

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **034155**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.01.13

(51) Int. Cl. *E21B 17/02* (2006.01)
E21B 47/12 (2012.01)

(21) Номер заявки
201690510

(22) Дата подачи заявки
2013.09.05

(54) **ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ЧЕРЕЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИ ИЗОЛИРУЮЩИЕ ПЕРЕВОДНИКИ В БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЕ**

(43) **2016.07.29**

(56) US-B1-6439324
US-B2-8284075
US-B2-8102276
US-B2-7880640

(86) **PCT/CA2013/050683**

(87) **WO 2015/031973 2015.03.12**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ЭВОЛЮШН ИНЖИНИРИНГ ИНК.
(CA)**

(72) Изобретатель:
**Свицер Дэвид А., Логан Аарон В.,
Лю Цили (Джерри), Каземи Мираки
Моджтаба (CA)**

(74) Представитель:
Носырева Е.Л. (RU)

(57) В изобретении представлен ряд устройств и способов обеспечения ближней и дальней телеметрии в стволе скважины. Эти устройства и способы могут комбинироваться самыми разными путями. В некоторых вариантах осуществления данные передаются через переводник в бурительной колонне с использованием сигналов более высокой частоты, для которых полное электрическое сопротивление переводника или фильтра, подсоединенного параллельно переводнику, является низким. Через переводник могут подаваться низкочастотные сигналы ЭМ-телеметрии. Переводник и любой фильтр, подсоединенный параллельно переводнику, имеют высокое полное сопротивление низкочастотным сигналам ЭМ-телеметрии. Описанная технология может применяться для передачи показаний датчиков между скважинными комплектами электронной аппаратуры. В некоторых вариантах осуществления датчики электрически подсоединены параллельно электрически изолирующим переводникам в бурительной колонне.

034155

B1

034155
B1

Область техники

Настоящее изобретение относится, в общем, к подземному бурению. В вариантах осуществления предлагаются способы и устройство для передачи данных между частями бурильной колонны, электрически изолированными друг от друга. Например, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления эти идеи изобретения применимы к передаче данных через узлы стыковочных переводников. В соответствии с некоторыми вариантами осуществления предлагаются узлы стыковочных переводников, подходящие для обеспечения электромагнитной телеметрии при измерениях во время бурения (ИВБ) и/или каротаже во время бурения (КВБ).

Предпосылки изобретения

Добыча углеводородов из подземных зон основана на процессе бурения столбов скважин. При подземном бурении бурильное оборудование, находящееся на поверхности, обуславливает прохождение бурильной колонны от поверхностного оборудования до необходимого пласта или подземной зоны. Бурильная колонна обычно изготовлена из металлических труб. Бурильная колонна может проходить тысячи футов или метров ниже поверхности. Нижний конец бурильной колонны содержит буровое долото, выполненное для бурения или удлинения ствола скважины.

Поверхностное оборудование обычно включает некоторый вид промывки системы буровым раствором. В большинстве случаев буровой раствор прокачивается через внутреннюю часть бурильной колонны. Буровой раствор охлаждает и смазывает буровое долото, выходит из бурового долота и переносит выбуренную породу назад на поверхность. Кроме того, буровой раствор помогает регулировать забойное давление и предотвращает приток углеводородов из пласта в ствол скважины и их потенциальный выброс на поверхность.

Направленное бурение позволяет направлять путь ствола скважины. Направленное бурение может использоваться для направления скважины от вертикали для пересечения с целевой конечной точкой или для следования заданным путем. Компонировка низа бурильной колонны (КНБК) на нижнем конце бурильной колонны может содержать 1) буровое долото, 2) управляемый гидравлический забойный двигатель (ГЗД) роторной управляемой системы, 3) датчики оборудования для исследований для каротажа во время бурения (КВБ) и/или измерений во время бурения (ИВБ) для оценки забойных условий по мере продвижения бурения, 4) устройство для телеметрии данных на поверхность и 5) другое управляющее оборудование, такое как стабилизаторы или утяжеленные буровые трубы.

Оборудование для ИВБ может использоваться для передачи информации с забойных датчиков и информации о состоянии на поверхность во время бурения в режиме почти реального времени. Эта информация может использоваться буровой бригадой для принятия решений относительно управления и направления скважины для оптимизации скорости и траектории бурения исходя из целого ряда факторов, включая границы лицензионного участка, местонахождения скважин, свойства пласта, запасы и расположение углеводородов. Эти решения могут включать намеренные отклонения от проектного пути ствола скважины, если это необходимо, исходя из информации, собранной со скважинных датчиков в процессе бурения. Благодаря своей возможности получать данные в реальном времени ИВБ обеспечивают более экономичные и более эффективные буровые работы.

Для посылки данных из датчиков ИВБ или КВБ назад на поверхность могут использоваться различные телеметрические методы. Эти телеметрические методы включают среди прочих использование жестко соединенной бурильной трубы, телеметрию по акустическому каналу связи, использование оптоволоконного кабеля, гидроимпульсную (ГИ) телеметрию и электромагнитную (ЭМ) телеметрию.

ЭМ-телеметрия включает генерирование в стволе скважины электромагнитных волн, проходящих через землю и обнаруживаемых на поверхности.

Преимущества электромагнитной (ЭМ) телеметрии по сравнению с гидроимпульсной (ГИ) телеметрией включают обычно более высокие скорости передачи данных, более высокую надежность из-за отсутствия подвижных скважинных частей, высокую стойкость к использованию материала для борьбы с поглощениями (МБП) и приемлемость для бурения с очисткой забоя воздухом/бурения при пониженном гидростатическом давлении в стволе скважины. ЭМ-система может передавать данные без непрерывного столба флюидов; следовательно, она может использоваться в отсутствие потока раствора. Это является преимущественным, когда буровая бригада добавляет новую секцию бурильной трубы, поскольку ЭМ-сигнал может передавать инклинометрические измерения, когда буровая бригада добавляет новую трубу.

Недостатки ЭМ-телеметрии включают меньшую предельную глубину, несовместимость с некоторыми пластами (например, пласты с высоким содержанием солей и пласты с большими скачками удельного сопротивления) и некоторое сопротивление рынка из-за одобрения более старых проверенных методов. Кроме того, поскольку на больших расстояниях через толщи пород происходит сильное затухание ЭМ-передач, для обнаружения сигналов на поверхности требуется относительно большое количество энергии. Более высокочастотные сигналы затухают быстрее, чем низкочастотные сигналы.

В качестве дипольной антенны для прибора ЭМ-телеметрии обычно используется металлический трубчатый элемент с делением бурильной колонны на две электропроводные секции изолирующим стыком или соединителем, известным в области, к которой относится изобретение, как "стыковочный переводник".

В документах WO 2010/121344 и WO 2010/121345 описываются системы узла бурового долота, содержащие каналы через электрически изолирующий переводник между головкой бурового долота и переходным элементом для создания прохода для провода, по которому может передаваться информация от бурового долота вверх или вниз от верхнего по стволу скважины подузла ЭМ-переводника. В документе WO 2009/086637 описан стыковочный переводник, имеющий изолированный провод, проходящий через стыковочный переводник.

В документах US 6866306, US 6992554, US 7362235, US 2009/0058675, US 2010/0175890, US 2012/0090827, US 2013/0063276 и WO 2009/032163 описываются различные конструкции для переноса сигналов данных между секциями бурильной колонны. В документах WO 2009/0143405 и WO 2010/065205 описывается использование повторителей для передачи сигналов по бурильной колонне. В документах US 2008/0245570, WO 2009/048768A2, US 7411517, US 2004/0163822A1 и US 8334786 описываются скважинные системы.

Несмотря на работу, проведенную для разработки систем для подземной телеметрии, по-прежнему остается потребность в практических и надежных системах подземной телеметрии.

Краткое изложение сущности изобретения

Настоящее изобретение имеет ряд аспектов. В соответствии с одним аспектом предлагаются способы передачи несущих данные сигналов в скважинной среде. В соответствии с другим аспектом предлагается бурильная колонна, разработанная для облегчения передачи данных по бурильной колонне. В соответствии с еще одним аспектом предлагаются конструкции для компонентов бурильной колонны, таких как стыковочные переводники. В соответствии с еще одним аспектом предлагаются различные конструкции для обеспечения локальных передач данных между двумя или более скважинными комплектами электронной аппаратуры. В соответствии с еще одним аспектом предлагаются способы и конструкции для передачи данных между датчиками или другой электронной аппаратурой, расположенной на стене бурильной колонны или в ней, и электронной аппаратурой в зонде, находящемся в отверстии бурильной колонны. В соответствии с еще одним аспектом предлагаются способы и конструкции для передачи данных по переводникам, предусмотренным для использования в ЭМ-телеметрии. Конструкция бурильной колонны может включать один или любую комбинацию из двух или более этих аспектов.

Среди этих аспектов есть синергия. Однако эти аспекты имеют также независимое применение.

В соответствии с одним примерным аспектом предлагается скважинная система, содержащая несколько комплектов электронной аппаратуры, связанных с бурильной колонной в местах, отдаленных друг от друга по бурильной колонне. Каждый из нескольких комплектов электронной аппаратуры содержит генератор сигналов ЭМ-телеметрии. Несколько комплектов электронной аппаратуры содержат по меньшей мере первый и второй комплекты электронной аппаратуры. Первый комплект электронной аппаратуры выполнен для генерирования первых ЭМ-сигналов посредством соответствующего генератора сигналов ЭМ-телеметрии с первой частотой или первым набором частот. Первые ЭМ-сигналы кодируют первые данные. Источником первых данных могут быть датчики в первом комплекте электронной аппаратуры или связанные с ним и/или из других комплектов электронной аппаратуры. Второй комплект электронной аппаратуры содержит детектор ЭМ-сигналов и выполнен для приема первых ЭМ-сигналов. Второй комплект электронной аппаратуры выполнен также для генерирования вторых ЭМ-сигналов посредством соответствующего генератора сигналов ЭМ-телеметрии со второй частотой или вторым набором частот, отличающимся от первой частоты или первого набора частот. Вторые ЭМ-сигналы кодируют первые данные.

В соответствии с еще одним не ограничивающим приведенным в качестве примера аспектом предлагается устройство, содержащее бурильную колонну. Бурильная колонна содержит несколько электрически изолирующих переводников, отдаленных по бурильной колонне. Каждый из нескольких генераторов сигналов ЭМ-телеметрии подсоединены для подачи сигнала ЭМ-телеметрии через соответствующий один из нескольких переводников. Первый из переводников имеет самое высокое первое полное электрическое сопротивление в первой полосе частот, первый из генераторов сигналов ЭМ-телеметрии из нескольких генераторов ЭМ-сигналов выполнен для передачи сигналов ЭМ-телеметрии в первой полосе частот и подсоединен для подачи сигналов ЭМ-телеметрии в первой полосе частот через первый из переводников. Остальные несколько переводников имеют полные электрические сопротивления в первой полосе частот ниже первого полного электрического сопротивления.

В соответствии с еще одним не ограничивающим приведенным в качестве примера аспектом предлагается узел стыковочного переводника, содержащий трубчатое тело, имеющее первую муфту на его верхнем по стволу скважины конце, вторую муфту на его нижнем по стволу скважины конце, и отверстие, проходящее между первой и второй муфтами. Тело содержит электропроводную верхнюю по стволу скважины часть и электропроводную нижнюю по стволу скважины часть, разделенные электрически изолирующим переводником, и электрический фильтр верхних частот или полосовой фильтр, электрически подсоединенный параллельно переводнику.

В соответствии с еще одним не ограничивающим приведенным в качестве примера аспектом предлагается узел стыковочного переводника. Узел стыковочного переводника содержит электропроводную верхнюю по стволу скважины часть и электропроводную нижнюю по стволу скважины часть, разделен-

ную переводником, обеспечивающим высокое полное электрическое сопротивление в нижней полосе частот и более низкое полное электрическое сопротивление в более верхней полосе частот. Генератор сигналов ЭМ-телеметрии подсоединен для подачи сигнала ЭМ-телеметрии низкой частоты в более низкой полосе частот между верхней по стволу скважины частью и нижней по стволу скважины частью. Генератор сигналов данных подсоединен для передачи сигнала данных более высокой частоты через переводник, причем сигнал данных имеет частоты выше, чем сигнал ЭМ-телеметрии в более верхней полосе частот, при которых переводник имеет сниженное полное электрическое сопротивление.

Дополнительные аспекты изобретения и признаки приведенных в качестве примеров вариантов осуществления описаны в последующем подробном описании и/или проиллюстрированы на прилагаемых графических материалах.

Краткое описание фигур

Прилагаемые графические материалы иллюстрируют неограничительные варианты осуществления изобретения.

Фиг. 1 представляет собой схематическую иллюстрацию буровой площадки, на которой для измерений во время бурения используется электромагнитная (ЭМ) телеметрия.

