

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039999**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.04.06

(51) Int. Cl. *E21B 21/10* (2006.01)
E21B 47/12 (2012.01)

(21) Номер заявки
201990888

(22) Дата подачи заявки
2017.10.20

(54) ТРУБА ДЛЯ БЕСКАБЕЛЬНОЙ ДВУНАПРАВЛЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И НЕПРЕРЫВНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ СТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО ФЛЮИДА В СКВАЖИНЕ ДЛЯ ДОБЫЧИ ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ И КОЛОННА ТРУБ, СОДЕРЖАЩАЯ ПО МЕНЬШЕЙ МЕРЕ ОДНУ УПОМЯНУТОО ТРУБУ

(31) 102016000106357

(56) WO-A2-2012100259
WO-A2-2009143409
WO-A1-2015047418
EP-A2-1898044
US-A1-2007246263

(32) 2016.10.21

(33) IT

(43) 2019.09.30

(86) PCT/IB2017/056527

(87) WO 2018/073797 2018.04.26

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

(72) Изобретатель:
Буррафато Себастьяно, Мальярди
Альберто, Туролла Алекс (IT)

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

(57) Труба (50) для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции стабилизирующего флюида в скважине для добычи пластовых флюидов, содержащая полый трубчатый корпус (51), который продолжается по длине вдоль продольного направления X и который выполнен с возможностью соединения на концах с соответствующими бурильными трубами (11) или трубами для заканчивания скважины; радиальный клапан (52), соединенный с трубчатым корпусом (51), при этом радиальный клапан (52) выполнен с возможностью подключения к насосной системе (40) вне трубчатого корпуса (51); осевой клапан (53), соединенный с трубчатым корпусом (51); модуль (20) связи, соединенный с трубчатым корпусом (51), содержащий по меньшей мере одну металлическую пластину, выбираемую из передающей металлической пластины (21), приемной металлической пластины (22), приемопередающей металлической пластины (35); электронный блок (23) обработки и управления, выполненный с возможностью обработки сигналов, передаваемых посредством по меньшей мере одной металлической пластины (21, 35), или сигналов, принимаемых посредством по меньшей мере одной металлической пластины (22, 35); один или несколько питающих аккумуляторов (24) для питания металлических пластин (21, 22, 35) и электронного блока (23) обработки и управления.

039999
B1

039999
B1

Изобретение относится к трубе для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции стабилизирующего флюида в скважине для добычи пластовых флюидов, например углеводородов.

Кроме того, настоящее изобретение относится к колонне труб, содержащей по меньшей мере одну упомянутую трубу.

Скважина для добычи пластовых флюидов может быть уподоблена трубе, имеющей, по существу, круговое сечение, или, иначе говоря, длинному трубопроводу.

Как известно, вращательное бурение включает в себя использование колонны бурильных труб для передачи вращения к буровому долоту и закачивание стабилизирующего флюида в скважину по той же самой колонне труб.

Колонна труб обычно содержит множество бурильных труб, соединенных последовательно друг с другом; в частности, трубы обычно разделяют на группы из трех труб и каждую группу из трех труб обычно называют свечой.

Концепции бурения этого вида присуща проблема прерывания процесса закачивания каждый раз, когда новую трубу или другой элемент необходимо добавить к колонне. Это переходное время, идентифицируемое от момента, в который закачивание флюида в скважину прерывают, до момента возобновления закачивания в скважину, всегда считается критическим периодом. Это критическое состояние сохраняется до восстановления состояния, существовавшего до прерывания закачивания флюида в скважину.

Прерывание циркуляции флюида в скважине во время процесса вставления и присоединения или отсоединения элемента колонны труб может быть причиной следующих недостатков: динамическое давление, создаваемое в скважине циркуляцией, падает, а результат его действия, обычно определяемый как эквивалентная плотность циркуляции (ЭПЦ), ухудшается; динамическое давление, создаваемое в забое скважины, снижается до нулевой отметки, что благоприятствует потенциальному вхождению пластовых флюидов в скважину (выбросу); при возобновлении циркуляции могут возникать неприятные перегрузки в большей части восприимчивых пластов или потенциальные потери циркуляции в слабосцементированных пластах; в скважинах, имеющих большую вертикальность, беспрепятственный и быстрый выброс бурового шлама может приводить к состояниям "механического захвата" бурильной колонны (компоновки низа бурильной колонны); в скважинах с большим углом наклона, скважинах с большим отходом от вертикали и в скважинах с горизонтальным разбуриванием для бурового шлама имеется время, достаточное для оседания на нижнюю часть скважины; следовательно, когда бурение вновь начинают после вставления новой трубы, буровое долото вынуждено повторно бурить слой бурового шлама, осажденного в забое скважины, до тех пор, пока снова не будет достигнут не вскрытый пласт.

Чтобы исключить недостатки, упомянутые выше, была предложена идея расположить между трубами, предпочтительно между последовательными свечами, трубу, имеющую меньшую длину по сравнению с длиной обычных бурильных труб и снабженную клапанной системой для непрерывной циркуляции.

В патенте США № 7845433 В2 описан вариант осуществления трубы для непрерывной циркуляции, которая позволяет выполнять закачивание для поддержания непрерывной работы и следовательно, циркуляции флюида в скважине в течение всех рабочих этапов, необходимых для добавления новой трубы к бурильной колонне, чтобы проводить бурение на большей глубине.

Кроме того, в течение различных стадий бурения и, в частности, в течение стадий замены или добавления трубы в колонну необходимо принимать в реальном времени данные с датчиков, расположенных в забое скважины и/или на протяжении всей колонны труб.

В настоящее время известны различные системы для двунаправленной передачи данных из забоя и в забой скважины, более конкретно, от оборудования и к оборудованию в забое скважины, в дальнейшем называемому скважинными приборами. Существующие в настоящее время системы в основном базируются на технологии так называемого генератора импульсов давления в столбе бурового раствора, которая основана на передаче импульсов давления, генерируемых в определенной последовательности, через буровой раствор, имеющийся в скважине во время всех операций бурения; технологии так называемой снабженной проводом трубы, которая заключается в использовании снабженных проводом труб конкретного типа, для которых электрическая непрерывность между соседними трубами гарантируется контактным элементом, расположенным на соединительной резьбе между трубами, при этом в соответствии с этой технологией снабженной проводом трубы данные передаются по проводным соединениям; так называемой технологии акустической телеметрии, основанной на передаче акустических волн по бурильным трубам; так называемой технологии "через грунт", основанной на электромагнитной передаче через грунт.

