

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **046359**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.03.06**

(21) Номер заявки  
**202092801**

(22) Дата подачи заявки  
**2019.06.18**

(51) Int. Cl. **E21B 33/127** (2006.01)  
**E21B 47/12** (2012.01)  
**E21B 41/00** (2006.01)

---

(54) **СКВАЖИННАЯ ПЕРЕДАЮЩАЯ СИСТЕМА**

---

(31) **18178567.6**

(32) **2018.06.19**

(33) **EP**

(43) **2021.03.19**

(86) **PCT/EP2019/066015**

(87) **WO 2019/243333 2019.12.26**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ВЕЛЛТЕК ОЙЛФИЛД СОЛЮШНС  
АГ (CH)**

(72) Изобретатель:  
**Несгор Карстен (CH)**

(74) Представитель:  
**Харин А.В., Буре Н.Н., Стойко Г.В.,  
Галухина Д.В. (RU)**

(56) **US-A1-2007235185  
WO-A2-2009040510  
US-A1-2004238166  
US-A1-2010101786  
US-A-4901069  
US-A1-2017350197  
US-A1-2010052941  
EP-A1-2990593**

---

(57) Изобретение относится к скважинной передающей системе для передачи данных через скважинную трубчатую металлическую конструкцию, расположенную в стволе скважины, содержащей скважинную трубчатую металлическую конструкцию, имеющую осевое направление и расположенную в стволе скважины с созданием затрубного пространства между стволом скважины и скважинной трубчатой металлической конструкцией; приемо-передающий узел, содержащий трубчатую металлическую часть, установленную как часть скважинной трубчатой металлической конструкции, причем трубчатая металлическая часть имеет внутреннюю поверхность, наружную поверхность и стенку, проводящую обмотку узла, такую как медное кольцо, соединенную с внутренней поверхностью, энергопотребляющее устройство, такое как датчик, расположенное в затрубном пространстве и соединенное с наружной поверхностью, причем энергопотребляющее устройство соединено с проводящей обмоткой узла посредством электрического проводника; скважинный инструмент, содержащий корпус инструмента, наружную поверхность корпуса инструмента и проводящую обмотку инструмента; причем проводящая обмотка узла имеет осевую протяженность вдоль осевого направления и радиальную протяженность перпендикулярно осевой протяженности, причем осевая протяженность по меньшей мере на 50% больше радиальной протяженности.

---

**046359**  
**B1**

**046359**  
**B1**

Изобретение относится к скважинной передающей системе для передачи данных через скважинную трубчатую металлическую конструкцию, расположенную в стволе скважины.

При управлении и оптимизации добычи нефти из скважины оператору необходимо получать информацию о том, что протекает через различные продуктивные зоны в скважине. Одним из способов получения такой информации является измерение температуры и давления в затрубном пространстве, окружающем эксплуатационный хвостовик. Для работы такие датчики должны получать энергию, как следствие, обычно вдоль эксплуатационного хвостовика к каждому датчику проходят электрические линии управления. Однако при спуске оборудования для заканчивания скважины эти электрические линии управления могут быть повреждены или могут повредиться спустя время, вследствие чего датчики не будут работать. Кроме того, наличие проводного соединения с датчиком приведет к значительным изменениям в скважинной трубчатой конструкции, что приведет к существенному ослаблению оборудования для заканчивания скважины с риском возникновения, например, выбросов или подобных неконтролируемых происшествий.

При наличии датчиков для измерения состояния или свойства, установленных снаружи скважинной трубчатой металлической конструкции в скважине, измеренные данные также могут быть переданы на поверхность беспроводным образом. Датчикам необходимо будет функционировать автономно, поскольку замена источника энергии или сервисное обслуживание датчика в скважине теоретически невозможны. Кроме того, очень сложно обеспечивать функционирование данных датчиков или измерительных приборов с течением времени, поскольку мощность батареи в скважине очень сильно ограничена, так как батареи не могут выдерживать высокие значения температуры и давления без того, чтобы быстро разряжаться.