Фиг. 2, 2А и 2В представляют собой схематические продольные разрезы узлов стыковочных переводников в соответствии с приведенными в качестве примеров вариантами осуществления.

Фиг. 3А, 3В и 3С представляют собой схематические продольные разрезы узлов стыковочных переводников в соответствии с альтернативными приведенными в качестве примеров вариантами осуществления.

На фиг. 4 приведен график зависимости емкостного сопротивления конденсатора от частоты.

Фиг. 5, 5А и 5В представляют собой схематические иллюстрации, на которых показан разрез буровой колонны, имеющей переводники и комплекты электронной аппаратуры, которые могут сообщаться между собой, подавая сигналы через переводники.

Фиг. 6, 6А, 7 и 7А представляют собой схематические продольные разрезы частей приведенных в качестве примеров буровых колонн, содержащих переводники в соответствии с приведенными в качестве примеров вариантами осуществления.

Подробное описание

По всему тексту последующего описания изложена подробная информация, чтобы обеспечить специалистам в данной области техники более полное понимание. Однако хорошо известные элементы могут быть не показаны или не описаны подробно во избежание ненужного затруднения описания изобретения. Последующее описание примеров технологии не предназначено быть исчерпывающим или ограничивающим систему точными формами любого приведенного в качестве примера варианта осуществления. Соответственно описание и графические материалы следует рассматривать в иллюстративном, а не в ограничительном смысле.

На фиг. 1 приведено схематическое представление буровой площадки, на которой для передачи данных на поверхность применяется ЭМ-телеметрия. Буровая установка 10 приводит в движение буровую колонну 12, содержащую секции буровой трубы, проходящие до бурового долота 14. Проиллюстрированная буровая установка 10 содержит буровую вышку 10А, пол 10В буровой установки и буровую лебедку 10С для поддержки буровой колонны. Буровое долото 14 имеет больший диаметр, чем буровая колонна над буровым долотом. Кольцевое пространство 15, окружающее буровую колонну, обычно заполнено жидкостью для промывки. Буровой раствор закачивается через отверстие в буровой колонне до бурового долота и возвращается на поверхность через кольцевое пространство 15, вынося буровой шлам от буровых работ. По мере бурения скважины в стволе скважины может быть создана обсадная колонна 16. На верхнем конце обсадной колонны установлен противовыбросовый превентор 17. Буровая установка, представленная на фиг. 1, является лишь примером. Способы и устройство, описанные в настоящем документе, не являются конкретными для какого-либо определенного типа буровой установки.

Буровая колонна 12 содержит узел 20 стыковочного переводника. Узел 20 стыковочного переводника может располагаться, например, в верхней части КНБК. Концы узла 20 стыковочного переводника электрически изолированы друг от друга. Каждая из частей буровой колонны выше и ниже стыковочного переводника образует одну часть конструкции дипольной антенны. Узел 20 стыковочного переводника может встраиваться в буровую колонну 12 любым подходящим образом. В некоторых вариантах осуществления узел 20 стыковочного переводника имеет на одном конце муфту с наружной резьбой, а на другом конце - муфту с внутренней резьбой. Резьбовые муфты могут представлять собой, например, резьбовые муфты Американского нефтяного института (АНИ).

Генератор 18 ЭМ-сигналов электрически подсоединен параллельно электрически изолирующему переводнику узла 20 стыковочного переводника. Генератор 18 ЭМ-сигналов может находиться, например, в зонде с электронной аппаратурой, содержащемся в отверстии буровой колонны или в стене буровой колонны. Генератор 18 ЭМ-сигналов может, например, находиться в одном или более карманах, полостях, защищенных оболочкой, инжектированных полостях, уплотненных отверстиях и/или механически выполненных каналах внутри буровой колонны 12. Генератор 18 сигналов ЭМ-телеметрии гене-

рирует сигналы соответствующей частоты для ЭМ-телеметрии. Эти сигналы обычно являются низкой частоты (типичные сигналы ЭМ-телеметрии для передачи данных из скважинных систем поверхностному оборудованию имеют частоты в диапазоне от десятых частей Гц до 20 Гц). Различные варианты осуществления, описанные в настоящем документе, включают связь между разными скважинными системами. Для локальных передач данных между скважинными системами могут использоваться частоты выше частот, используемых для передачи данных на поверхностное оборудование (например, частоты в диапазоне до нескольких кГц). В некоторых вариантах осуществления частоты, используемые для локальной передачи данных, выше 50 Гц или выше 100 Гц. Эти локальные передачи данных могут, например, включать передачи данных между электронной аппаратурой на буровом долоте или возле него и электронной аппаратурой над гидравлическим забойным двигателем (ГЗД) или передачи данных между несколькими комплектами электронной аппаратуры, разнесенными по части буровой колонны.

Электрические сигналы, подаваемые через переводник генератором 18 ЭМ-сигналов, создают переменные электрические токи 19А низкой частоты. Электрические сигналы из генератора 18 ЭМ-сигналов управляются во временной/кодовой последовательности для подачи тока в землю таким образом, чтобы создавать изменяющиеся во времени электрические поля 19В, обнаруживаемые на поверхности.

В проиллюстрированном варианте осуществления приемник 13 сигналов подсоединен сигнальными кабелями 13А для измерения разности потенциалов между кольшками 13В для электрического заземления и верхним концом буровой колонны 12. Для декодирования обнаруженных сигналов и отображения данных, принятых приемником 13 сигналов, может подсоединяться устройство 11 отображения.

Посредством ЭМ-телеметрии может передаваться любой тип данных. К примерам типов данных, которые могут передаваться, относятся показания датчиков. Могут предусматриваться самые разные скважинные датчики. Датчики могут включать, например, датчики вибраций, акселерометры, датчики направления, датчики магнитного поля, акустические датчики, датчики геофизических исследований скважин, датчики удельного сопротивления пласта, датчики температуры, детекторы радиоактивных частиц, детекторы гамма-излучений, электрические датчики (например, датчики, измеряющие токи и/или напряжения в скважинном оборудовании), расходомеры, тензометры, датчики состояния оборудования и т.д.

Может потребоваться обеспечение скважинной электронной аппаратуры, не все компоненты которой помещены в общий корпус. Например, в некоторых вариантах осуществления генератор 18 ЭМ-сигналов и/или одна или более других телеметрических систем могут находиться в зонде в отверстии буровой колонны 12. Электронная аппаратура, связанная с некоторыми датчиками, может находиться снаружи зонда, например в кармане в стенке буровой колонны. Это создает проблему того, как передавать данные из датчиков в зонд для обработки и/или передачи.

В качестве еще одного приведенного в качестве примера случая, когда может потребоваться обеспечение других комплектов электронной аппаратуры ниже по стволу скважины, может потребоваться обеспечение электронной аппаратуры на буровом долоте 14 или рядом с ним, сообщаемой с другой электронной аппаратурой выше по стволу скважины от гидравлического забойного двигателя, подсоединенного для приведения в движение бурового долота. В качестве еще одного примера может потребоваться предусмотреть электронную аппаратуру на разных высотах в стволе скважины (например, выше или ниже по стволу скважины от места, в котором ствол скважины поворачивается из более вертикального положения в более горизонтальное).

Установление передачи данных между разделенной скважинной электронной аппаратурой усложняется экстремальными условиями вибрации, температуры, давления, ударов, типичных для скважинной среды. Еще одна сложность заключается в том, что было бы желательным обеспечение гибкой системы передачи данных (т.е. системы, способной обеспечить передачу данных в дополнительные комплекты электронной аппаратуры и из них с минимальными переделками).

На фиг. 2 показан приведенный в качестве примера узел 20 стыковочного переводника. Узел 20 стыковочного переводника имеет электропроводную верхнюю по стволу скважины часть 20А и электропроводную нижнюю по стволу скважины часть 20В, разделенные электрически изолирующим переводником 20С. Переводник 20С может быть заполнен, например, электрически изоляционным материалом, таким как подходящий термопластичный материал.

В приведенном в качестве примера варианте осуществления, представленном на фиг. 2, генератор 18 ЭМ-сигналов расположен в кармане 21 в стенке секции буровой колонны 12 с одной стороны переводника 20С. Генератор 18 ЭМ-сигналов подсоединен таким образом, чтобы подавать сигнал между верхней по стволу скважины частью 20А и нижней по стволу скважины частью 20В так, чтобы сигнал создавал изменяющуюся во времени разность потенциалов на переводнике 20С. Поскольку карман 21 выполнен в нижней по стволу скважины части 20В, одна выходная клемма генератора 18 ЭМ-сигналов может электрически соединяться непосредственно с нижней по стволу скважины частью 20В.

Вторая выходная клемма генератора 18 ЭМ-сигналов электрически соединяется с верхней по стволу скважины частью 20А посредством электрического проводника 22, электрически изолированного от нижней по стволу скважины части 20В и проходящего через переводник 20С для установления электри-

ческого контакта с верхней по стволу скважины частью 20А. В проиллюстрированном варианте осуществления электрический проводник проходит из кармана 21 по проходу 20D, проходящем в продольном направлении через нижнюю по стволу скважины часть 20В.

В некоторых вариантах осуществления проводник 22 проходит в проход 20Е в секции 20А. Если стыковочный переводник 20 правильно собран, каналы 20D и 20Е выровнены друг с другом. Проводящий провод или несколько электрически изолированных проводов (не показаны) могут при изготовлении пропускаться через выровненные каналы (20D, 20Е) для перекрытия переводника 20С узла 20 стыковочного переводника. В некоторых вариантах осуществления на верхней по стволу скважины части 20А и нижней по стволу скважины части 20В могут предусматриваться наружные элементы (не показаны), указывающие, когда каналы 20D, 20Е точно выровнены при сборке стыковочного переводника 20. В некоторых вариантах осуществления верхняя по стволу скважины часть 20А и нижняя по стволу скважины часть 20В соединены частично штифтами или другим соединением, поддерживающим выравнивание каналов 20D, 20Е при сборке стыковочного переводника 20.

Проводники, проходящие через каналы 20D, 20Е узла 20 стыковочного переводника, могут поддерживаться по их длине и укрываться от экстремальных условий бурения при их прохождении в стенках узла 20 стыковочного переводника.

На фиг. 2А показан узел 20-1 стыковочного переводника в соответствии с еще одним приведенным в качестве примера вариантом осуществления, в котором электронная аппаратура 23 в кармане 21 может передавать данные через переводник 20С.

На фиг. 2А показан факультативный скважинный зонд 24, расположенный в отверстии узла 20-1 стыковочного переводника. Зонд 24 электрически соединен с верхней по стволу скважины частью 20А и нижней по стволу скважины частью 20В посредством электрических проводников 24А и 24В. Электронная аппаратура 23 в кармане 21 подсоединена для подачи и/или обнаружения электрических сигналов через переводник 20С. Посредством электрических проводников 24А и 24В параллельно переводнику 20С может подсоединяться и электронная аппаратура в зонде 24.

Электронная аппаратура 23 имеет клемму, подсоединенную к верхней по стволу скважины части 20А, как описано выше, и еще одну клемму, подсоединенную к нижней по стволу скважины части 20В, как описано выше. Следовательно, электронная аппаратура 23 может передавать сигналы в зонд 24 и из него любым из следующих способов (в зависимости от конфигурации электронной аппаратуры 21): подачу изменяющейся во времени разности потенциалов на переводник 20С; обнаружение изменяющейся во времени разности потенциалов, поданной на переводник 20С зондом 24; модулирование тока, подаваемого зондом 24; контроль модуляции тока зондом 24.

В варианте осуществления, проиллюстрированном на фиг. 2А, генератор сигналов ЭМ-телеметрии может предусматриваться в зонде 24 и в электронной аппаратуре 23 или как в зонде 24, так и в электронной аппаратуре 23. В одном приведенном в качестве примера варианте осуществления генератор сигналов ЭМ-телеметрии предусмотрен в зонде 24, а в электронной аппаратуре 23 предусмотрены один или более датчиков. Электронная аппаратура 23 передает показания одного или более датчиков в зонд 24, как описано выше, а зонд 24 затем передает показания или информацию, полученную с использованием этих показаний, на поверхность.

Вовсе не обязательно во всех вариантах осуществления то, что проводник 22 обеспечивает прямой электрический контакт между электронной аппаратурой в кармане 21 и верхней по стволу скважины частью 20А. В некоторых вариантах осуществления сигналы из электронной аппаратуры в кармане 21 соединены с верхней по стволу скважины частью 20А посредством электрического фильтра 25. Фильтр 25 может пропускать сигналы в определенных полосах частот и блокировать сигналы в других полосах частот. Например, в некоторых вариантах осуществления (например, если генератор 18 ЭМ-сигналов расположен в зонде 24) фильтр 25 может представлять собой фильтр верхних частот или полосовой фильтр, блокирующий очень низкие частоты, обычно используемые в ЭМ-телеметрии, и пропускающий сигналы более высокой частоты. В некоторых вариантах осуществления сигналы из комплекта 21 электронной аппаратуры передаются через переводник 20С посредством индуктивной связи между катушками и т.п. Катушки могут располагаться по обе стороны переводника 20С и/или включаться в диэлектрический материал, электрически разделяющий верхнюю и нижнюю по стволу скважины части 20А и 20В. Электрические свойства катушек (например, индуктивность) могут выбираться для обеспечения требуемой характеристики фильтра для передачи через переводник 20С.