Каждая из этих технологий имеет несколько недостатков.

В действительности, технологии на основе генератора импульсов давления в столбе бурового раствора присущи ограничения в части скорости передачи и надежности, поскольку может возникать необходимость в передаче одного и того же сигнала в различные моменты времени до того момента, в который он будет правильно принят. Пропускная способность при передаче в этой технологии зависит от характеристик бурового раствора и скорости циркуляции бурового раствора.

Технология с использованием снабженной проводом трубы характеризуется очень высокими затратами, поскольку снабженные проводом трубы являются очень дорогими; кроме того, каждый раз, когда трубу добавляют к буровой колонне, проводное соединение разрывается и поэтому во время этой операции нарушается передача из забоя и в забой скважины.

Для технологии акустической телеметрии присущи потенциальные ошибки при передаче, обусловленные рабочим шумом бурового долота или отклонением скважин от идеальной вертикальности.

Вследствие низких частот, используемых для перекрытия расстояний передачи порядка километров, технологии "через грунт" присущи очень низкая скорость передачи (эквивалентная скорости передачи с использованием генератора импульсов давления в столбе бурового раствора) и проблемы надежности, обусловленные пересечением различных пластовых слоев с разными характеристиками распространения электромагнитных волн.

Задача настоящего изобретения заключается в исключении недостатков, упомянутых выше, и в частности, в разработке трубы для бескабельной двунаправленной передаче данных и для непрерывной циркуляции стабилизирующего флюида в скважине для добычи пластовых флюидов и колонны труб, которая в то же самое время способна гарантировать непрерывную циркуляцию флюида во время операций по замене или добавлению труб и непрерывную передачу в реальном времени большого количества данных в забой и из забоя скважины вне зависимости от рабочих состояний буровой колонны, наличия бурового раствора в скважине и скорости циркуляции бурового раствора.

Эти и другие задачи согласно настоящему изобретению решаются благодаря созданию трубы для бескабельной двунаправленной передачи данных и для непрерывной циркуляции стабилизирующего флюида в скважине для добычи пластовых флюидов и колонны труб, точно определенных в независимом пункте формулы изобретения.

Дополнительные признаки трубы для бескабельной двунаправленной передачи данных и для непрерывной циркуляции стабилизирующего флюида в скважине для добычи пластовых флюидов и колонны труб являются объектом зависимых пунктов формулы изобретения.

Характеристики и преимущества трубы для бескабельной двунаправленной передачи данных и для непрерывной циркуляции стабилизирующего флюида в скважине для добычи пластовых флюидов и колонны труб согласно настоящему изобретению станут более очевидными из нижеследующего иллюстративного и неограничивающего описания при обращении к сопровождающим схематичным чертежам, на которых

фиг. 1 - схематичный вид буровой установки для добычи углеводородов, содержащей колонну труб согласно настоящему изобретению;

фиг. 2 - местный разрез колонны труб согласно варианту осуществления настоящего изобретения;

фиг. 3a - схематичный вид первой рабочей конфигурации трубы для бескабельной двунаправленной передачи данных и для непрерывной циркуляции согласно первому варианту осуществления настоящего изобретения;

фиг. 3b - вид узла, обрамленного на фиг. 3a штрихпунктирными линиями;

фиг. 3c - схематичный вид первой рабочей конфигурации трубы для бескабельной двунаправленной передачи данных и для непрерывной циркуляции согласно второму варианту осуществления настоящего изобретения;

фиг. 4a - вид соединения между трубой для бескабельной двунаправленной передачи данных и для непрерывной циркуляции согласно настоящему изобретению и насосной системы, включенной в буровую установку из фиг. 4;

фиг. 4b - вид узла из фиг. 4a;

фиг. 5 - схематичный вид, иллюстрирующий два модуля связи, снабженных передающей и приемной металлическими пластинами и помещенных в две трубы для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции в той же самой колонне труб; на фиг. 5 также показаны для примера линии прохождения тока между двумя модулями;

фиг. 6a - структурная схема, на которой представлен модуль связи, соединенный со множеством датчиков;

фиг. 6b - структурная схема, на которой представлен модуль связи, действующий как повторитель;

фиг. 6c - структурная схема, на которой представлен модуль связи, действующий как регенератор;

фиг. 7 - схема, на которой представлена модель конфигурации из фиг. 5;

фиг. 8 - схематичный вид, на котором представлены два модуля связи, снабженных передающей и приемной катушками и размещенных в двух трубах для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции в той же самой колонне труб; на фиг. 8 также показаны для примера линии магнитного поля между двумя модулями связи; и

фиг. 9 - график, на котором представлено распределение напряженности магнитного поля между двумя модулями связи, такими как модули связи на фиг. 8.

В частности, что касается фиг. 1, то ней схематично показана типичная скважина для добычи пластовых флюидов, таких как, например, углеводороды. В целом скважина обозначена позицией 10.

Скважину 10 образуют посредством буровой установки, которая содержит колонну 60 труб соглас-

но настоящему изобретению.

Колонна 60 труб может быть бурильной колонной или также колонной труб для заканчивания скважины, используемой во время этапов строительства скважины 10.

В любом случае колонна труб содержит множество труб 11, 50, соединенных друг с другом последовательно, и эта колонна продолжается от поверхности до забоя скважины 10. Долото 13 или другой проходческий или буровой инструмент может быть соединен с нижним концом колонны труб.

Трубы 11, 50 могут быть полыми и могут иметь, по существу, круговое сечение; поэтому, как показано, например, на фиг. 3а и 3b, при последовательном соединении труб друг с другом образуется внутренний канал. Буровая установка содержит насосную систему 40, также называемую манифольдом буровых насосов, соединенную с колонной 60 труб, пригодную для закачивания стабилизирующего флюида во внутренний канал, создания первичного потока, направленного к забою скважины. Следовательно, стабилизирующий флюид проходит по колонне 60 труб до тех пор, пока он не выходит вблизи долота 13.

К колонне 60 труб может быть присоединено множество датчиков 14 так называемой системы измерения в процессе бурения (ИПБ), которые могут быть расположены вдоль колонны и в частности, в забое скважины 10. Датчики 14 системы измерения в процессе бурения выполнены с возможностью непрерывного обнаружения множества параметров, относящихся к флюидам, циркулирующим в скважине, и горной породе, окружающей скважину 10. Например, эти датчики 14 системы измерения в процессе бурения могут быть датчиками плотности или удельного сопротивления, выполненными с возможностью непрерывного измерения, соответственно, значения плотности и значения удельного сопротивления бурового раствора и т.п. Кроме того, к колонне 60 могут быть присоединены защитные устройства или другие дистанционно управляемые скважинные контрольно-измерительные приборы (непоказанные).