Одно решение данной проблемы предложено в EP 3 101 220 A1 этим же заявителем. В данном документе описана скважинная система для заканчивания скважины, предназначенная для беспроводной зарядки устройства снаружи скважинной трубчатой металлической конструкции. Система функционирует благодаря наличию в устройстве, расположенном снаружи скважинной трубчатой металлической конструкции, одной получающей энергию катушки, расположенной параллельно или с совпадением с передающей энергию катушкой, расположенной в инструменте внутри скважинной трубчатой металлической конструкции.

Одной проблемой, присущей решению из уровня техники, является большая зависимость эффективности передачи энергии к получающей энергию катушке от факторов окружающей среды. Температура скважинного оборудования вызовет частотный сдвиг электроники, на который также будут влиять различные типы окружающего материала среды, например газы, типы почвы или разные концентрации рассола. Кроме того, скачивание данных из датчика происходит при очень низкой скорости, т.е. приблизительно 50 Гц, следовательно, инструмент должен располагаться напротив каждого датчика в течение очень долгого промежутка времени, что нежелательно, так как в процессе выполнения таких работ с помощью инструмента добыча часто останавливается.

Задачей настоящего изобретения является полное или частичное преодоление вышеуказанных недостатков и недочетов уровня техники. Более конкретно, задачей является создание улучшенной скважинной передающей системы, способной функционировать без использования линий управления и передавать данные при более высокой скорости.

Вышеуказанные задачи, а также многочисленные другие задачи, преимущества и отличительные признаки, очевидные из прочтения нижеследующего описания, реализованы в решении согласно настоящему изобретению посредством скважинной передающей системы для передачи данных через скважинную трубчатую металлическую конструкцию, расположенную в стволе скважины, содержащей:

скважинную трубчатую металлическую конструкцию, имеющую осевое направление и расположенную в стволе скважины с созданием затрубного пространства между стволом скважины и скважинной трубчатой металлической конструкцией;

приемо-передающий узел, содержащий:

трубчатую металлическую часть, установленную как часть скважинной трубчатой металлической конструкции, причем трубчатая металлическая часть имеет внутреннюю поверхность, наружную поверхность и стенку,

проводящую обмотку узла, выполненную из проводника, соединенного с внутренней поверхностью,

энергопотребляющее устройство, такое как датчик, расположенное в затрубном пространстве и соединенное с наружной поверхностью, причем энергопотребляющее устройство соединено с проводящей обмоткой узла посредством электрического проводника;

скважинный инструмент, содержащий корпус инструмента, наружную поверхность корпуса инструмента и проводящую обмотку инструмента, выполненную из проводника;

причем проводник проводящей обмотки узла имеет форму поперечного сечения с осевой протяженностью вдоль осевого направления и радиальной протяженностью перпендикулярно осевой протяженности, причем осевая протяженность по меньшей мере на 50% больше радиальной протяженности.

Электрический проводник может проходить через стенку скважинной трубчатой металлической

конструкции в стволе скважины.

Кроме того, проводник проводящей обмотки узла может представлять собой кольцо, имеющее прямоугольную форму в поперечном сечении.

Дополнительно, осевая протяженность может быть равна по меньшей мере 3 мм, предпочтительно превышать 5 мм.

Кроме того, радиальная протяженность может составлять менее 1 мм.

Также, радиальная протяженность может составлять менее 0,2 мм.

Кроме того, радиальная протяженность может быть минимально возможной.

Дополнительно, проводящая обмотка узла может иметь по существу один виток так, что проводник проводящей обмотки узла поворачивает от 0° до 360° или меньше.

Один конец проводящей обмотки узла может быть электрически соединен с электрическим проводником, а другой конец проводящей обмотки узла может быть электрически соединен с другим электрическим проводником.

Кроме того, приемо-передающий узел может содержать приемо-передающее устройство, содержащее проводящую обмотку узла, имеющую корпус, причем электрические проводники соединены с корпусом.

Дополнительно, приемо-передающий узел может содержать промежуточную кольцевую муфту, имеющую канавку, в которой расположен проводник проводящей обмотки узла, причем промежуточная кольцевая муфта расположена на внутренней поверхности трубчатой металлической части и расположена между проводником проводящей обмотки узла и внутренней поверхностью, причем промежуточная кольцевая муфта выполнена из материала, имеющего более низкую электрическую проводимость, чем материал проводящей обмотки узла.

Также, промежуточная кольцевая муфта выполнена из материала, имеющего более низкую электрическую проводимость, чем материал скважинной трубчатой металлической конструкции/трубчатой металлической части.