Фиг. 2В иллюстрирует приведенный в качестве примера вариант осуществления передачи сигнала через переводник 20С между комплектами 23А и 23В электронной аппаратуры посредством индуктивной связи 27 между катушками 27А и 27В. Катушка 27А подсоединена между верхним по стволу скважины проводником 22А и верхней по стволу скважины частью 20А. Катушка 27В подсоединена между нижним по стволу скважины проводником 22В и нижней по стволу скважины частью 20В.

На фиг. 3А, 3В и 3С соответственно показаны узлы 30-1, 30-2 и 30-3 стыковочных переводников в соответствии с другими вариантами осуществления. На этих фигурах данные передаются через переводник 20С. В каждом из этих узлов стыковочных переводников электронная аппаратура 31А и 31В предусмотрена с верхней и нижней относительно сторон переводника 20С. Каждая электронная аппаратура

31А и 31В имеет клемму, электрически соединенную с электрическим проводником 22, электрически изолированным от верхней и нижней по стволу скважины частей 20А и 20В и проходящим через переводник 20С. Электрический проводник 22 может, например, проходить через проходящие в продольном направлении проходы в верхней по стволу скважины части 20А и нижней по стволу скважины части 20В. Проходы могут быть выровнены друг с другом, так что электрический проводник 22 может проходить непосредственно через переводник 20С в продольном направлении.

Электронная аппаратура 31А и 31В может располагаться в любых подходящих полостях в частях 20А и 20В соответственно. Полости могут, например, представлять собой карманы, открытые вовнутрь или наружу частей 20А и 20В, полости, образованные внутри частей 20А и 20В, уплотненные отверстия, механически выполненные каналы и т.п. Полости могут быть уплотнены для защиты от попадания текучей среды под давлением и/или заполнены подходящим герметизирующим веществом для исключения текучей среды под давлением, и/или электронная аппаратура в этих полостях может заключаться в карманах внутри корпуса, подходящего для защиты заключенной в нем электронной аппаратуры от скважинной среды.

Фиг. 3А, 3В и 3С отличаются в части механизма, каким данные передаются через переводник 20С. На фиг. 3А вторые клеммы электронной аппаратуры 31А и 31В соединены соответственно с верхней и нижней по стволу скважины частями 20А, 20В. Данные передаются через переводник 20С посредством емкости переводника 20С.

Поскольку переводник 20С предусматривает два электрических проводника (верхнюю и нижнюю по стволу скважины части 20А и 20В, разделенные диэлектрическим материалом (переводником 20С), переводник 20С действует в качестве конденсатора. Емкость переводника 20С определяется, главным образом, площадями обращенных друг к другу сторон частей 20А и 20В, толщиной диэлектрического материала между обращенными друг к другу сторонами частей 20А и 20В и диэлектрической проницаемостью материала в переводнике.

Емкость конденсатора с пластинчатыми обкладками определяется по следующей формуле:

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (1)$$

где С - емкость; А - площадь перекрытия двух пластин; ϵ_r - диэлектрическая проницаемость материала между пластинами; ϵ_0 - электрическая постоянная ($\epsilon_0 \approx 8,854 \times 10^{-12}$ Ф·м⁻¹); и d - расстояние между пластинами. Хотя по причине геометрических факторов емкость переводника 20С будет отличаться от данной формулой (1), формула (1) иллюстрирует, что емкость переводника 20С увеличивается при увеличении площади и увеличении диэлектрической проницаемости ϵ_r и уменьшается при увеличении расстояния между проводящими частями.

Конденсатор будет блокировать постоянные токи, но будет пропускать переменные токи. Ток, который будет протекать через конденсатор, будет зависеть от емкостного сопротивления, в свою очередь, зависящего от частоты поданного сигнала. Емкостное сопротивление конденсатора можно рассчитать с использованием следующей формулы:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \quad (2)$$

где X_c - емкостное сопротивление в омах, π - 3,142 или 22/7; f - частота переменного тока в герцах и С - емкость в фарадах.

Следовательно, как можно видеть на фиг. 4, при повышении частоты переменного тока, приложенного к конденсатору, емкостное сопротивление уменьшается. При достаточно высоких частотах сигналы из электронной аппаратуры 31А, подаваемые на верхнюю по стволу скважины часть 20А, могут передаваться непосредственно через переводник 20С для приема электронной аппаратурой 31В в нижней по стволу скважины части 20В. Проводник 22 обеспечивает обратный путь. В то же время сигналы телеметрии низкой частоты, поданные на переводник 20С, не проводятся через переводник 20С. Сигналы телеметрии могут подаваться, например, зондом 24 (не показанным на фиг. 3А). Емкость переводника 20С можно увеличить, приняв конструкцию, в которой площади поверхности прилегающих сторон частей 20А и 20В увеличены (например, выполнив заходящие друг в друга ребра на частях 20А и 20В), уменьшив пространство между прилегающими сторонами частей 20А и 20В и/или используя в качестве изоляционного материала материал, имеющий высокую диэлектрическую проницаемость.

Если частота переменного тока очень высока, емкостное сопротивление узла стыковочного переводника становится пренебрежимо малым. В этих условиях стыковочный переводник может действовать, по существу, в качестве провода, непосредственно проводящего сигналы между верхней и нижней по стволу скважины частями 20А и 20В.

Узел 30-2 стыковочного переводника на фиг. 3В подобен узлу 30-1 стыковочного переводника, за исключением того, что параллельно переводнику 20С электрически подсоединен конденсатор 32. Поскольку конденсатор 32 электрически параллелен переводнику 20С, емкость через переводник 20С увеличивается (снижая, таким образом, емкостное сопротивление для данной частоты сигнала). Конденсатор 32 может быть расположен, например, в переводнике 20С (например, включенным в диэлектриче-

ский материал переводника 20С), или в зонде 24, перекрывающим переводник 20С, или в гильзе в отверстии узла 30-42 стыковочного переводника, или в кармане, расположенном в бурильной колонне 12azole переводника 20С).

Узел стыковочного переводника 30-3 на фиг. 3С подобен узлу стыковочного переводника 30-1, за исключением того, что параллельно переводнику 20С электрически подсоединен фильтр 33. Фильтр 33 может представлять собой, например, фильтр верхних частот, полосовой фильтр, узкополосный режекторный фильтр, полосовой заграждающий фильтр, индуктивную связь и т.п. Сигналы, передаваемые между электронной аппаратурой 31А и 31В, выбираются имеющими частоты, пропускаемые фильтром 33. И в этом случае проводник 22 обеспечивает обратный путь.

Принципы, рассмотренные выше, могут применяться и в случае, если в бурильной колонне есть два или более (несколько) переводников, или если в бурильной колонне есть много (три или более) переводников. В этих случаях сигналы могут передаваться по бурильной колонне между электронной аппаратурой, разделенной двумя или более переводниками. В некоторых вариантах осуществления разные переводники выполнены для обеспечения передачи сигналов в разных полосах частот, таким образом определенные сигналы могут быть доступными для электронной аппаратуры в некоторых частях бурильной колонны и недоступными для электронной аппаратуры в других частях бурильной колонны.

На фиг. 5 показана часть бурильной колонны 40, имеющая разделенные в продольном направлении части 40А, 40В, 40С, 40D, разделенные переводниками 42А, 42В и 42С (совместно именуемыми переводниками 42). Комплекты 41А, 41В и 41С электронной аппаратуры (совместно именуемые комплектами 41 электронной аппаратуры) расположены в зондах 43А, 43В и 43С соответственно (совместно именуемых зондами 43), перекрывающих переводники 42А, 42В и 42С соответственно.

Некоторые или все комплекты 41 электронной аппаратуры содержат приемник 44 (например, схему, подсоединенную для контроля разности потенциалов на соответствующем переводнике 42). Кроме того, некоторые или все комплекты 41 электронной аппаратуры содержат генератор 45 сигналов, подсоединенный для подачи электрических сигналов на соответствующий переводник 42.

В одном приведенном в качестве примера варианте осуществления переводник 42А проявляет характеристику фильтр верхних частот, а переводники 42В и 42С проявляют характеристики фильтр нижних частот. В этом варианте осуществления, если комплект 41А электронной аппаратуры будет подавать на переводник 42А низкочастотный сигнал ЭМ-телеметрии, то этот сигнал будет распространяться от переводника 42А вверх и вниз по стволу скважины. Поскольку переводник 42А имеет характеристику фильтра верхних частот, переводник 42А действует для низкочастотного сигнала ЭМ-телеметрии в качестве изолятора. Если низкочастотный сигнал телеметрии находится в пределах полос пропускания переводников 42В и 42С, переводники 42В и 42С позволяют сигналу пройти, тем самым позволяя обнаружить сигнал ЭМ-телеметрии на поверхности. Аналогичным образом, комплект 41А электронной аппаратуры может принимать низкочастотные направленные вниз ЭМ-сигналы, переданные с поверхности.

Переводники 42В и 42С имеют характеристики фильтра, обеспечивающие увеличенное полное сопротивление сигналам частотами f_B и f_C , пропускаемым другим из переводников 42В и 42С и блокируемым переводником 42А. Это позволяет электронной аппаратуре 41В и 41С обнаруживать сигналы соответствующей частоты путем контроля потенциала на соответствующем переводнике 42В и 42С. Например, если комплект 41А электронной аппаратуры подает через переводник 42А сигнал частотой f_B , разность потенциалов при частоте f_B будет обнаруживаемой на переводнике 42В, поскольку сигнал пропускается переводником 42С (переводник 42С создает низкое полное сопротивление сигналу). Аналогичным образом, если комплект 41А электронной аппаратуры подает через переводник 42А сигнал частотой f_C , разность потенциалов при частоте f_C будет обнаруживаемой на переводнике 42С, поскольку сигнал пропускается переводником 42В.

Частоты f_B и f_C могут быть достаточно высокими, что при их распространении через землю будет происходить значительное затухание. Эти частоты могут быть вне диапазона, обычно используемого для ЭМ-телеметрии (например, эти частоты могут быть намного выше 20 Гц). Однако, поскольку переводники 42В и 42С могут находиться относительно близко к переводнику 42А по сравнению с расстоянием между переводником 42А и поверхностью приемников 44, переводники 42В и 42С могут обнаруживать сигналы на частотах f_B и f_C соответственно, несмотря на то, что частоты f_B и f_C могут быть слишком высокими для эффективной ЭМ-телеметрии на поверхность.

Обычно, если в бурильной колонне имеются N переводников, каждый из которых имеет комплект электронной аппаратуры, который может подавать электрические сигналы на переводник и обнаруживать электрические потенциалы на переводнике, между любой парой электронной аппаратуры можно установить связь путем выбора частоты связи, при которой оба из пары переводников имеют высокое полное сопротивление, а другие переводники имеют низкое полное сопротивление. На фиг. 5А показана часть бурильной колонны 55 в соответствии с одним приведенным в качестве примера вариантом осуществления, в которой имеются три переводника 42. Переводник 42А имеет характеристику фильтра верхних частот (например, характеристику, обеспечивающую высокое полное сопротивление при всех частотах ниже 20 кГц). Переводник 42В имеет характеристику фильтра нижних частот. Переводник 42С имеет характеристику полосового заграждающего фильтра (фильтра нижних частот и фильтра высоких частот).

В одном приведенном в качестве примера случае комплект 41А электронной аппаратуры может иметь связь с поверхностью посредством ЭМ-телеметрии в полосе частот от 0,1 до 20 Гц, с комплектом 41В электронной аппаратуры на частоте 2000 Гц и с комплектом 41С электронной аппаратуры на частоте 200 Гц.

Можно видеть, что характеристики фильтров переводников 42В и 42С позволяют пропускать сигналы в низкочастотной полосе от до 0,120 Гц и, следовательно, не мешают ЭМ-телеметрии между комплектом 41А электронной аппаратуры и поверхностью. Переводник 42С пропускает сигнал в 2000 Гц, который блокируется переводниками 42А и 42В. Переводник 42В пропускает сигнал в 200 Гц, который блокируется обоими переводниками 42А и 42С. Хотя на фиг. 5 проиллюстрированы три переводника 42, те же принципы применимы к случаям, в которых предусмотрено два или более переводников. Может предусматриваться любое приемлемое количество переводников.