Множество труб 11, 50 содержит множество бурильных труб 11 или труб для заканчивания скважины и множество труб 50 для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции согласно настоящему изобретению. Трубы 50 для беспроводной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции имеют длину, например, в пределах от 50 до 200 см, меньшую, чем длина бурильных труб 11 или труб для заканчивания скважины.

Трубы 50 для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции расположены на всем протяжении колонны 60 труб между двумя бурильными трубами 11 или трубами для заканчивания скважины на заданных расстояниях друг от друга, соответствующих одной или нескольким бурильным трубам 11 или трубам для заканчивания скважины.

Предпочтительно, чтобы трубы 50 для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции были расположены на всем протяжении колонны труб на расстояниях друг от друга, соответствующих трем бурильным трубам или трубам для заканчивания скважины.

В этом случае группы из трех бурильных труб или труб для заканчивания скважины, соединенные с каждой другой группой, обычно называют свечами.

Предпочтительно, чтобы труба 50 для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции имела полый трубчатый корпус 51, который продолжается по длине по продольному направлению X и который выполнен с возможностью соединения на концах с соответствующими бурильными трубами 11 или трубами для заканчивания скважины. Это соединение может быть, например, резьбовым или призматическим.

Трубчатый корпус 51 снабжен радиальным клапаном 52, выполненным с возможностью регулирования потока флюида в, по существу, радиальном или поперечном направлении относительно продольного направления X, и осевым клапаном 53, выполненным с возможностью регулирования потока флюида в продольном направлении X. В частности, осевой клапан 53 выполнен с возможностью регулирования потока первичного флюида, закачиваемого из насосной системы. Предпочтительно, чтобы радиальный клапан 52 можно было соединять с насосной системой 40 вне трубчатого корпуса 51. Предпочтительно, чтобы радиальный клапан 52 был соединен с насосной системой 40 посредством соединителя или адаптера, соединенного с гибкой трубой 41, питаемой насосной системой.

Предпочтительно, чтобы радиальный клапан 52 был снабжен защитным колпачком, предпочтительно выдерживающим давление без потери непроницаемости.

Более предпочтительно, чтобы радиальный клапан 52 и осевой клапан 53 были двухстворчатыми клапанами.

Более предпочтительно, чтобы радиальный клапан 52 и осевой клапан 53 были двухстворчатыми клапанами, предварительно нагруженными пружинами.

Предпочтительно, чтобы во время бурения радиальный клапан 52 поддерживался закрытым защитной крышкой, тогда как осевой клапан 53 оставался открытым с тем, чтобы обеспечивалось прохождение стабилизирующего флюида к забою скважины.

Как описано ниже, при необходимости добавления к колонне труб дополнительной трубы 11, добавления к ближайшей к поверхности трубе 50 для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции выполняют оперативные мероприятия. Насосную систему подключают к радиальному клапану 52 посредством, например, гибкой трубы 41, а поток первичного флюида через нагнетательную головку на впуске колонны 60 труб прерывают. Осевой клапан 53 закрывают, радиальный кла-

пан 52 открывают и активизируют поток вторичного флюида по гибкой трубе 41. В этот момент новая труба 11 может быть добавлена к колонне 60 труб выше соединительной трубы 50, подключенной к насосной системе. После того как новая труба объединена с колонной 60 труб, радиальный клапан 52 закрывают, осевой клапан 53 открывают и поток первичного флюида через нагнетательную головку колонны 60 труб восстанавливают.

Кроме того, труба 50 для бескабельной двунаправленной передачи данных согласно настоящему изобретению содержит модуль 20 связи, соединенный с трубчатым корпусом 51.

Предпочтительно, как можно видеть на фиг. 3а, чтобы трубчатый корпус 51 имел первый продольный участок для непрерывной циркуляции, с которым соединены радиальный клапан 52 и осевой клапан 53, и второй продольный участок для бескабельной двунаправленной передачи данных, с которым соединен модуль 20 связи.

В этом случае первый и второй продольные участки расположены последовательно относительно друг друга.

Согласно альтернативному варианту осуществления, показанному на фиг. 3с, первый продольный участок для непрерывной циркуляции и второй продольный участок для бескабельной двунаправленной передачи данных частично наложены один на другой. В этом случае некоторые выемки для модуля связи могут быть образованы соответственно первому продольному участку для непрерывной циркуляции с тем, чтобы получить более компактную конфигурацию по сравнению с конфигурацией трубы 50 для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции из фиг. 3а.

Согласно настоящему изобретению каждый модуль 20 связи содержит по меньшей мере одну металлическую пластину 21, 22, 35, выбираемую из передающей металлической пластины 21, приемной металлической пластины 22 и приемопередающей металлической пластины 35; электронный блок 23 обработки и управления, содержащий, например, микропроцессор, сконфигурированный для обработки сигналов, передаваемых посредством по меньшей мере одной металлической пластины 21, 35, или сигналов, принимаемых посредством по меньшей мере одной металлической пластины 22, 35; один или несколько питающих аккумуляторов 24 для питания металлических пластин 21, 22, 35 и электронного блока 23 обработки и управления.

Предпочтительно, чтобы в каждом модуле 20 связи металлические пластины 21, 22, 35 были электрически изолированы от металлического корпуса соединительных труб 50.

Таким способом исключается электрический контакт между металлическими пластинами 21, 22, 35 и металлическим корпусом соединительных труб 50.

Предпочтительно, чтобы металлические пластины 21, 22, 35 были дугообразными.

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

Если модуль 20 связи содержит приемопередающую металлическую пластину 35, операции приема и передачи в случае, когда они одновременные, следует выполнять в отдельных частотных диапазонах. В этом случае допускается увеличивать размер пластины при тех же самых общих размерах, чтобы повысить эффективность передачи и приема.

Как показано на фиг. 3а, 3b, 3с и 4b, в дополнение по меньшей мере к одной металлической пластине 21, 22, 35 каждый модуль 20 связи может содержать по меньшей мере одну передающую катушку 25 и по меньшей мере одну приемную катушку 26, которые расположены на одной оси, совпадающей с продольной осью трубы 50 для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции, к которой они присоединены.

Более конкретно, по меньшей мере одна передающая катушка 25 имеет несколько витков, например порядка десятков, и провод с большим диаметром, например больше чем 1 мм, чтобы максимизировать протекание тока через провод и поэтому магнитное поле, пропорциональное току, и минимизировать потери энергии.