Дополнительно, промежуточная кольцевая муфта выполнена из материала, имеющего высокую проницаемость силовыми линиями магнитного поля.

Кроме того, промежуточная кольцевая муфта может быть расположена в канавке в трубчатой металлической части скважинной трубчатой металлической конструкции.

Также, промежуточная кольцевая муфта может иметь длину вдоль осевого направления, по меньшей мере в два раза превышающую осевую протяженность проводника проводящей обмотки узла.

Промежуточная кольцевая муфта может иметь длину более 50 мм.

Кроме того, промежуточная кольцевая муфта может быть выполнена из феррита или подобного материала.

Промежуточная кольцевая муфта может быть выполнена из феррита или подобного материала, препятствующего прохождению силовых линий магнитного поля через трубчатую металлическую часть и скважинную трубчатую металлическую конструкцию.

Дополнительно, промежуточная кольцевая муфта может препятствовать прохождению силовых линий магнитного поля через трубчатую металлическую часть и скважинную трубчатую металлическую конструкцию во избежание генерации вихревых токов.

Кроме того, проводящая обмотка скважинного инструмента может представлять собой проводящую обмотку инструмента с одним витком, причем скважинный инструмент содержит множество проводящих обмоток инструмента с одним витком.

Дополнительно, каждый конец каждой из множества проводящих обмоток инструмента с одним витком может быть электрически соединен с электрическим проводником.

Проводящая обмотка инструмента может быть выполнена из меди или подобного проводящего материала.

Кроме того, приемо-передающий узел может содержать множество проводящих обмоток узла с одним витком, расположенных каждая в канавке промежуточной кольцевой муфты.

Дополнительно, промежуточная кольцевая муфта может быть расположена в канавке в трубчатой металлической части.

Также, передача между проводящей обмоткой инструмента и проводящей обмоткой узла может осуществляться на частоте по меньшей мере 1 МГц, предпочтительно по меньшей мере 5 МГц, еще более предпочтительно по меньшей мере 10 МГц.

Кроме того, скважинная передающая система может иметь резонансную частоту выше 14 МГц.

Дополнительно, проводящая обмотка инструмента может иметь осевую протяженность вдоль осевого направления и радиальную протяженность перпендикулярно осевой протяженности, причем осевая протяженность по меньшей мере на 50% больше радиальной протяженности.

Кроме того, проводник проводящей обмотки инструмента может иметь прямоугольную форму в поперечном сечении, имеющую радиальную протяженность вдоль осевого направления и радиальной протяженности, причем осевая протяженность по меньшей мере на 50% больше радиальной протяженности.

Осевая протяженность проводящей обмотки инструмента может быть по меньшей мере 3 мм, предпочтительно более 5 мм.

Дополнительно, радиальная протяженность проводящей обмотки скважинного инструмента может быть менее 1 мм.

Также, радиальная протяженность проводящей обмотки скважинного инструмента может быть менее 0,2 мм.

Дополнительно, радиальная протяженность проводящей обмотки скважинного инструмента может быть минимально возможной.

Дополнительно, каждый конец проводящей обмотки инструмента может быть электрически соединен с электрическим проводником.

Кроме того, проводящая обмотка скважинного инструмента может представлять собой проводящую обмотку инструмента с одним витком, причем инструмент содержит множество проводящих обмоток инструмента с одним витком.

Каждый конец каждой из множества проводящих обмоток инструмента с одним витком может быть электрически соединен с электрическим проводником.

Дополнительно, проводящая обмотка инструмента может быть выполнена из меди или подобного проводящего материала.

Дополнительно, скважинный инструмент может содержать множество проводящих обмоток инструмента с одним витком, расположенных каждая в канавке промежуточной кольцевой муфты.

Кроме того, скважинный инструмент может дополнительно содержать промежуточную кольцевую муфту, имеющую канавку, в которой расположена проводящая обмотка инструмента, причем промежуточная кольцевая муфта расположена на наружной поверхности корпуса инструмента и расположена между проводящей обмоткой инструмента и наружной поверхностью корпуса инструмента, причем промежуточная кольцевая муфта выполнена из материала, имеющего более низкую электрическую проводимость, чем материал проводящей обмотки инструмента.