Преимущественно более высокие частоты используются для связи на более коротком расстоянии, а более низкие частоты используются для связи на более длинном расстоянии. Например, телеметрия с поверхности/на поверхность может осуществляться с использованием сигналов очень низкой частоты (например, в полосе ниже 25 Гц). Телеметрия между двумя широко разделенными комплектами электронной аппаратуры в буровой колонне может осуществляться на средних частотах (например, несколько сотен Гц, например, в полосе от 100 до 600 Гц). Телеметрия между двумя комплектами электронной аппаратуры, расположенными на более близком расстоянии в буровой колонне, может осуществляться на более высокой частоте (например, несколько кГц, например, частоты в полосе 1000-6000 Гц).

В некоторых вариантах осуществления разные полосы частот широко разделены (например, отличаются по частоте по меньшей мере в 5 раз, по меньшей мере в 8 раз или по меньшей мере в 10 раз). В этих вариантах осуществления могут использоваться фильтры, имеющие малые скаты (т.е. фильтры, у которых при изменении частоты полное сопротивление изменяется относительно медленно). В некоторых вариантах осуществления фильтры представляют собой фильтры первого порядка. В некоторых вариантах осуществления фильтры имеют крутизну спада приблизительно 20 дБ/декада или меньше.

В некоторых вариантах осуществления переводник 42А находится выше гидравлического забойного двигателя (ГЗД), находящегося возле нижнего конца буровой колонны, а переводник 42В находится между ГЗД и буровым долотом. В этих вариантах осуществления третий переводник может присутствовать или может отсутствовать. В некоторых вариантах осуществления переводник 42В находится на расстоянии не более 1 м от бурового долота.

Как описано выше, характеристики фильтра переводника могут обуславливаться одним или более из следующих факторов: электронные свойства, являющиеся результатом конструкции переводника, и/или электронные компоненты, подсоединенные параллельно переводнику (либо непосредственно, либо в зонде или иной конструкции, подсоединенной параллельно переводнику).

На фиг. 5В показан зонд 43, подсоединенный для перекрытия переводника 42 в буровой колонне 12. Зонд 43 содержит приемник 44 сигналов, генератор 45 сигналов и фильтр 46, все подсоединенные между контактами 47А и 47В, контактирующими с буровой колонной 12 выше и ниже переводника 42. В проиллюстрированном варианте осуществления зонд 43 содержит электропроводный корпус 48, имеющий части 48А и 48В, разделенные электрически изолирующим переводником 48С.

В некоторых вариантах осуществления предусматривается выключатель 50 с электрическим управлением, который может замыкаться для обеспечения цепи короткого замыкания через переводник 42. Такой выключатель может быть предусмотрен, например, в зонде. Эти выключатели могут замыкаться в определенные моменты времени для обеспечения лучшей проводимости через переводник 42 для сигналов, которые должны проходить через переводник 42. В одном приведенном в качестве примера варианте осуществления, в котором зонды 43А, 43В и 43С на фиг. 5 подобны зонду 43 на фиг. 5АВ, комплект 41А электронной аппаратуры содержит данные для передачи на поверхность ЭМ-телеметрией. Комплект 41А электронной аппаратуры может подавать сигнал комплектам 41В и 41С электронной аппаратуры о замыкании выключателей 50 на период времени, достаточный для передачи некоторых данных. После этого комплекты 41В и 41С электронной аппаратуры могут замкнуть выключатели 50 для закорачивания переводников 42В и 42С, тем самым обеспечивая передачу данных на поверхность и/или с поверхности комплектом 41А электронной аппаратуры. После окончания этого периода комплекты 41В и 41С электронной аппаратуры могут разомкнуть выключатели 50, после чего комплекты 42В и 42С электронной аппаратуры снова могут передавать и/или принимать сигналы.

В некоторых вариантах осуществления выключатели 50 регулируются в зависимости от частот обнаруженных сигналов. Например, некоторые комплекты 41 электронной аппаратуры могут содержать детекторы сигналов, подсоединенные для обнаружения сигнала через соответствующий переводник 42. В ответ на обнаружение сигнала в predetermined диапазоне частот комплект электронной аппаратуры может быть выполнен для автоматического замыкания выключателя 50 на данный период времени. В одном приведенном в качестве примера варианте осуществления один или более комплектов 41 электронной аппаратуры могут быть выполнены для замыкания выключателя 50 при обнаружении низкочастотного сигнала (например, сигнала, частотой ниже 25 Гц).

В некоторых вариантах осуществления комплекты 41А, 41В и/или 41С электронной аппаратуры содержат передатчики и/или приемники для дополнительного типа телеметрии (например, гидроимпульсной телеметрии). В этих вариантах осуществления команды на установку выключателей 50 могут факультативно передаваться посредством другой системы телеметрии (например, гидроимпульсной телеметрии).

В некоторых вариантах осуществления все из нескольких комплектов 41 электронной аппаратуры могут передавать и принимать данные в одной полосе частот. В этих вариантах осуществления каждый из переводников 42 может содержать фильтр, обеспечивающий достаточное полное сопротивление для образования обнаруживаемой разности потенциалов на переводнике, когда сигнал в полосе частот передается другим из комплектов электронной аппаратуры (но не настолько большое полное сопротивление, что сигнал становится не обнаруживаемым на других переводниках 42).

В некоторых вариантах осуществления один комплект 41 электронной аппаратуры может служить в качестве ведущего комплекта электронной аппаратуры, а остальные комплекты электронной аппаратуры могут служить в качестве ведомых комплектов электронной аппаратуры. В таких вариантах осуществления типа "ведущий-ведомый" ведомые комплекты электронной аппаратуры могут передавать информацию на одной или более частотах в ответ на команды, полученные от ведущего комплекта электронной аппаратуры. Например, ведущий комплект электронной аппаратуры может послать запрос ведомому комплекту электронной аппаратуры на самый последний набор информации от ведущего комплекта электронной аппаратуры. Ведомый комплект электронной аппаратуры может ответить передачей данных, включающих запрошенный набор информации. Набор информации может, например, содержать выходные значения, зарегистрированные для одного или более датчиков в ведомом комплекте электронной аппаратуры.

В некоторых вариантах осуществления ведущий комплект электронной аппаратуры соответствует комплекту 41 электронной аппаратуры, поддерживающему телеметрию с поверхностью, а один или более ведомых комплектов электронной аппаратуры соответствуют комплекту электронной аппаратуры, содержащему один или более датчиков. В этих вариантах осуществления ведомые комплекты электронной аппаратуры могут быть выполнены для передачи по требованию ведущему комплекту электронной аппаратуры данных, собранных с датчиков, а ведущий комплект электронной аппаратуры может быть выполнен для передачи данных на поверхность, полученных от ведомых комплектов электронной аппаратуры.

На фиг. 6 показана часть бурильной колонны 60, имеющая разделенные в продольном направлении части 60А, 60В, 60С, 60D, разделенные переводниками 42А, 42В и 42С. В частях 60А, 60В, 60С и 60D расположены соответственно комплекты 41А, 41В, 41С и 41D электронной аппаратуры (в общем и совместно именуемые комплектами 41 электронной аппаратуры). Другие комплекты электронной аппаратуры могут быть расположены в зондах в отверстиях бурильной колонны. Каждый зонд может перекрывать один или более переводников 42 (в некоторых вариантах осуществления зонд перекрывает один переводник 42 в том смысле, что зонд находится в непосредственном электрическом контакте с проводящими частями бурильной колонны по обе стороны переводника 42). Хотя показано, что в каждой части бурильной колонны имеется лишь один комплект электронной аппаратуры, в некоторых или во всех частях бурильной колонны могут быть более одного комплекта электронной аппаратуры.

В приведенном в качестве примера варианте осуществления, показанном на фиг. 6, несколько комплектов 41 электронной аппаратуры, расположенных в карманах в бурильной колонне 60, соединены между собой проводником 22, электрически изолированным от частей 60А, 60В, 60С, 60D бурильной колонны. Кроме того, каждый из комплектов 41 электронной аппаратуры имеет клемму в электрическом контакте с соответствующей частью 60А, 60В, 60С или 60D бурильной колонны. Таким образом, каждый комплект 41 электронной аппаратуры может подавать сигнал между проводником 22 и соответствующей частью бурильной колонны и/или обнаруживать сигналы, контролируя разность потенциалов между проводником 22 и соответствующей частью бурильной колонны.

Система, показанная на фиг. 6, может быть универсальной, поскольку она может допускать одно- или двустороннюю связь между любой парой комплектов 41 электронной аппаратуры, подсоединенных к проводнику 22, и лишь требует одного проводника 22, соединяющего комплекты электронной аппаратуры. В некоторых вариантах осуществления один проводник может представлять собой провод питания, подающий электрическую энергию комплектам 41 электронной аппаратуры из источника электрической энергии, такого как аккумуляторный блок, скважинный генератор и т.п. Проводник 22 может не проходить ни через один и проходить через один или более переводников 42. Может быть добавлено любое количество дополнительных комплектов электронной аппаратуры. Разные комплекты электронной аппаратуры могут содержать разные датчики и/или процессоры, и/или хранилища данных, и/или схемы управления для управления скважинным оборудованием, и/или схемы сопряжения для сопряжения со скважинным оборудованием. В некоторых вариантах осуществления проводник 22 проходит вдоль всей или части КНБК.

На фиг. 6 показаны факультативные фильтры 54А, 54В и 54С, электрически подсоединенные параллельно переводникам 42А, 42В и 42С соответственно. В некоторых вариантах осуществления фильт-

ры 54А, 54В и 54С имеют разные характеристики, так что по меньшей мере один из фильтров 54 будет пропускать некоторые сигналы, не пропускаемые, по меньшей мере, другим из фильтров 54. Такая конструкция - это один из способов ограничить распространение определенных сигналов лишь к определенным частям бурильной колонны 60.

В некоторых вариантах осуществления некоторые или все фильтры 54 имеют несколько полос пропускания. Например, все фильтры 54 могут иметь общую полосу пропускания. Сигналы, имеющие частоты в этой общей полосе пропускания, могут передаваться между любой парой комплектов 41 электронной аппаратуры, имеющих подсоединения к проводнику 22. Каждый фильтр 54 может также иметь одну или более полос пропускания, не общих для всех фильтров 54. Сигналы, имеющие частоты в этих не общих полосах пропускания, будут блокироваться в переводниках, в которых фильтр не пропускает частоты не общих полос пропускания.

Кроме того, проводник 22 может допускать подачу сигнала ЭМ-телеметрии между любыми разными наборами частей 60А, 60В, 60С, 60D. Например, генератор ЭМ-сигналов в одном из комплектов 41 электронной аппаратуры может подавать сигнал ЭМ-телеметрии между проводником 22 и частью, в которой расположен комплект 41 электронной аппаратуры. Выключатели в одном или нескольких других комплектах электронной аппаратуры могут замыкаться для соединения проводника 22 с одной или более другими частями. Поданный ЭМ-сигнал может генерировать электрические токи 19А и электрические поля 19В, которые могут обнаруживаться на поверхности.

Хотя и не показанный на фиг. 6, в отверстии бурильной колонны 60 может факультативно быть расположен зонд 24, как описано выше, в электрическом контакте с любой парой частей 60А, 60В, 60С и 60D. В некоторых вариантах осуществления один или более комплектов 41 электронной аппаратуры выполнены для генерирования сигналов, направляемых в зонд 24. Например, на фиг. 6А показано, как комплект 41А электронной аппаратуры может направлять сигналы в зонд 24, имеющий электрические контакты, электрически соединенные с частями 60А и 60В. Комплект 41А электронной аппаратуры подает сигнал между частью 60А и проводником 22. Выключатель или фильтр 65 в комплекте 41В электронной аппаратуры пропускает сигнал из проводника 22 в часть 60В. При этом сигнал подается на контакты 24А и 24В зонда 24. Электронная аппаратура в зонде 24 может обнаруживать сигнал.

При практической реализации настоящего изобретения возможен ряд вариантов. Хотя некоторые варианты осуществления описаны как имеющие компонент, такой как комплект электронной аппаратуры, ниже или выше по стволу скважины от другого элемента, такого как переводник, другие варианты осуществления могут вместо этого иметь такой же или подобный компонент, перемещенный в положение выше или ниже по стволу скважины (на другую сторону) другого элемента. Хотя в вышеописанных вариантах осуществления для соединения различных комплектов электронной аппаратуры используется один проводник 22, другие варианты осуществления могут иметь два или более проводников 22, проходящих через один или более переводников. Проводники 22 не обязательно являются непрерывными (способными проводить постоянный электрический ток по всей своей длине). В некоторых вариантах осуществления проводники 22 имеют конденсаторы и/или фильтры, соединенные последовательно с разными отрезками проводников.

На фиг. 7 показана бурильная колонна 70 в соответствии с еще одним приведенным в качестве примера вариантом осуществления, в которой сигнал распространяется через переводник. Зонд 24 в отверстии 73 бурильной колонны 70 подсоединен между верхней по стволу скважины частью 70А и нижней по стволу скважины частью 70В, разделенными переводниками 70С. Зонд 24 может подавать низкочастотный сигнал ЭМ-телеметрии на переводник 70С. Переводник 70С действует в качестве электрического изолятора (т.е. имеет высокое полное электрическое сопротивление) для тех сигналов.