С другой стороны, по меньшей мере одна приемная катушка 26 имеет большое количество витков, например порядка нескольких тысяч, для поддержания коэффициента усиления сигнала в достижимых практических пределах и улучшения характеристик усиления.

Как показано на фиг. 3а, 3b, 3с и 4b, предпочтительно, чтобы по меньшей мере одна передающая катушка 25 и по меньшей мере одна приемная катушка 26 были наложены одна на другую для ограничения препятствия вдоль продольной оси трубы 50 для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции, к которой они присоединены.

Предпочтительно, чтобы питающие аккумуляторы и электронный блок 23 обработки и управления могли быть размещены в одной или нескольких выемках; в варианте осуществления, подробно показанном на фиг. 3b, питающие аккумуляторы и электронный блок обработки и управления размещены в первой выемке 54, тогда как металлические пластины 21, 22, 35 и катушки 25, 26 размещены во второй выемке 55. Выемки 54, предназначенные для размещения аккумуляторов и электронного блока 23 обработки и управления, закрыты по отношению к наружной стороне трубы 50 для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции; фактически они образованы отсеками в трубе.

С другой стороны, как можно видеть на фиг. 3b, выемки 55 для катушек 25, 26 и металлических

пластин 21, 22, 35 открыты наружу от трубы, поскольку они представляют собой выемки в боковой поверхности трубы 50 для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции.

В частности, катушки 25, 26 наматывают вокруг трубы 50 для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции соответственно выемкам 55 и затем по меньшей мере одну металлическую пластину 21, 22, 35 располагают на месте, обращенном наружу, так что во время обычного использования она непосредственно соприкасается с флюидами, циркулирующими в скважине.

В конкретном варианте осуществления, показанном на фиг. 3а, первая выемка 54 и вторая выемка 55 образованы в продольном направлении ниже первого продольного участка для непрерывной циркуляции, в частности ниже радиального клапана 52.

Наоборот, в варианте осуществления, показанном на фиг. 3с, первая выемка 54 образована соответственно радиальному клапану 52, тогда как вторая выемка 55 образована соответственно осевому клапану 53.

Поэтому связь между двумя следующими друг за другом модулями 20 связи колонны 60 труб может произойти при использовании электрического тока, инжектируемого в буровой раствор от передающей металлической пластины 21 или приемопередающей металлической пластины 35 одного модуля и захватываемого приемной металлической пластиной 22 или приемопередающей металлической пластиной 35 последующего модуля, и/или магнитного поля, создаваемого катушкой 25 одного модуля и воспринимаемого катушкой 26 последующего модуля.

В любом случае модули 20 связи могут быть выполнены с возможностью работы в качестве передатчиков, и/или приемников, и/или повторителей, и/или регенераторов.

В частности, если один модуль 20 связи выполняют с возможностью работы в качестве передатчика сигналов, например, как на фиг. 6а, то электронный блок 23 обработки и управления выполняют с возможностью регистрации и обработки обнаруженных данных с датчиков 14 или формирования сигналов управления для защитных устройств и других контрольно-измерительных приборов в забое скважины. В этом случае электронный блок 23 обработки и управления содержит модуль 27 регистрации данных, который выполняют с возможностью образования передаваемых пакетов данных, кодирующий модуль 28 для кодирования пакетов данных, модулирующие схемы 29 для модуляции сигналов, соответствующих кодированным пакетам данных, и выходные усилительные схемы 30 для усиления модулированных сигналов и возбуждения передающей металлической пластины 21, или приемопередающей металлической пластины 35, и/или передающей катушки 25.

Соответственно, в модуле 20 связи, выполненном с возможностью работы в качестве приемника сигнала, электронный блок 23 обработки и управления содержит входную усилительную схему 31 для усиления сигнала, принимаемого от приемной металлической пластины 22, или приемопередающей металлической пластины 35, и/или от приемной катушки 26, схемы 32 демодуляции принятого и усиленного сигнала и модуль 33 декодирования немодулированного сигнала.

В модуле 20 связи, выполненном с возможностью работы в качестве повторителя сигнала, например как фиг. 6б, электронный блок 23 обработки и управления содержит входные усилительные схемы 31 для усиления сигналов, принимаемых от приемной металлической пластины 22, или приемопередающей металлической пластины 35, или от приемной катушки 26, схемы 34 для повторной модуляции сигнала, повторно передаваемого на другой несущей частоте по сравнению с несущей частотой принимаемого сигнала, и выходные усилительные схемы 30 для усиления повторно модулированного сигнала. Эта модификация несущей, выполняемая аналоговой схемой, необходима для предотвращения воздействия перекрестных искажений на модуль 20 связи, неизбежно создающих проблемы при передаче информации.

В модуле 20 связи, выполненном с возможностью работы в качестве регенератора сигнала, например, как на фиг. 6с, электронный блок 23 обработки и управления содержит входные усилительные схемы 31 для усиления сигнала, принимаемого от приемной металлической пластины 22, или приемопередающей металлической пластины 35, или от приемной катушки 26, схемы демодуляции принимаемого и усиливаемого сигнала, модуль 33 декодирования немодулированного сигнала, модуль 28 кодирования ранее декодированного сигнала, модулирующие схемы 29 для повторной модуляции сигнала, повторно передаваемого на другой несущей частоте по сравнению с несущей частотой принимаемого сигнала (для предотвращения воздействия перекрестных искажений на модуль 20 связи, неизбежно создающих проблемы при передаче информации), и выходные усилительные схемы 30 для усиления повторно модулированного сигнала.

Более конкретно, передаваемые данные объединяют в пакеты, имеющие различную длину, например от 10 битов до 100 килобитов. Для каждого пакета данных можно выполнять, например, процесс кодирования источника для сжатия данных и/или процесс кодирования канала для уменьшения возможности ошибки. Модулирующие схемы 29 преобразуют один пакет данных в соответствующий сигнал с характеристиками, подходящими для передачи внутри скважины 10.

Примером используемой модуляции является дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция (DQPSK), согласно которой синусоидальный сигнал генерируют с определенной несущей частотой f , находящейся в пределах, например, от 1 до 30 кГц, фаза которого изменяется в соответствии со значением каждой последовательности, имеющей длину 2 бита; поэтому фаза может иметь четыре значения, на-

пример $\pi/4$, $3/4\pi$, $-\pi/4$, $-3/4\pi$. Каждая пара битов может быть преобразована в абсолютную фазу синусоиды или в относительную разность фаз (в соответствии с дифференциальной квадратурной фазовой манипуляцией) относительно синусоиды, соответствующей предшествующей паре битов. Этот последний выбор является предпочтительным, поскольку обратный процесс демодуляции упрощается в следующем модуле связи, поскольку нет необходимости в оценивании точного значения частоты f вследствие того, что ошибка, вносимая отсутствием оценки, может быть исключена способами, известными в данной области техники. Кроме того, волновой сигнал можно фильтровать подходящим фильтром, имеющим характеристику вида корня из приподнятого косинуса, для ограничения полосы, занимаемой сигналом, при использовании тех же самых скоростей передачи.