Также, промежуточная кольцевая муфта выполнена из материала, имеющего высокую проницаемость силовыми линиями магнитного поля.

Промежуточная кольцевая муфта может быть расположена в канавке в корпусе инструмента.

Дополнительно, промежуточная кольцевая муфта может иметь длину вдоль осевого направления, по меньшей мере в два раза превышающую осевую протяженность проводящей обмотки инструмента.

Также, промежуточная кольцевая муфта может быть выполнена из феррита или подобного материала, препятствующего прохождению силовых линий магнитного поля через корпус инструмента и позволяющего избежать генерации вихревых токов.

Дополнительно, промежуточная кольцевая муфта может быть выполнена из феррита или подобного материала.

Промежуточная кольцевая муфта может препятствовать прохождению силовых линий магнитного поля через корпус инструмента во избежание генерации вихревых токов.

Дополнительно, скважинная передающая система согласно настоящему изобретению может содержать уплотнительные средства, расположенные вокруг электрических проводников в стенке.

Кроме того, энергопотребляющее устройство может представлять собой датчиковый модуль.

Дополнительно, датчиковый модуль может содержать источник энергии, такой как батарея, топливный элемент, или может быть соединен с электрической линией управления.

Дополнительно, датчиковый модуль может содержать микроконтроллер.

Также, датчиковый модуль может содержать модуль хранения.

Датчиковый модуль может содержать датчик, такой как температурный датчик, датчик давления, или датчик, измеряющий солесодержание, содержание текучей среды, плотность и т.д.

Дополнительно, датчиковый модуль может содержать несколько датчиков.

Кроме того, скважинная трубчатая металлическая конструкция может дополнительно содержать множество приемо-передающих узлов.

Дополнительно, скважинный инструмент может быть соединен с поверхностью посредством кабеля, и следовательно представлять собой спускаемый на кабеле скважинный инструмент.

Скважинный инструмент может содержать батарею или несколько батарей.

Дополнительно, скважинный инструмент может представлять собой скважинный инструмент без кабеля.

Также, скважинный инструмент может содержать центратор, такой как скважинный трактор.

Дополнительно, скважинный инструмент может содержать средства хранения.

Кроме того, скважинный инструмент может содержать электронный модуль управления.

Дополнительно, проводящая обмотка узла и промежуточная кольцевая муфта могут быть покрыты постоянным покрытием, таким как эпоксидная смола, резина и т.д.

Дополнительно, проводящая обмотка инструмента и промежуточная кольцевая муфта могут быть покрыты постоянным покрытием, таким как эпоксидная смола, резина и т.д.

Кроме того, скважинная трубчатая металлическая конструкция может содержать затрубные барье-

ры, выполненные с возможностью разжимания в затрубном пространстве с обеспечением изоляции между первой зоной и второй зоной, причем каждый затрубный барьер содержит трубчатую металлическую часть барьера, установленную как часть скважинной трубчатой металлической конструкции, разжимную металлическую муфту, окружающую трубчатую металлическую часть барьера и соединенную с ней с созданием кольцевого пространства, в которое может проходить текучая среда через отверстие в трубчатой металлической части барьера для разжимания разжимной металлической муфты.

Наконец, датчиковый модуль может быть расположен в затрубном пространстве и выполнен с возможностью измерения свойства, такого как температура или давление, на одной стороне затрубного барьера внутри скважинной трубчатой металлической конструкции или внутри затрубного барьера.

Изобретение и его многочисленные преимущества описаны ниже более подробно со ссылками на прилагаемые схематические чертежи, на которых с целью иллюстрации показаны некоторые не ограничивающие варианты осуществления изобретения, и на которых:

на фиг. 1 показан вид в частичном поперечном разрезе скважинной передающей системы;

на фиг. 2 показан вид в частичном поперечном разрезе части скважинной трубчатой металлической конструкции, имеющей приемо-передающий узел;

на фиг. 3 показана проводящая обмотка узла в перспективе;

на фиг. 4 показан вид в частичном поперечном разрезе части скважинного инструмента;

на фиг. 5 показана проводящая обмотка инструмента в перспективе;

на фиг. 6А и 6В проиллюстрированы силовые линии магнитного поля, генерируемые проводящей обмоткой узла при передаче данных из приемо-передающего узла в скважинный инструмент;

на фиг. 7 показан вид в частичном поперечном разрезе части скважинной трубчатой металлической конструкции, имеющей приемо-передающий узел, имеющий множество проводящих обмоток узла; и

на фиг. 8 показан вид в частичном поперечном разрезе другой скважинной передающей системы.