Зонд 24 может подавать также сигналы более высокой частоты между верхней и нижней по стволу скважины частями 70А и 70В. Эти сигналы более высокой частоты могут обходить переводник 70С путем, содержащим датчик или другую электронную аппаратуру. В проиллюстрированном варианте осуществления цепь 75 датчика соединена последовательно с фильтром 76 между верхней по стволу скважины частью 70А и нижней по стволу скважины частью 70В. Фильтр 76 блокирует низкочастотные сигналы ЭМ-телеметрии.

Зонд 24 может опрашивать один или более датчиков в цепи 75 датчика, подавая высокочастотный сигнал между верхней по стволу скважины частью 70А и нижней по стволу скважины частью 70В.

Частота высокочастотного сигнала выбирается такой, чтобы он пропускаться фильтром 76. Цепь 75 датчика выполнена для модулирования высокочастотного сигнала так, чтобы кодировать показания датчика. Сигнал данных может подаваться непрерывно, периодически или повторно-кратковременно в зависимости от ситуации. Хотя цепь 75 датчика и фильтр 76 показаны как отдельные, функции поддержки датчика и предоставления фильтра для обеспечения прохождения сигнала данных (при этом обеспечивая высокое полное сопротивление низкочастотным сигналам ЭМ-телеметрии) могут быть объединены в одной цепи.

Кодирование сигнала данных может быть простым (например, изменение полного сопротивления, создаваемого сигналу данных, в зависимости от показания датчика) или более сложным (например, изменение тока сигнала, протекающего по цепи 75 датчика так, чтобы в изменениях тока кодировать циф-

ровые данные). Цепь 75 датчика может факультативно питаться электрической энергией, подаваемой сигналом. В еще одном варианте осуществления цепь 75 датчика запитывается установлением разности потенциалов постоянного тока на переводнике 70С. Например, для подачи напряжения постоянного тока между электрическими контактами 24А и 24В может быть выполнен аккумуляторный блок в зонде 24. Другие комплекты электронной аппаратуры, имеющие соединения с обеими сторонами переводника, могут получать питание от тока из аккумуляторного блока в зонде 24.

Датчик в цепи 75 датчика может быть любого подходящего типа. Например, датчик может представлять собой датчик гамма-излучения.

Бурильная колонна 70 может быть модифицирована добавлением одного или более дополнительных переводников между верхней по стволу скважины частью 70А и нижней по стволу скважины частью 70В. Путем выбора частоты сигнала, соответствующей полосе пропускания дополнительных переводников, зонд 24 может опрашивать цепь 75 датчика. Сигнал распространяется через дополнительные переводники.

На фиг. 7А показана часть бурильной колонны 70-1, подобной бурильной колонне 70, но содержащей три переводника 77А, 77В и 77С между верхней по стволу скважины частью 70А и нижней по стволу скважины частью 70В. Три фильтра 78, 79 и 80 подсоединены параллельно каждому переводнику. Фильтры 78, 79 и 80 имеют полосы пропускания, отличные друг от друга. Каждый переводник имеет фильтры 78, 79 и 80, обеспечивающие одинаковый набор полос пропускания. Цепь 75 датчика (отдельно обозначенная как 75А, 75В и 75С) соединена последовательно с одним фильтром в каждом переводнике. Цепь датчика в каждом переводнике соединена последовательно с фильтром, имеющим полосу пропускания, отличную от цепей датчиков в других переводниках. В проиллюстрированном варианте осуществления цепь 75А датчика соединена последовательно с фильтром 78 параллельно переводнику 77А; цепь 75В датчика соединена последовательно с фильтром 79 параллельно переводнику 77В и цепь 75С датчика соединена последовательно с фильтром 80 параллельно переводнику 77С.

Зонд 24 может избирательно опрашивать разные датчики 75А, 75В и 75С, выбирая разную частоту сигнала или комбинацию частот. Например, цепь 75А датчика может опрашиваться при выборе сигнала в полосе пропускания фильтра 78. Цепь 75В датчика может опрашиваться при выборе сигнала в полосе пропускания фильтра 79. Цепь 75С датчика может опрашиваться при выборе сигнала в полосе пропускания фильтра 80. Разные датчики могут опрашиваться одновременно или в разные моменты времени.

В некоторых вариантах осуществления бурильная колонна 12 может содержать больше одного узла 20 стыковочного переводника, расположенных на расстоянии друг от друга. Преимущественно верхний по стволу скважины один из узлов 20 стыковочного переводника расположен выше пласта, что плохо сказывается для ЭМ-телеметрии (например, пласта, имеющего высокую удельную электропроводность). Эти варианты осуществления могут быть преимущественными для обеспечения телеметрии с относительно низким шумом и малой мощностью на поверхность и с поверхности из комплекта электронной аппаратуры и в зонде, кармане и т.п., находящихся в верхнем по стволу скважины узле 20 стыковочного переводника. Другие узлы стыковочных переводников могут быть отдалены по бурильной колонне ниже самого верхнего узла стыковочного переводника на расстояния, достаточно малые для обеспечения надежной связи между комплектами электронной аппаратуры, расположенными в узлах стыковочных переводников. Например, узлы стыковочных переводников ниже самого верхнего узла стыковочного переводника могут быть разделены расстояниями порядка от приблизительно 10 м до приблизительно 1000 м. В некоторых вариантах осуществления узлы стыковочных переводников могут быть разделены расстояниями от 3 до 30 м.

Самый верхний комплект электронной аппаратуры и узел 20 стыковочного переводника могут быть отдалены от поверхности на большее расстояние по сравнению с их отдаленностью от узлов стыковочных переводников ниже его. В других вариантах осуществления узлы стыковочных переводников разнесены более или менее одинаково по бурильной колонне. В других вариантах осуществления узлы стыковочных переводников отдалены по бурильной колонне на расстояния, выбранные с учетом знания характеристик затухания окружающих пластов (узлы стыковочных переводников могут быть отдалены на меньшее расстояние в зонах, где затухание выше, и на большее расстояние отдалены в других зонах). В некоторых вариантах осуществления узлы стыковочных переводников отдалены на расстояния в диапазоне от 3 до 300 м, в некоторых вариантах осуществления от 3 до 50 м.

В некоторых вариантах осуществления узлы стыковочных переводников отдалены по бурильной колонне на достаточно малые расстояния, чтобы передавать данные из мест в скважине в КНБК или выше нее в поверхностное оборудование ЭМ-телеметрией, используя частоты в 100 Гц или выше. Хотя в скважинной среде эти высокие частоты могут значительно затухать, относительно близкое расположение узлов стыковочных переводников и связанных с ними приемников ЭМ-сигналов и генераторов ЭМ-сигналов позволяет принимать ЭМ-сигналы из одного из узлов стыковочных переводников в другом узле стыковочного переводника выше по стволу скважины до их слишком сильного затухания, чтобы их можно было легко обнаружить.

Одно из преимуществ отдаленных на относительно меньшие расстояния узлов стыковочных переводников и связанных с ними комплектов электронной аппаратуры по бурильной колонне заключается в

том, что данные могут передаваться на поверхность с использованием более высоких частот (и соизмеримо более высоких скоростей передачи данных), чем обычно практикуется для ЭМ-телеметрии из места в КНБК на поверхность за один интервал связи. Таким образом, такая система может обеспечить более быструю передачу данных на поверхность и/или более высокую скорость передачи данных, чем обычно возможно при использовании обычной системы ЭМ-телеметрии.

В некоторых вариантах осуществления некоторые или все секции бурильной колонны 12 электрически изолированы друг от друга узлами 20 стыковочных переводников и могут содержать один или более электрически изолированных карманов. Эти карманы могут использоваться для вмещения любого из скважинных датчиков, источников питания, приемопередатчиков, другого электрического оборудования, используемого при бурении скважины или их комбинации. Некоторые или все электрически изолирующие карманы могут электрически соединяться друг с другом параллельно узлам 20 стыковочных переводников для прямой электрической связи. Эта связь может устанавливаться с помощью прямой изолированной проводки, помещенной в каналах 20D, 20E, проходящих к переводнику в верхней по стволу скважины части 20А и нижней по стволу скважины части 20В каждого узла 20 стыковочного переводника по бурильной колонне 12. Каналы могут непосредственно соединять прилегающие карманы, разделенные одним переводником, или могут непосредственно соединять карманы, разделенные более чем одним переводником.

Как было описано выше, бурильная колонна может содержать несколько комплектов электронной аппаратуры, объединенных в сеть, по меньшей мере, частично сигналами, распространяющимися через переводники. Переводники могут факультативно использоваться для разделения частей бурильной колонны, используемых для передачи сигналов ЭМ-телеметрии. В некоторых вариантах осуществления комплекты электронной аппаратуры распределены по бурильной колонне. Некоторые или все комплекты электронной аппаратуры могут содержать датчики и/или подсоединяться для приема значений на выходе датчиков. Приведенные в качестве примеров варианты осуществления могут содержать датчики, измеряющие параметры, такие как крутящий момент, удар, вибрационное сопротивление, растяжение, сжатие, вращение и т.п., в местах, отдаленных по бурильной колонне. Собранная информация может передаваться на поверхность из одного или более комплектов электронной аппаратуры.

Факультативно, некоторые данные передаются на поверхность посредством двух или более комплектов электронной аппаратуры. Например, данные могут быть собраны в первом комплекте электронной аппаратуры и переданы во второй комплект электронной аппаратуры, как описано в настоящем документе. Первый комплект электронной аппаратуры может находиться достаточно глубоко в стволе скважины, что данные, которые он передает с данной частотой, не принимаются на поверхности. Данные могут быть приняты во втором комплекте электронной аппаратуры (например, с помощью любой из методик передачи данных, рассмотренных выше). Второй комплект электронной аппаратуры может повторно передавать данные на поверхность (возможно, вместе с данными, полученными датчиками во втором комплекте электронной аппаратуры, и/или данными, принятыми во втором комплекте электронной аппаратуры из одного или более дополнительных комплектов электронной аппаратуры). Второй комплект электронной аппаратуры может идентифицировать источник (источники) данных, которые он повторно передает. Например, разные источники (комплекты электронной аппаратуры) могут передавать данные во второй комплект электронной аппаратуры на разных частотах. Перед повторной передачей данных второй комплект электронной аппаратуры может метить данные для указания их источника. Перед повторной передачей данных второй комплект электронной аппаратуры может обрабатывать данные. Например, второй комплект электронной аппаратуры может сжимать данные из одного или более источников, рассчитывать средние значения или иные статистические свойства принятых данных (и передавать их) и т.д.

В некоторых вариантах осуществления данные передаются вверх бурильной колонны из нижних по стволу скважины комплектов электронной аппаратуры в самый дальний верхний по стволу скважины комплект электронной аппаратуры, который затем передает данные поверхностному оборудованию. Один или более комплектов электронной аппаратуры по пути могут факультативно собирать данные, источниками которых являются несколько комплектов электронной аппаратуры, в "суммативную телеметрию", содержащую все значения и соответствующие узлы, в которых эти значения были собраны. Разные комплекты электронной аппаратуры могут передавать данные, используя одинаковые и/или разные частоты, и/или схемы кодирования, и/или способы сжатия данных.

В вариантах осуществления изобретения может применяться любая подходящая схема для кодирования данных в сигнале ЭМ-телеметрии. Одной такой схемой является КФМн (квадратурная фазовая манипуляция). Другой схемой является ДФМн (двоичная фазовая манипуляция). В схеме кодирования ФМн (фазовой манипуляции) может использоваться ряд циклов (на текущей частоте) для передачи каждого символа. Количество циклов, используемых для передачи каждого символа, можно изменять. Например, в средах с низким уровнем шума можно успешно передавать символы ЭМ-телеметрии с использованием двух циклов на символ. В средах с более высоким уровнем шума для передачи каждого символа может быть желательным или необходимым использовать три цикла (или более). В некоторых вариантах осуществления количество циклов, используемых для кодирования символа, выбирается на осно-

вании измеренного отношения сигнал/шум (ОСШ) в последнем свипировании. Другие схемы кодирования включают ЧМн (частотная манипуляция), КАМн (квадратурная амплитудная манипуляция), АМн-8 (8-амплитудная манипуляция), АФМн (амплитудно-фазовая манипуляция) и т.д. Для передачи данных могут применяться схемы, использующие любые подходящие комбинации изменений фазы, амплитуды, времени импульсов и/или частоты.

В некоторых вариантах осуществления комплект электронной аппаратуры, который собирает данные для передачи в поверхностное оборудование, может быть выполнен для добавления дополнительных данных, таких как узел (расположение в глубину в КНБК), информация, относящаяся к передаче на конкретной частоте, какую он принимает (например, информация, идентифицирующая частоту и соответствующий узел (переводник или комплект электронной аппаратуры), к которому эта частота относится). Сила сигнала передач принятых данных на разных частотах может также быть зарегистрирована и передана в поверхностное оборудование.