Поэтому модулированный сигнал напряжения получают усилением до напряжений со значениями в пределах, например от 1 до 100 В, выходными усилительными схемами 30, способными подводить ток с пиковыми значениями в пределах, например от 0,1 до 10 А.

Входные усилительные схемы 31 последующего модуля 20 связи преобразуют ток, протекающий через приемную металлическую пластину 22 или приемопередающую пластину 35, в сигнал напряжения с пиковыми значениями, составляющими несколько вольт; кроме того, эти входные усилительные схемы 31 адаптируют импеданс приемной металлической пластины 22 или приемопередающей пластины 35, предотвращая ослабление напряжения, поступающего в последующее устройство, обусловленное действием разделителя.

Чтобы пояснить способ передачи, реализуемый посредством металлических пластин 21, 22, 35, можно рассмотреть примерный случай передачи от первого модуля 20 МС1 связи, содержащего передающую металлическую пластину 21, к второму модулю 20 МС2 связи, содержащему приемную металлическую пластину 22, такой случай, как показанный на фиг. 5. Рассмотрение, относящееся к этой конфигурации, можно применять к случаю передачи между двумя приемопередающими металлическими пластинами 35 или между передающей металлической пластиной 21 и приемопередающей металлической пластиной 35. Конфигурация из фиг. 5 иллюстрируется электрической схемой, показанной на фиг. 7, со следующими особенностями: "схемная земля" обеспечивается металлическим корпусом, обычно выполненным из стали, соединительные трубы 50 считаются идеальными проводниками; V_i обозначает электрический потенциал, который изменяется вдоль продольной оси скважины 10; I_i обозначает электрический ток, который изменяется вдоль продольной оси скважины 10; V_o обозначает электрический потенциал, создаваемый передающей металлической пластиной 21; $Z_{i,A}$ обозначает чрезвычайно малый "продольный" электрический импеданс, который оказывает противодействие току, протекающему в продольном направлении, то есть параллельно продольной оси скважины 10; $Z_{i,B}$ означает чрезвычайно малый "радиальный" электрический импеданс, который оказывает противодействие току, протекающему в радиальном направлении, то есть ортогонально к продольной оси скважины 10.

Точнее, можно считать, что

$$Z_{i,A}=Z_{i,A}/dL \text{ и} \\ Z_{i,B}=Z_{i,B}/dL,$$

где dL является физической длиной чрезвычайно малого участка, к которому относятся $Z_{i,A}$ и $Z_{i,B}$, соответственно; а $Z_{i,A}$ и $Z_{i,B}$ являются "удельными импедансами" на единицу длины узла труба-пластина, которые зависят от геометрии и соответствующих конкретных электрических параметров (удельной проводимости, диэлектрической постоянной) узла.

Передающая металлическая пластина 21 первого модуля МС1 инжектирует во флюид, окружающий колонну труб, переменный электрический ток, модулированный информационными сигналами, несущими передаваемые данные.

Ток протекает через флюид по обсадной колонне, если она имеется, и через горные породы, окружающие скважину 10, после чего возвращается к общему выводу передающей металлической пластины 21 через сталь трубы 50 для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции, к которой присоединена пластина.

Часть этого тока достигает приемной металлической пластины 22 второго модуля МС2 связи. Этот ток усиливается и затем регистрируется в электронном блоке обработки и управления для извлечения информации, содержащейся в нем, или сразу же повторно усиливается для повторной передачи к третьему модулю связи.

На электрической схеме на фиг. 7 электронный блок обработки и управления первого модуля МС1 связи представлен генератором напряжения, имеющего амплитуду V_{TX} , тогда как передающая металлическая пластина 21 представлена узлом РТ. Генератор напряжения, имеющий амплитуду V_{TX} , связан через передающую металлическую пластину РТ с нижележащим протяженным участком флюида; эта связь моделируется импедансом Z_{T1} . Кроме того, этот протяженный участок флюида имеет импеданс Z_{T2} , благодаря которому часть тока, генерируемого передающей металлической пластиной, отводится к "заземлению", или точнее, к металлическому корпусу трубы, к которому приложена передающая металлическая пластина 21.

Приемная металлическая пластина второго модуля МС2 связи представлена на электрической схеме на фиг. 7 узлом PR; эта приемная металлическая пластина 22 связана с нижележащим протяженным

участком флюида; эта связь моделируется импедансом Z_{R1} . Кроме того, это протяженный участок флюида имеет импеданс Z_{R2} , благодаря которому часть тока вблизи приемной металлической пластины отводится к "заземлению" или к металлическому корпусу трубы, к которому приложена приемная металлическая пластина 22. В свою очередь, приемная металлическая пластина соединена с электронным блоком обработки и управления второго модуля связи, в частности, схематично представленным усилителем с низким входным импедансом Z_{IN} (приблизительно нулевым), который фактически усиливает токовый сигнал, который проходит через приемную металлическую пластину, вследствие чего получается сигнал V_{RX} напряжения, содержащий принимаемую информацию.

Если передающие металлические пластины 21 и приемные металлические пластины 22 имеют форму цилиндрической дуги, эффективность связи этих пластин с флюидом, окружающим колонну труб, в значительной степени зависит от длины продольного участка этой дуги и угла, описываемого дугой. Чем больше угол и чем он ближе к 360° , тем будет выше эффективность упомянутой выше связи.

Кроме того, если в дополнение к металлическим пластинам 21, 22, 35 модуль 20 связи также содержит передающие и приемные катушки, то для исключения паразитных токов, наводимых на металлические пластины 21, 22, 35 во время возбуждения катушек, предпочтительно, чтобы цилиндрическая дуга не проходила в пределах полного угла 360° .

На фиг. 8 и 9 представлены схематичные виды, иллюстрирующие передачу сигналов между двумя модулями связи с помощью передающей и приемной катушек 25, 26. В частности, линии магнитного поля, создаваемого передающей катушкой 25 и воспринимаемого приемной катушкой 26, представлены на фиг. 9.

