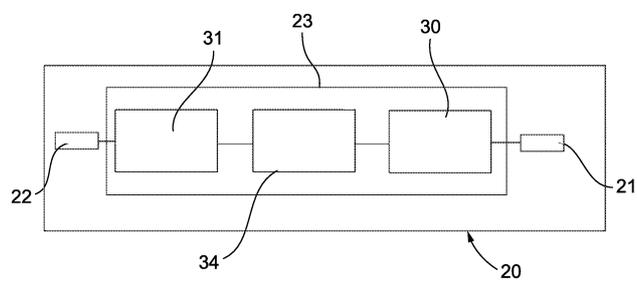
Фиг. 4с



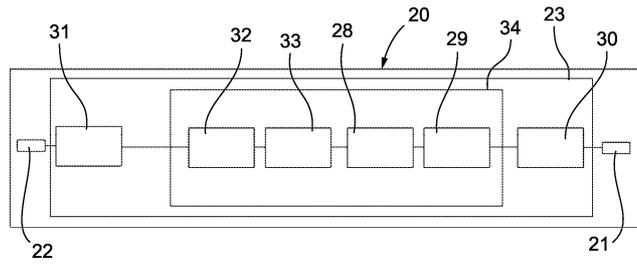
Фиг. 5



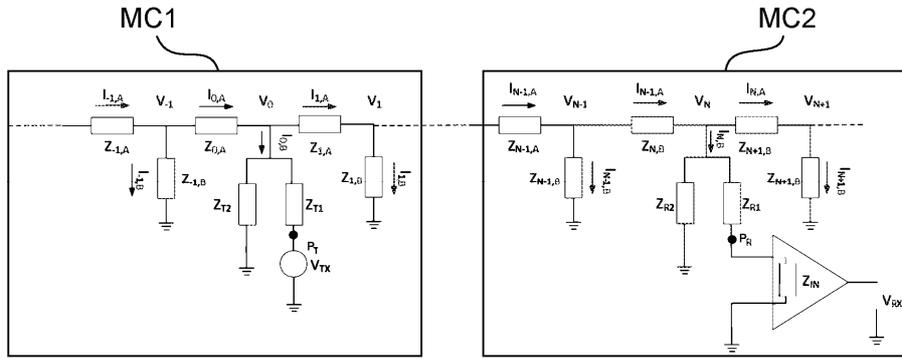
Фиг. 6а



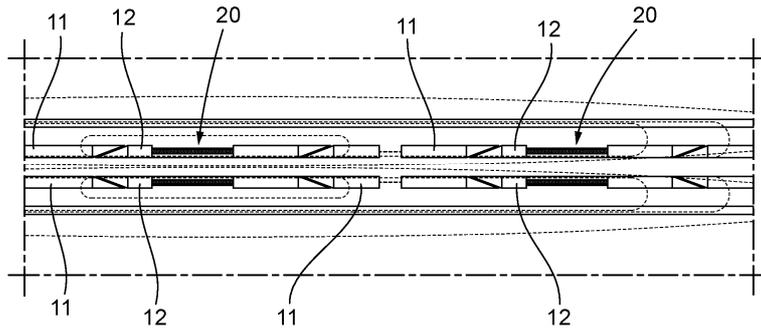
Фиг. 6б



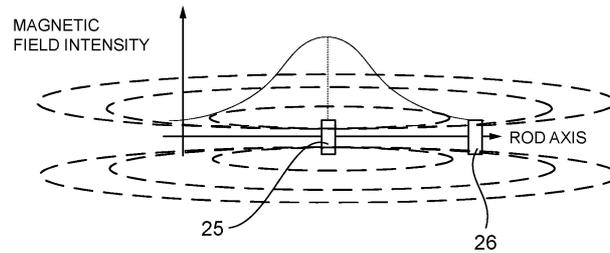
Фиг. 6с



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9