В соответствии с еще одним аспектом настоящего изобретения предлагаются способы передачи данных через переводник в узле стыковочного переводника. В соответствии с одним приведенным в качестве примера вариантом осуществления способ включает обеспечение стыковочного переводника, имеющего верхнюю по стволу скважины часть 20А и нижнюю по стволу скважины часть 20В, разделенные электрически изолирующим переводником 20С. Переводник 20С наполнен подходящим диэлектрическим материалом. Способ включает подачу низкочастотного сигнала переменного тока на переводник для осуществления ЭМ-телеметрии и одновременно или в другой момент времени подачу на переводник сигнала более высокой частоты, имеющего частоту, достаточную для прохождения переводника. Способ может включать модулирование поданного сигнала более высокой частоты для кодирования показания датчика. Кодированное показание датчика может приниматься комплектом электронной аппаратуры в зонде, кармане и т.п. и интерпретироваться, передаваться и т.п.

В соответствии с еще одним аспектом изобретения предлагается способ телеметрии данных из скважинного комплекта электронной аппаратуры, подсоединенного для подачи сигналов ЭМ-телеметрии на переводник в бурильной колонне. Переводник может представлять собой стыковочный переводник, включенный в бурильную колонну. Один или более других переводников расположены ниже по стволу скважины от комплекта электронной аппаратуры. Другие переводники обеспечивают полное электрическое сопротивление на частотах сигналов ЭМ-телеметрии. Способ включает замыкание выключателей для уменьшения полного электрического сопротивления других переводников, по меньшей мере, на частотах сигналов ЭМ-телеметрии. Выключатели могут замыкаться для создания цепей короткого замыкания через другие переводники. В одном приведенном в качестве примера варианте осуществления выключатели регулируются электрически и автоматически замыкаются в ответ на сигнал или сигналы из комплекта электронной аппаратуры. В некоторых вариантах осуществления выключатели автоматически замыкаются в ответ на обнаружение сигналов ЭМ-телеметрии.

В другом (ниже по стволу скважины) переводнике или других переводниках схемы управления могут осуществлять контроль для обнаружения сигналов через переводник или переводники. В ответ на обнаружение сигнала с частотой, соответствующей сигналам ЭМ-телеметрии, схемы управления могут замыкать выключатели на некоторый период времени.

В некоторых вариантах осуществления бурильная колонна может содержать ряд переводников, последовательно передающих данные, пока данные не будут приняты в поверхностном оборудовании. В некоторых таких вариантах осуществления способ включает замыкание выключателей для уменьшения полного сопротивления других переводников ниже по стволу скважины от переводника, из которого в настоящий момент передаются данные. Данные последовательно повторно передаются с помощью переводников выше по стволу скважины от замкнутых выключателей. Как уже отмечалось, данные при их передаче вверх по стволу скважины могут объединяться с другими данными.

Разные генераторы сигналов ЭМ-телеметрии могут быть выполнены для генерирования различных сигналов ЭМ-телеметрии (например, сигналов разных частот). Схемы управления в переводниках по бурильной колонне могут быть выполнены для определения, замыкать или не замыкать выключатель для уменьшения полного сопротивления соответствующего переводника на основании анализа принятых сигналов ЭМ-телеметрии. В одном альтернативном варианте осуществления генераторы сигналов ЭМ-телеметрии выполнены для генерирования управляющих сигналов, которые принимаются в схемах управления в других переводниках и используются этими схемами управления для определения, замыкать или не замыкать выключатель для изменения полного электрического сопротивления соответствующего переводника. Управляющие сигналы могут отличаться (по частоте и/или в других отношениях) от сигналов ЭМ-телеметрии.

Различные варианты осуществления, описанные выше, содержат проводник 22, проходящий по бурильной колонне. Проводник 22 может пересекать один или более переводников. Нет необходимости в том, чтобы проводник 22 проходил по всей длине бурильной колонны 12. В некоторых вариантах осуществления проводник 22 проходит лишь в узле стыковочного переводника для обеспечения пути тока между электронной аппаратурой по обе стороны переводника. В некоторых вариантах осуществления проводник 22 проходит по части бурильной колонны 12, короткой относительно общей длины бурильной

колонны. В некоторых вариантах осуществления проводник 22 проходит по КНБК и соединяет различные комплекты электронной аппаратуры в КНБК и вокруг нее. В некоторых вариантах осуществления бурильная колонна имеет несколько проводников 22, каждый из которых проходит по части бурильной колонны.

Предлагается целый ряд конструкций для установления сигнальных соединений между скважинными комплектами электронной аппаратуры и/или между скважинными комплектами электронной аппаратуры и поверхностным оборудованием. Они включают, без ограничения, соединения параллельно электрически изолирующим переводникам в бурильной колонне, реализованные посредством изолированных электрических проводников, фильтров, индуктивных связей, выключателей и непосредственной передачи (например, с использованием электрических свойств переводника в качестве фильтра верхних частот). Дополнительные компоненты, такие как фильтры, выключатели, датчики и т.д., могут предусматриваться в самом переводнике, в кармане, образованном рядом с переводником, в зонде, перекрывающем переводник, и/или в гильзе в отверстии бурильной колонны, перекрывающей переводник. Эти соединения могут применяться по отдельности или в сочетании в любых подходящих комбинациях для обеспечения требуемой сигнальной связности. Приведенные в качестве примеров варианты осуществления, описанные в настоящем документе и проиллюстрированные на графических материалах, не имеют своей целью проиллюстрировать весь комплекс возможных комбинаций описанных технологий сигнальных взаимосоединений. Специалисты в данной области техники, к которой относится изобретение, поймут, что в скважинной системе для конкретного применения для установления связи между разной скважинной электронной аппаратурой могут использоваться одна из этих технологий или их любая комбинация или подкомбинация.

Хотя настоящее изобретение представлено путем описания нескольких вариантов осуществления, и хотя эти иллюстративные варианты осуществления подробно описаны, заявители вовсе не намереваются сузить или каким-либо образом ограничить объем прилагаемой формулы изобретения этими подробностями. Специалистам в данной области техники, к которой относится изобретение, будут очевидны дополнительные преимущества и модификации в пределах объема прилагаемой формулы изобретения. Следовательно, в своих более широких аспектах изобретение не ограничивается конкретными деталями, показательными устройством и способами и показанными и описанными иллюстративными примерами.

Определенные модификации, перестановки, добавления и их подкомбинации являются патентоспособными и полезными и являются частью изобретения. Поэтому подразумевается, что следующая прилагаемая формула изобретения и позднее представленные пункты формулы изобретения интерпретируются как включающие все такие модификации, перестановки, дополнения и подкомбинации как находящиеся в пределах сущности и объема формулы изобретения.

Интерпретация выражений.

Слово "переводник", используемое в настоящем документе, означает переводник удельной электропроводности бурильной колонны, зонда или иной конструкции, по меньшей мере, при некоторой частоте или в некоторой полосе частот. Термин "переводник" не требует физического просвета или отсутствия вещества. Переводник может, например, создаваться диэлектрическим материалом, обеспечивающим механическое соединение между двумя электропроводными частями бурильной колонны или секции бурильной колонны. Переводник может представлять собой стыковочный переводник, выполненный для включения в бурильную колонну.

Если контекст явно не требует иного, по всему тексту описания и формулы изобретения:

выражения "содержать", "содержащий" и т.п. необходимо понимать во включающем смысле в отличие от исключающего или исчерпывающего смысла; то есть в смысле "включая, но без ограничения";

выражения "подсоединенный", "связанный" или любой их вариант означают любое соединение или связь, прямую или косвенную, между двумя или более элементами; связь или соединение между элементами могут быть физическими, логическими или их сочетанием;

выражения "в настоящем документе", "выше", "ниже" и слова подобного смысла при использовании для описания настоящего изобретения должны относиться к описанию настоящего изобретения в целом, а не к каким-либо конкретным частям описания настоящего изобретения;

выражение "или" при ссылке на перечень из двух или более элементов охватывает все следующие интерпретации этого слова: любой элемент в перечне, все элементы в перечне и любое сочетание элементов в перечне;

формы единственного числа включают также значение любых подходящих форм множественного числа.

Слова, указывающие направления, такие как "вертикальный", "поперечный", "горизонтальный", "вверх", "вниз", "вперед", "назад", "внутренний", "наружный", "вертикальный", "поперечный", "левый", "правый", "передний", "задний", "верхний", "нижний", "вверху", "внизу", "ниже", "выше", "под" и т.п., используемые в настоящем описании и любых пунктах формулы изобретения (если используются), зависят от конкретной ориентации описанного и проиллюстрированного устройства. Объект изобретения, описанный в настоящем документе, может принимать различные альтернативные ориентации. Соответственно эти связанные с направлением термины не определены строго и не должны интерпретироваться

в узком смысле.

Когда выше производится ссылка на какой-либо компонент (например, узел, цепь, тело, устройство, компонент буровой колонны, систему буровой установки и т.д.), то, если не указано иное, ссылка на этот компонент (включая ссылку на "средства") должна интерпретироваться как включающая эквиваленты этого компонента, любой компонент, выполняющий функцию описываемого компонента (т.е. функционально эквивалентный), включая компоненты, конструктивно не эквивалентные раскрытой конструкции, выполняющей эту функцию в представленных иллюстративных вариантах осуществления настоящего изобретения.

Конкретные примеры систем, способов и устройства описаны в настоящем документе в целях иллюстрации. Они представляют собой лишь примеры. Технология, предлагаемая в настоящем документе, может быть применимой к другим системам, отличным от описанных выше примерных систем. В пределах практического осуществления настоящего изобретения возможны многие изменения, модификации, дополнения, исключения и перестановки. Настоящее изобретение включает изменения описанных вариантов осуществления, очевидные специалистам в данной области техники, к которой относится изобретение, включая изменения, полученные путем замены признаков, элементов и/или действий эквивалентными признаками, элементами и/или действиями; смешивания и совмещения признаков, элементов и/или действий из других вариантов осуществления; сочетания признаков, элементов и/или действий из вариантов осуществления, описанных в настоящем документе, с признаками, элементами и/или действиями другой технологии; и/или исключения сочетания признаков, элементов и/или действий из описанных вариантов осуществления.

Поэтому подразумеваются, что последующая прилагаемая формула изобретения и позднее представленные пункты формулы изобретения необходимо интерпретировать как включающие все такие модификации, перестановки, дополнения, исключения и подкомбинации, которые могут быть обоснованно выведены. Объем формулы изобретения не должен ограничиваться предпочтительными вариантами осуществления, изложенными в примерах, напротив, ему следует придавать самую широкую интерпретацию, согласующуюся с описанием в целом.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Узел стыковочного переводника, содержащий
трубчатое тело, имеющее первую муфту на своем верхнем по стволу скважины конце, вторую муфту на своем нижнем по стволу скважины конце и отверстие, проходящее между первой и второй муфтами, причем тело содержит
электропроводную верхнюю по стволу скважины часть и электропроводную нижнюю по стволу скважины часть, разделенные электрически изолирующим переводником, и
электрический фильтр верхних частот или полосовой фильтр, электрически подсоединенный между электропроводной верхней по стволу скважины частью и электропроводной нижней по стволу скважины частью.
2. Узел стыковочного переводника по п.1, отличающийся тем, что фильтр содержит один или более конденсаторов, подсоединенных между электропроводной верхней по стволу скважины частью и электропроводной нижней по стволу скважины частью.
3. Узел стыковочного переводника по п.1, отличающийся тем, что фильтр содержит индуктивную связь.
4. Узел стыковочного переводника по п.1, отличающийся тем, что содержит цепь датчика, соединенную последовательно с фильтром.
5. Система ЭМ-телеметрии, содержащая
узел стыковочного переводника по п.1;
генератор сигналов ЭМ-телеметрии, подсоединенный для подачи низкочастотного сигнала ЭМ-телеметрии между верхней по стволу скважины частью и нижней по стволу скважины частью; и
генератор сигналов данных, подсоединенный для передачи сигнала данных более высокой частоты через переводник, причем сигнал данных имеет частоты выше, чем сигнал ЭМ-телеметрии, при которых переводник имеет сниженное полное сопротивление.
6. Система ЭМ-телеметрии по п.5, отличающаяся тем, что фильтр содержит один или более конденсаторов, подсоединенных между электропроводной верхней по стволу скважины частью и электропроводной нижней по стволу скважины частью.
7. Система ЭМ-телеметрии по п.5, отличающаяся тем, что фильтр содержит индуктивную связь.
8. Система ЭМ-телеметрии по п.5, отличающаяся тем, что содержит цепь датчика, соединенную последовательно с фильтром.
9. Система ЭМ-телеметрии по любому из пп.5-8, отличающаяся тем, что генератор сигналов ЭМ-телеметрии расположен в зонде в отверстии узла стыковочного переводника, причем зонд имеет клеммы, находящиеся в электрическом контакте с верхней и нижней по стволу скважины частями.
10. Скважинная система для передачи сигналов, несущих данные, в скважинной среде, содержащая

бурильную колонну, содержащую несколько узлов стыковочного переводника по любому из пп.1-4, разнесенных по бурильной колонне, и

несколько генераторов сигналов ЭМ-телеметрии, причем каждый из нескольких генераторов ЭМ-сигналов подсоединен для подачи сигнала ЭМ-телеметрии через соответствующий переводник нескольких узлов стыковочного переводника;

при этом первый из переводников имеет самое высокое первое полное электрическое сопротивление в первой полосе частот, первый из генераторов сигналов ЭМ-телеметрии из нескольких генераторов ЭМ-сигналов выполнен для передачи сигналов ЭМ-телеметрии в первой полосе частот и подсоединен для подачи сигналов ЭМ-телеметрии в первой полосе частот на первый из переводников, а другие из нескольких переводников имеют полные электрические сопротивления в первой полосе частот ниже первого полного электрического сопротивления.