Как можно видеть, расположение катушек на оси соединительных труб 50 колонны 60 труб позволяет максимизировать магнитный поток, который воспринимается приемной катушкой 26. В действительности, приемная катушка 26, по существу, охватывает всю круговую протяженность трубы 50 для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции, изготовленной из ферромагнитной стали, в которой заключена большая часть магнитного потока. Поэтому сигнал, используемый для головных частей приемной катушки 26, содержит вклады распределения всего магнитного поля, генерируемого передающей катушкой 25 вперед от места нахождения приемной катушки.

Характеристики трубы для бескабельной однонаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции и колонны труб как объекта настоящего изобретения очевидны из описания и также понятны их относительные преимущества.

Передача на поверхность результатов регистрации датчиками, расположенными в скважине, производится безопасным и недорогим способом и, по существу, в реальном времени, что позволяет в реальном времени непрерывно осуществлять мониторинг параметров забоя скважины и поэтому позволяет повысить безопасность во время бурения, в частности во время требующих осторожности этапов замены или добавления трубы к колонне труб, благодаря возможности немедленного вмешательства в случае обнаружения аномалий и отклонений от ожидаемых параметров.

Фактически, путем обработки и анализа в реальном времени данных можно без задержки идентифицировать изменения в пересекаемых пластах и отклонения траектории скважины от заданной программы, что позволяет быстрее принимать оперативные решения и производить вмешательство с выполнением корректирующих действий.

Кроме того, колонна труб согласно настоящему изобретению также позволяет получать все данные из забоя скважины в течение стадий управления скважиной, когда противовыбросовый превентор (ПВП) закрыт, или в течение всего бурения с управляемым давлением.

Кроме того, передача данных не прекращается в случае потери циркуляции. Поэтому больше нет необходимости в замедлении операции по передаче команд к автоматическому оборудованию в забое скважины для задания или корректирования траектории бурения.

Возможность передачи больших объемов данных позволяет поддерживать высокие скорости бурения и посылать в реальном времени результаты измерений в процессе бурения с более высокой определенностью по сравнению с задаваемой действующим стандартом и постоянно заменять уже имеющиеся каротажные диаграммы, регистрируемые зондом, опускаемым в скважину на кабеле.

Возможность иметь датчики вдоль всей бурильной колонны позволяет осуществлять непрерывный мониторинг вдоль всей оси скважины таких параметров, как давление, температура, нагрузки и сжатие, кручение, изгиб. Это позволяет, например, идентифицировать события, связанные с захватом колонны, щели в бурильной колонне, чтобы исключать их и принимать эффективные решения.

Область применения в основном относится к этапу бурения нефтяной скважины, но не исключается использование также в течение этапа строительства скважины. Фактически, труба для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции может быть встроена как колонну бурильных труб, так и в колонну для заканчивания скважины, и в любом случае во всех ситуациях данные могут быть переданы или приняты из забоя скважины или с промежуточных мест вдоль колонны.

Кроме того, объединение в один объект модуля связи и клапанов для непрерывной циркуляции позволяет сократить время на установку этих устройств вдоль колонны труб. Чтобы гарантировать монито-

ринг скважинных условий и непрерывной циркуляции в случае замены или добавления трубы, фактически необходимо устанавливать одно устройство, трубу для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции.

Кроме того, компактные размеры этой трубы для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции позволяют иметь колонны труб максимальной длины, располагаемые на буровых машинах, существующих в настоящее время.

Наконец, труба для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции и колонна труб, таким образом объединенные, несомненно могут иметь многочисленные модификации и варианты, которые все включены в изобретение; кроме того, все детали могут быть заменены технически эквивалентными элементами. На практике, используемые материалы, как также и размеры, можно заменять в соответствии с техническими требованиями.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Эксплуатационная труба (50) для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции бурового раствора в скважине для добычи пластовых флюидов, содержащая полый трубчатый корпус (51), который продолжается по длине вдоль продольного направления X и который выполнен с возможностью соединения на концах с соответствующими буровыми трубами (11) или трубами для заканчивания скважины колонны (60) труб;

радиальный клапан (52), соединенный с трубчатым корпусом (51), расположенный для регулирования потока бурового раствора, циркулирующего в скважине в, по существу, радиальном или поперечном направлении относительно продольного направления X, при этом радиальный клапан (52) представляет собой клапан, выдерживающий давление без потери непроницаемости, снабженный защитным колпачком, и выполнен с возможностью подключения к насосной системе (40) буровой установки (10) вне трубчатого корпуса (51) так, чтобы обеспечить прохождение бурового раствора, циркулирующего в скважине внутри полого трубчатого корпуса, создающего внутренний поток, направленный к забою скважины;

осевой клапан (53), соединенный с трубчатым корпусом (51), расположенный для регулирования бурового раствора, циркулирующего в скважине вдоль продольного направления X;

модуль (20) связи, соединенный с трубчатым корпусом (51), содержащий по меньшей мере одну металлическую пластину (21, 22, 35), выбираемую из передающей металлической пластины (21), приемной металлической пластины (22), приемопередающей металлической пластины (35);

электронный блок (23) обработки и управления, выполненный с возможностью обработки сигналов, передаваемых посредством по меньшей мере одной металлической пластины (21, 35), или сигналов, принимаемых посредством по меньшей мере одной металлической пластины (22, 35);

один или несколько питающих аккумуляторов (24) для питания металлических пластин (21, 22, 35) и электронного блока (23) обработки и управления,

причем один или несколько питающих аккумуляторов (24) и электронный блок (23) обработки и управления размещены в одной или более первых выемок (54), которые закрыты по отношению к наружной стороне трубчатого корпуса (51), тогда как по меньшей мере одна металлическая пластина (21, 22, 35) размещена по меньшей мере во второй выемке (55), которая открыта по отношению к наружной стороне трубчатого корпуса (51),

причем по меньшей мере одна металлическая пластина (21, 35) предназначена для передачи сигналов посредством инжектирования электрического тока, переносящего информационный сигнал, во флюид, окружающий колонну (60) труб,

при этом модуль (20) связи сконфигурирован для передачи сигналов на последующий модуль (20) связи, который установлен через заданные расстояния одной или нескольких буровых труб (11) или труб для заканчивания скважины.

2. Труба (50) для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции бурового раствора в скважине для добычи пластовых флюидов по п.1, в которой модуль (20) связи содержит по меньшей мере одну передающую катушку (25) и по меньшей мере одну приемную катушку (26), имеющие общую ось, совпадающую с продольной осью трубчатого корпуса (51).