11. Скважинная система по п.10, отличающаяся тем, что каждый из других нескольких переводников имеет высокое полное электрическое сопротивление в полосе частот, соответствующей переводнику, а генератор сигналов ЭМ-телеметрии, соответствующий переводнику, выполнен для передачи сигналов ЭМ-телеметрии в полосе частот, соответствующей переводнику.

12. Скважинная система по п.11, отличающаяся тем, что содержит приемник ЭМ-телеметрии, подсоединенный параллельно первому из переводников.

13. Скважинная система по п.11, отличающаяся тем, что один из других нескольких переводников содержит приемник ЭМ-телеметрии, подсоединенный параллельно переводнику.

14. Скважинная система по п.10, где электрический фильтр, подсоединенный параллельно каждому из других нескольких переводников, выполнен для пропуска первой полосы частот.

15. Скважинная система по п.14, отличающаяся тем, что другие из нескольких переводников представляют собой по меньшей мере два переводника, при этом электрические фильтры, подсоединенные параллельно по меньшей мере двум переводникам, имеют характеристики фильтра, отличные друг от друга.

16. Скважинная система по п.15, отличающаяся тем, что электрические фильтры, подсоединенные параллельно по меньшей мере двум переводникам, представляют собой по меньшей мере один фильтр нижних частот и по меньшей мере один полосовой фильтр.

17. Скважинная система по п.14, отличающаяся тем, что другие из нескольких переводников представляют собой по меньшей мере один переводник, а электрический фильтр, подсоединенный параллельно по меньшей мере одному переводнику, представляет собой фильтр нижних частот.

18. Скважинная система по п.17, отличающаяся тем, что фильтр нижних частот имеет полосу пропускания, достигающую по меньшей мере 20 Гц.

19. Скважинная система по п.10, отличающаяся тем, что первый из переводников расположен выше по стволу скважины в бурильной колонне относительно других переводников.

20. Скважинная система по п.11, отличающаяся тем, что содержит первый приемник ЭМ-телеметрии в первом из переводников.

21. Скважинная система по п.20, отличающаяся тем, что содержит первый комплект электронной аппаратуры, подсоединенный к первому генератору сигналов ЭМ-телеметрии и первому приемнику ЭМ-телеметрии, и второй комплект электронной аппаратуры, подсоединенный ко второму генератору сигналов ЭМ-телеметрии из нескольких генераторов ЭМ-сигналов, связанному со вторым из переводников.

22. Скважинная система по п.21, отличающаяся тем, что второй комплект электронной аппаратуры выполнен для управления вторым передатчиком ЭМ-телеметрии для передачи вторых данных, содержащих одно или более вторых значений, на второй частоте, при этом первый комплект электронной аппаратуры выполнен для приема вторых данных из первого приемника ЭМ-телеметрии для объединения одного или более первых значений с одним или более вторыми значениями для получения первых данных и для передачи первых данных на первой частоте в первой полосе частот, отличной от второй частоты, с использованием первого передатчика ЭМ-телеметрии.

23. Скважинная система по п.22, отличающаяся тем, что первый комплект электронной аппаратуры выполнен для включения в первые данные информации, идентифицирующей по меньшей мере одно из второй частоты и второго комплекта электронной аппаратуры.

24. Скважинная система по любому из пп.10-23, отличающаяся тем, что содержит выключатель с электрическим управлением, подсоединенный параллельно одному из переводников.

25. Скважинная система по п.24, отличающаяся тем, что содержит фильтр, соединенный последовательно с выключателем с электрическим управлением.

26. Скважинная система по п.24 или 25, отличающаяся тем, что содержит датчик или цепь датчика, соединенную последовательно с выключателем с электрическим управлением.

27. Скважинная система для передачи сигналов, несущих данные, в скважинной среде, содержащая несколько комплектов электронной аппаратуры, связанных с бурильной колонной в местах, отдаленных друг от друга по бурильной колонне, комплекты электронной аппаратуры, объединенные в сеть, по меньшей мере, частично сигналами, распространяющимися через переводники узла стыковочного переводника по любому из пп.1-4, причем каждый из нескольких комплектов электронной аппаратуры со-

держит генератор сигналов ЭМ-телеметрии, причем несколько комплектов электронной аппаратуры содержат по меньшей мере

первый комплект электронной аппаратуры, выполненный для генерирования первых ЭМ-сигналов посредством соответствующего генератора сигналов ЭМ-телеметрии с первой частотой или первым набором частот, причем первые ЭМ-сигналы кодируют первые данные; и

второй комплект электронной аппаратуры, содержащий детектор ЭМ-сигналов, выполненный для приема первых ЭМ-сигналов, причем второй комплект электронной аппаратуры дополнительно выполнен для генерирования вторых ЭМ-сигналов посредством соответствующего генератора сигналов ЭМ-телеметрии со второй частотой или вторым набором частот, отличным от первой частоты или первого набора частот, причем вторые ЭМ-сигналы кодируют первые данные.

28. Скважинная система по п.27, отличающаяся тем, что второй комплект электронной аппаратуры содержит один или более датчиков и выполнен для кодирования данных, относящихся к показаниям одного или более датчиков, во вторых ЭМ-сигналах.

29. Скважинная система по п.27 отличающаяся тем, что второй комплект электронной аппаратуры выполнен для кодирования во вторых ЭМ-сигналах данных, указывающих источник первых данных на основании первой частоты или первого набора частот.

30. Скважинная система по п.27, отличающаяся тем, что первый комплект электронной аппаратуры выполнен для кодирования первых данных в первом ЭМ-сигнале с использованием первой схемы кодирования, а второй комплект электронной аппаратуры выполнен для кодирования данных во втором ЭМ-сигнале с использованием второй схемы кодирования, отличной от первой схемы кодирования.

31. Скважинная система по п.30, отличающаяся тем, что первая схема кодирования выбрана из группы, состоящей из ЧМн, ФМн, КФМн, ДФМн, АФМн и АМн-8.

32. Скважинная система по любому из пп.27-31, отличающаяся тем, что первый и второй комплекты электронной аппаратуры отделены расстоянием в диапазоне от 3 до 200 м.

33. Скважинная система по любому из пп.27-32, отличающаяся тем, что вторая частота ниже первой частоты.

34. Скважинная система по п.33, отличающаяся тем, что вторая частота равна 20 Гц или ниже.

35. Скважинная система по п.34, отличающаяся тем, что первая частота равна 100 Гц или выше.

36. Скважинная система по любому из пп.27-35, отличающаяся тем, что генератор ЭМ-сигналов первого комплекта электронной аппаратуры подсоединен параллельно первому переводнику, разделяющему электропроводные секции бурильной колонны по обе стороны первого переводника, а генератор ЭМ-сигналов второго комплекта электронной аппаратуры подсоединен параллельно второму переводнику, разделяющему электропроводные секции бурильной колонны по обе стороны второго переводника.

37. Скважинная система по п.36, отличающаяся тем, что первый переводник обеспечивает более высокое полное электрическое сопротивление на первой частоте или в первом наборе и более низкое полное электрическое сопротивление на второй частоте или во втором наборе частот.

38. Скважинная система по п.37, отличающаяся тем, что содержит электрический фильтр, подсоединенный параллельно первому переводнику, причем электрический фильтр выполнен для пропуска второй частоты или второго набора частот.

39. Скважинная система по п.38, отличающаяся тем, что электрический фильтр представляет собой фильтр нижних частот.

40. Скважинная система по п.39, отличающаяся тем, что фильтр нижних частот содержит конденсатор, подсоединенный параллельно первому переводнику.

41. Скважинная система по п.27, отличающаяся тем, что несколько комплектов электронной аппаратуры содержат третий комплект электронной аппаратуры, выполненный для генерирования третьих ЭМ-сигналов посредством соответствующего генератора сигналов ЭМ-телеметрии на третьей частоте или в третьем наборе частот, причем третьи ЭМ-сигналы кодируют третьи данные, при этом детектор ЭМ-сигналов выполнен для приема третьих ЭМ-сигналов и второй комплект электронной аппаратуры выполнен для кодирования третьих данных во вторых ЭМ-сигналах.

42. Скважинная система по п.41, отличающаяся тем, что генератор ЭМ-сигналов первого комплекта электронной аппаратуры подсоединен параллельно первому переводнику, разделяющему электропроводные секции бурильной колонны по обе стороны от первого переводника, генератор ЭМ-сигналов второго комплекта электронной аппаратуры подсоединен параллельно второму переводнику, разделяющему электропроводные секции бурильной колонны по обе стороны от второго переводника, а генератор ЭМ-сигналов третьего комплекта электронной аппаратуры подсоединен параллельно третьему переводнику, разделяющему электропроводные секции бурильной колонны по обе стороны от третьего переводника.

43. Скважинная система по п.42, отличающаяся тем, что первый переводник обеспечивает более высокое полное электрическое сопротивление на первой частоте или в первом наборе частот и более низкое полное электрическое сопротивление на второй частоте или во втором наборе частот и на третьей частоте или в третьем наборе частот.

44. Скважинная система по п.43, отличающаяся тем, что третий переводник обеспечивает более высокое полное электрическое сопротивление на третьей частоте или в третьем наборе частот и более низ-

кое полное электрическое сопротивление на второй частоте или во втором наборе частот и на первой частоте или в первом наборе частот.

45. Скважинная система по п.27, отличающаяся тем, что несколько комплектов электронной аппаратуры содержат комплекты электронной аппаратуры ниже по стволу скважины от второго комплекта электронной аппаратуры и отдалены друг от друга на расстояния менее 300 м во всей части бурильной колонны между вторым комплектом электронной аппаратуры и компоновкой низа бурильной колонны.

46. Скважинная система по п.45, отличающаяся тем, что комплекты электронной аппаратуры ниже второго комплекта электронной аппаратуры выполнены для передачи данных из датчиков, расположенных в компоновке низа бурильной колонны, во второй комплект электронной аппаратуры посредством ЭМ-сигналов, имеющих частоты выше 100 Гц.

47. Скважинная система для передачи сигналов, несущих данные, в скважинной среде, содержащая несколько комплектов электронной аппаратуры, связанных с бурильной колонной в местах, отдаленных друг от друга по бурильной колонне, комплекты электронной аппаратуры, объединенные в сеть, по меньшей мере, частично сигналами, распространяющимися через переводники узла стыкового переводника по любому из пп.1-4, причем каждый из нескольких комплектов электронной аппаратуры содержит генератор сигналов ЭМ-телеметрии, имеющий первый и второй выходы, подсоединенные к электропроводным секциям бурильной колонны, разделенным переводником, обеспечивающим повышенное полное электрическое сопротивление по сравнению с электропроводными секциями на частоте передачи генератора сигналов ЭМ-телеметрии.

48. Скважинная система по п.47, отличающаяся тем, что переводники отдалены на расстояния в диапазоне от 3 до 300 м.

49. Скважинная система по п.48, отличающаяся тем, что часть бурильной колонны, проходящая от поверхности до компоновки низа бурильной колонны (КНБК), содержит по меньшей мере один из нескольких комплектов электронной аппаратуры и соответственный один из переводников через каждые 300 м по части бурильной колонны.

50. Скважинная система по п.49, отличающаяся тем, что генераторы ЭМ-сигналов нескольких комплектов электронной аппаратуры работают на частотах по меньшей мере в 50 Гц.

51. Скважинная система по п.50, отличающаяся тем, что каждый из нескольких комплектов электронной аппаратуры выполнен для приема сигналов ЭМ-телеметрии, кодирующих данные из одного или более других нескольких комплектов электронной аппаратуры, и для передачи сигналов ЭМ-телеметрии, содержащих, по меньшей мере, некоторые из данных.

52. Скважинная система по п.49, отличающаяся тем, что содержит несколько датчиков в компоновке низа бурильной колонны, при этом система выполнена для передачи данных из датчиков поверхностному оборудованию путем пересылки данных между несколькими комплектами электронной аппаратуры ЭМ-телеметрией, работающей на частотах по меньшей мере в 50 Гц.

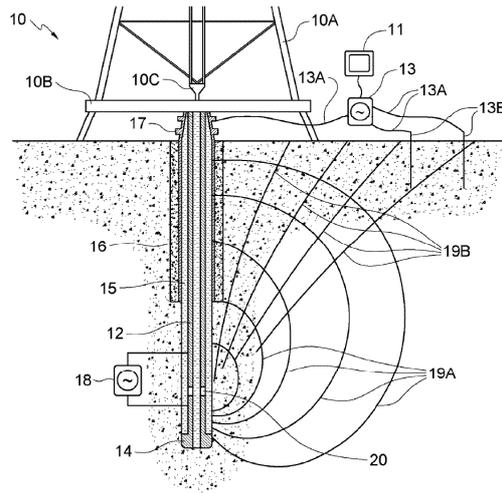
53. Скважинная система по п.49, отличающаяся тем, что генераторы сигналов ЭМ-телеметрии соседних из нескольких комплектов электронной аппаратуры выполнены для генерирования сигналов ЭМ-телеметрии, имеющих разные частоты или разные наборы частот.

54. Скважинная система по п.53, отличающаяся тем, что для каждого из нескольких комплектов электронной аппаратуры генератор сигналов ЭМ-телеметрии выполнен для работы на частоте или в наборе частот, а переводники, связанные с теми другими несколькими комплектами электронной аппаратуры, находящимися ниже по стволу скважины от комплекта электронной аппаратуры, выполнены имеющими сниженное полное сопротивление на частоте или в наборе частот.

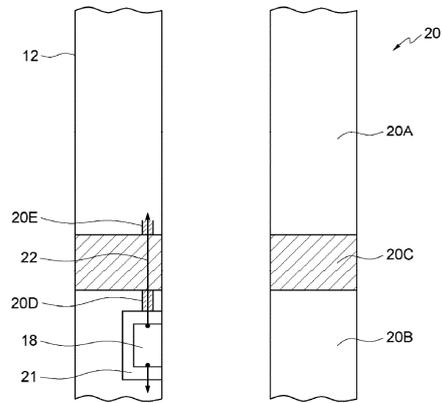
55. Скважинная система по п.54, отличающаяся тем, что один или более переводников, связанных с теми другими несколькими комплектами электронной аппаратуры, находящимися ниже по стволу скважины от комплекта электронной аппаратуры, имеют соответствующий фильтр, подсоединенный параллельно ему, причем фильтр имеет полосу пропускания, включающую частоту или набор частот.

56. Скважинная система по п.47, отличающаяся тем, что содержит выключатель с электрическим управлением, подсоединенный параллельно одному из переводников, и схему управления, подсоединенную для управления выключателем с электрическим управлением, при этом схема управления выполнена для замыкания выключателя с электрическим управлением в ответ на обнаружение сигнала на частоте передачи генератора сигналов ЭМ-телеметрии, подсоединенного параллельно другому из переводников.

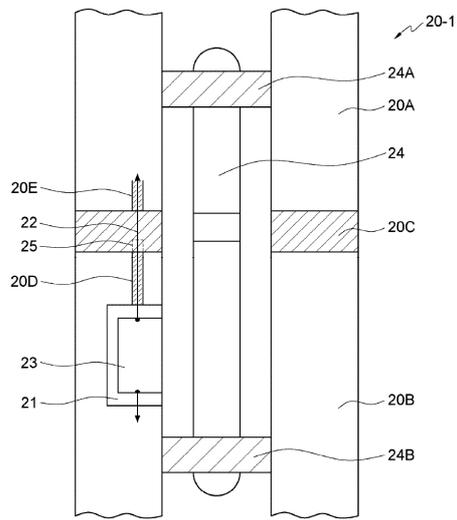
57. Скважинная система по п.47, отличающаяся тем, что каждый из нескольких переводников ниже по стволу скважины от одного из генераторов сигналов ЭМ-телеметрии имеет выключатель с электрическим управлением, подсоединенный параллельно ему, и схему управления, подсоединенную для управления выключателем с электрическим управлением, при этом схема управления выполнена для замыкания выключателя с электрическим управлением в ответ на обнаружение сигнала на соответствующем переводнике.



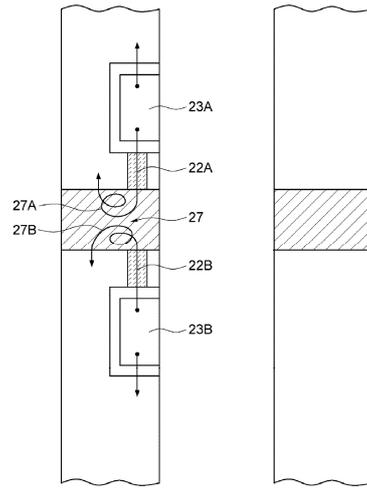
Фиг. 1



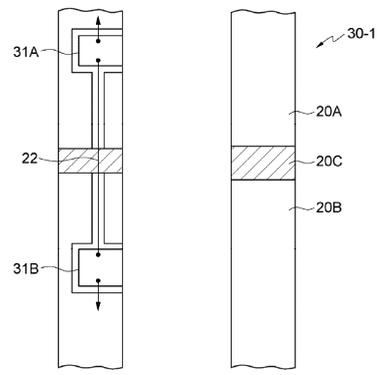
Фиг. 2



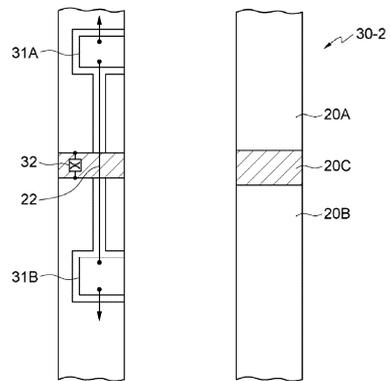
Фиг. 2А



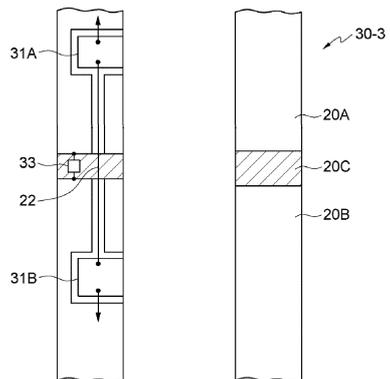
Фиг. 2В



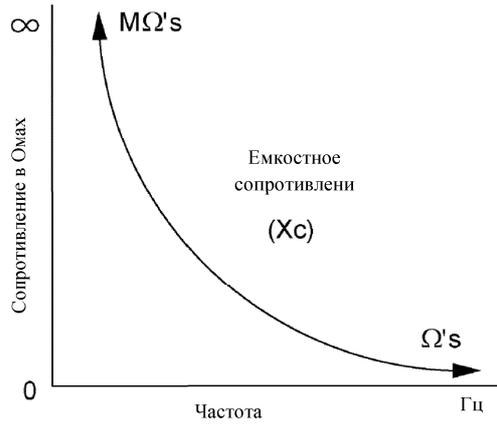
Фиг. 3А



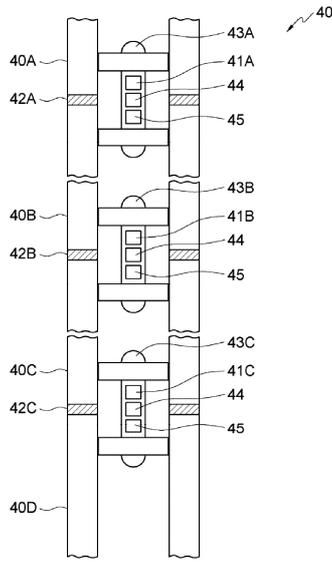
Фиг. 3В



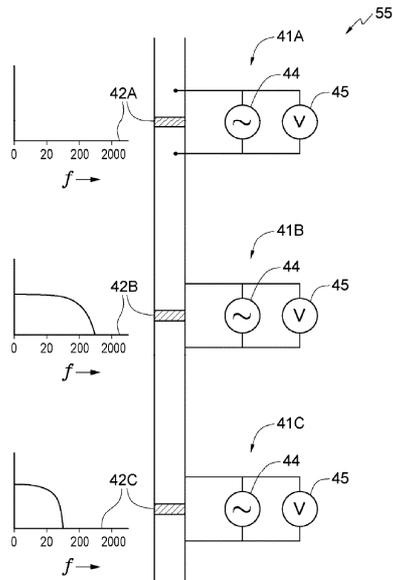
Фиг. 3С



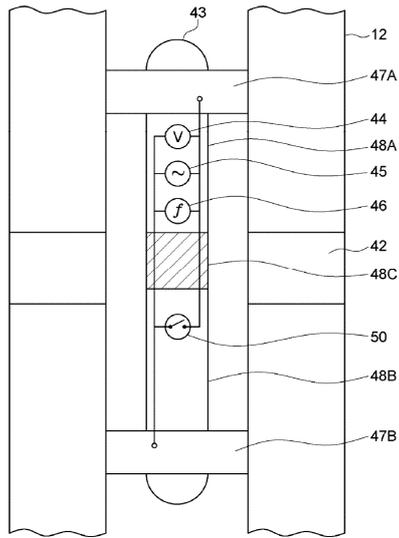
Фиг. 4



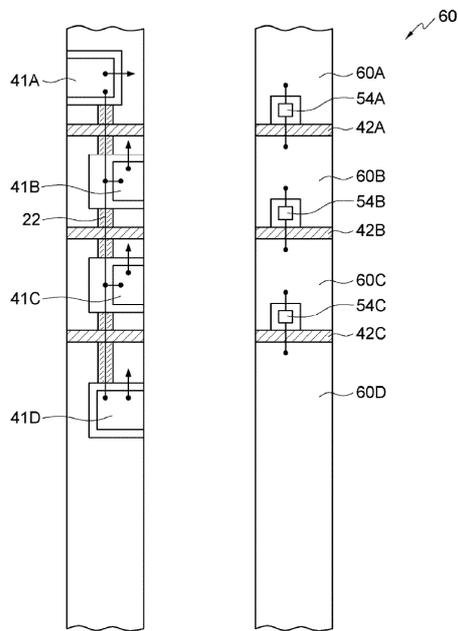
Фиг. 5



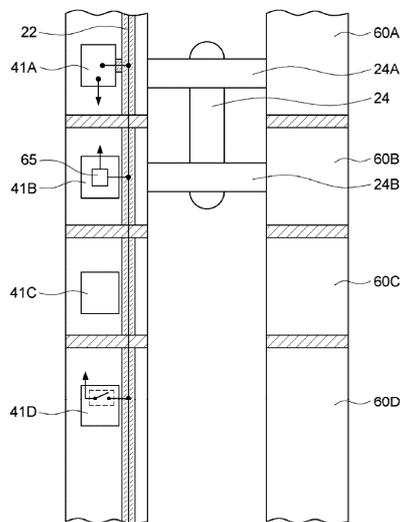
Фиг. 5А



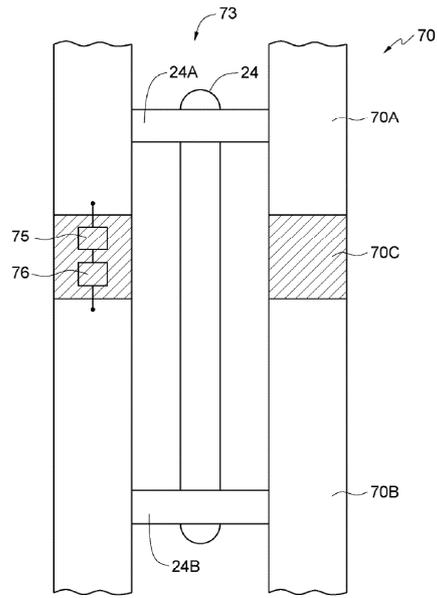
Фиг. 5B



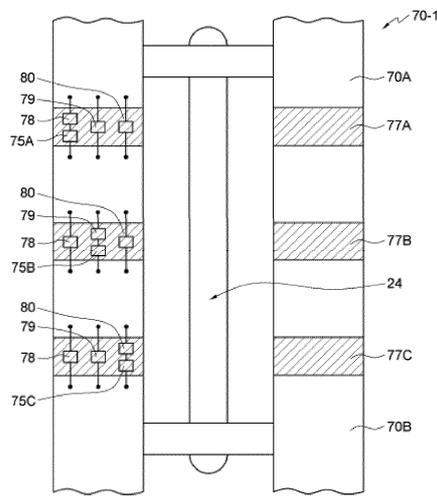
Фиг. 6



Фиг. 6A



Фиг. 7



Фиг. 7А