3. Труба (50) для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции бурового раствора в скважине для добычи пластовых флюидов по п.2, в которой по меньшей мере одна передающая катушка (25) и по меньшей мере одна приемная катушка (26) наложены одна на другую.

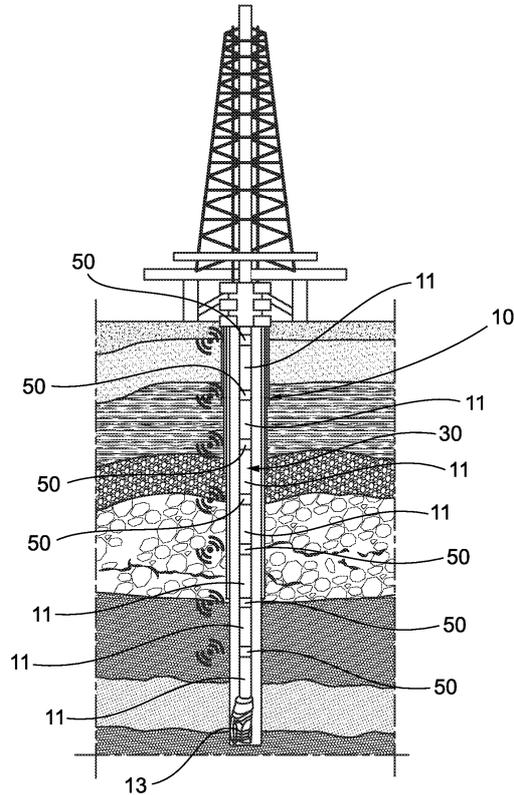
4. Труба (50) для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции бурового раствора в скважине для добычи пластовых флюидов по любому из предшествующих пунктов, в которой питающие аккумуляторы (24) и электронный блок (23) обработки и управления размещены в первой выемке (54) трубчатого корпуса (51), тогда как по меньшей мере одна металлическая пластина (21, 22, 35) и катушки (25, 26) размещены во второй выемке (55) трубчатого корпуса (51).

5. Труба (50) для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции бурового раствора в скважине для добычи пластовых флюидов по п.4, в которой первая выемка (54) и вторая выемка (55) расположены в продольном направлении X ниже радиального клапана (52).

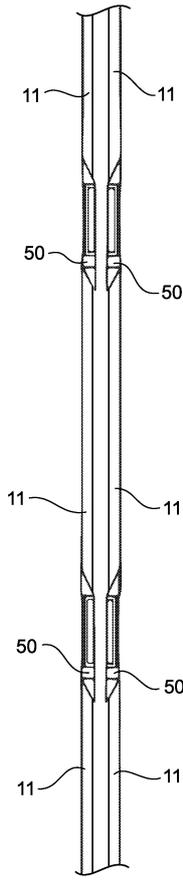
6. Труба (50) для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции бурового раствора в скважине для добычи пластовых флюидов по п.4, в которой первая выемка (54) расположена в радиальном клапане (52), тогда как вторая выемка (55) расположена в осевом клапане (53).

7. Колонна (60) труб для буровой установки типичной скважины для добычи пластовых флюидов, содержащая множество труб (11, 50), соединенных друг с другом последовательно, при этом множество труб (11, 50) содержит множество бурильных труб (11) или труб для заканчивания скважины и множество труб (50) для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции по любому из предшествующих пунктов, имеющих меньшую длину, чем длина бурильных труб (11) или труб для заканчивания скважины.

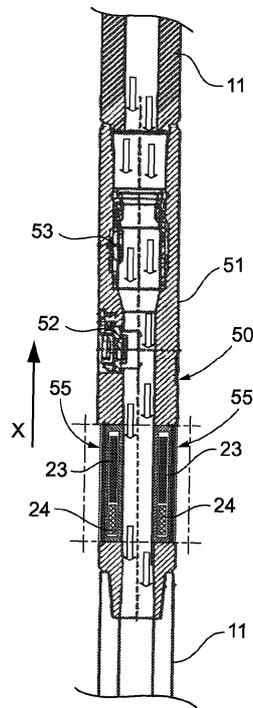
8. Колонна (60) труб по п.7, в которой трубы (50) для бескабельной двунаправленной передачи данных и непрерывной циркуляции расположены между двумя бурильными трубами (11) или трубами для заканчивания скважины через заданные интервалы одной или нескольких бурильных труб (11) или труб для заканчивания скважины.



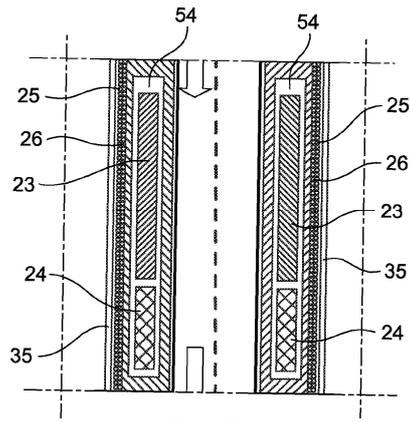
Фиг. 1



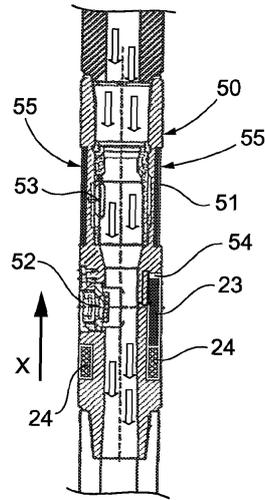
Фиг. 2



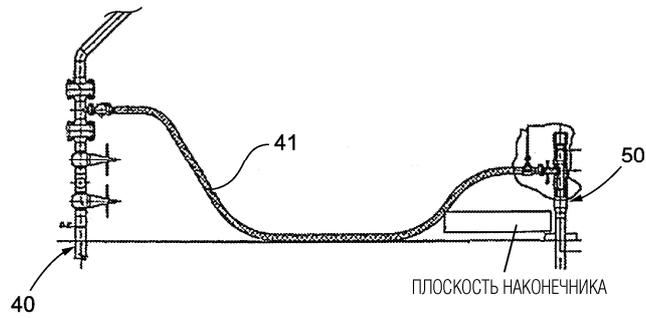
Фиг. 3а



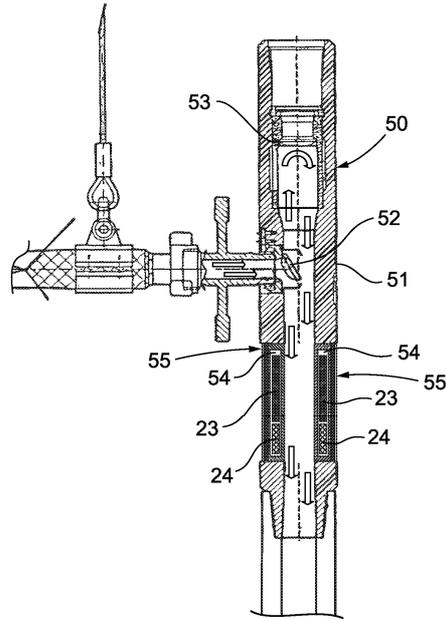
Фиг. 3b



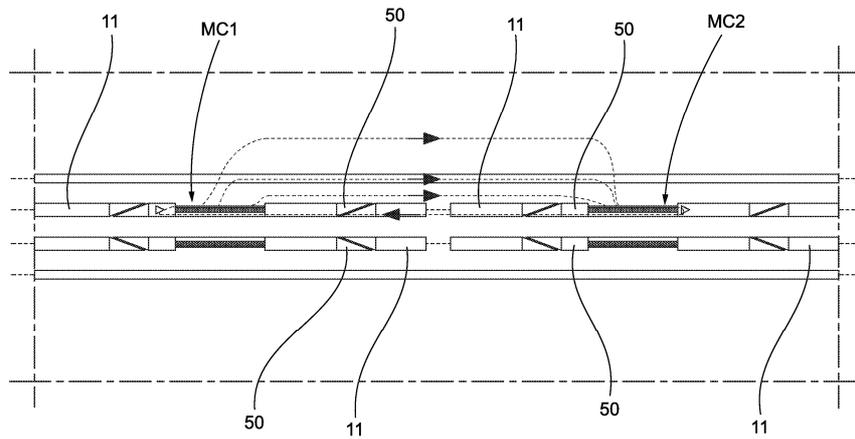
Фиг. 3c



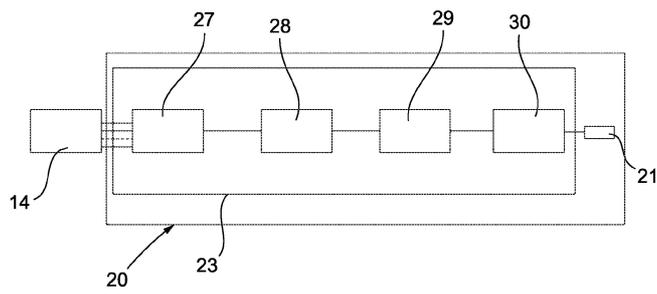
Фиг. 4a



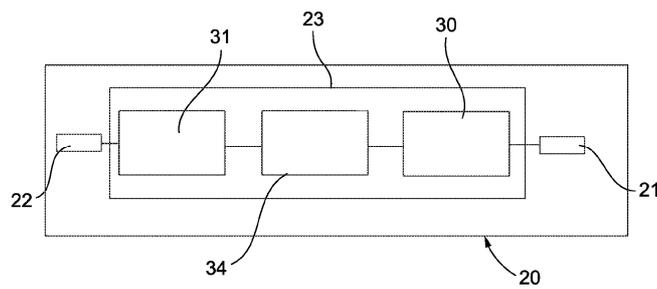
Фиг. 4b



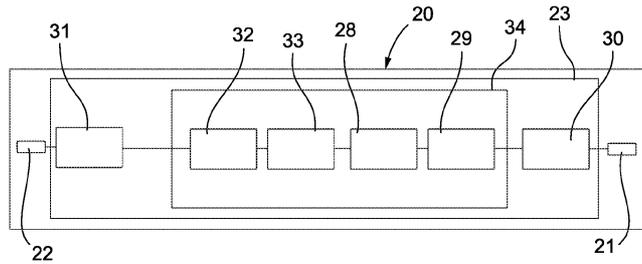
Фиг. 5



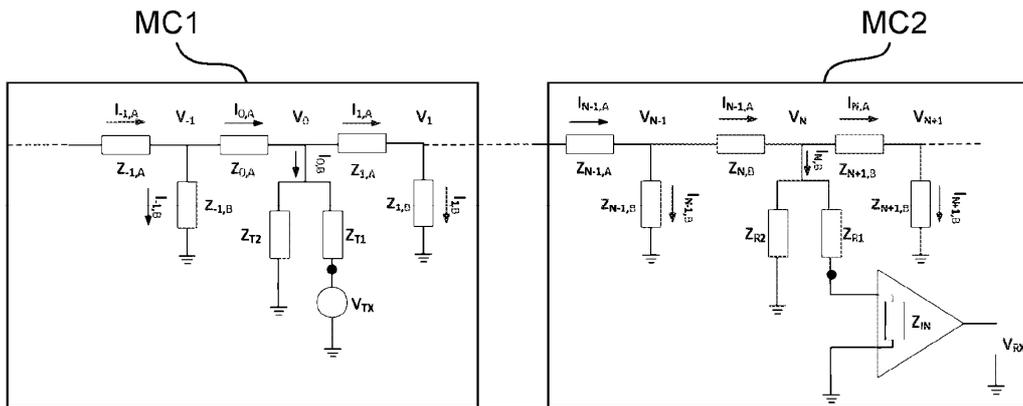
Фиг. 6a



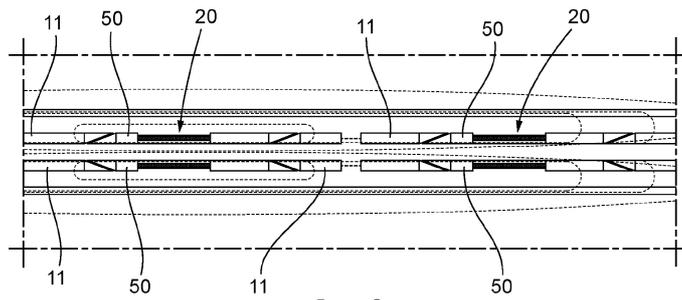
Фиг. 6b



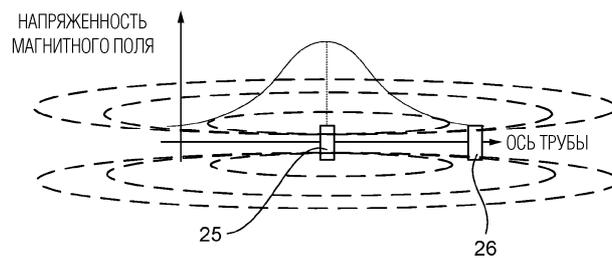
Фиг. 6с



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9