Все чертежи являются очень схематическими и не обязательно выполнены в масштабе, при этом на них показаны только те части, которые необходимы для пояснения изобретения, тогда как другие части не показаны или показаны без объяснения.

На фиг. 1 показана скважинная передающая система 100 для передачи данных через скважинную трубчатую металлическую конструкцию 2, расположенную в стволе 3 скважины 4. Скважинная передающая система содержит скважинную трубчатую металлическую конструкцию 2, имеющую осевое направление 1 и расположенную в стволе скважины с образованием затрубного пространства 5 между стволом скважины и скважинной трубчатой металлической конструкцией. Скважинная передающая система дополнительно содержит приемо-передающий узел 6, содержащий трубчатую металлическую часть 7, проводящую обмотку 11 узла, выполненную из проводника 19, и энергопотребляющее устройство 12. Трубчатая металлическая часть 7 установлена как часть скважинной трубчатой металлической конструкции, например посредством резьбы 68, и трубчатая металлическая часть имеет внутреннюю поверхность 8, наружную поверхность 9 и стенку 10. Проводящая обмотка 11 узла, такая как медное кольцо, соединена с внутренней поверхностью трубчатой металлической части, например в канавке трубчатой металлической части. Энергопотребляющее устройство 12, например датчиковый модуль, расположено в затрубном пространстве и соединено с наружной поверхностью 9. Энергопотребляющее устройство 12 соединено с проводящей обмоткой 11 узла посредством электрического проводника 14. Скважинная передающая система 100 дополнительно содержит скважинный инструмент 20, содержащий корпус 21 инструмента, наружную поверхность 22 корпуса инструмента и проводящую обмотку 23 инструмента. Как показано на фиг. 3, проводящая обмотка 11 узла имеет осевую протяженность 24 вдоль осевого направления 1 и радиальную протяженность 25 перпендикулярно осевой протяженности, причем осевая протяженность по меньшей мере на 50% больше радиальной протяженности.

Таким образом, проводящая обмотка 11 узла выполнена из проводника 19, причем проводник имеет прямоугольную форму в поперечном сечении так, что длина прямоугольника проходит вдоль осевого направления/осевой протяженности скважинной трубчатой металлической конструкции, а имеющая меньший размер ширина прямоугольника проходит вдоль радиальной протяженности. Известные обмотки выполнены из проводника, имеющего круглое поперечное сечение, а проводник намотан так, чтобы получить много витков обмотки, образующих электромагнитную катушку.

Благодаря наличию проводящей обмотки узла, выполненной из проводника, который имеет прямоугольное сечение, где осевая протяженность существенно больше радиальной протяженности и существенно большую осевую протяженность, чем в известных катушечных обмотках, получают существенно большую резонансную частоту проводящей обмотки узла, чем резонансная частота известных катушек, следовательно, приемо-передающий узел может осуществлять передачу и прием на существенно более высокой частоте, чем известные катушки. Это происходит благодаря тому факту, что передавать и получать данные можно только на частоте, которая ниже резонансной частоты приемо-передающей системы и, следовательно, если резонансная частота катушки низкая, то возможная частота передачи/приема должна быть еще ниже.

Кроме того, благодаря наличию проводящей обмотки узла, выполненной из проводника, имеющего прямоугольное сечение, сопротивление обмотки уменьшено до минимума при сохранении постоянной

индуктивности. Индуктивность определяется физическими параметрами, т.е. площадью, охватываемой обмоткой, тогда как сопротивление определяется площадью поперечного сечения проводника обмотки.

На высоких частотах, используемых в настоящем изобретении, возникает явление, называемое поверхностный эффект, который представляет собой измерение того, какое количество обмотки фактически используется для проведения тока в проводнике/обмотке. Благодаря наличию прямоугольной формы в поперечном сечении проводника обмотки используется больше обмотки.

Как показано на фиг. 2, проводник проводящей обмотки 11 узла имеет прямоугольную форму в поперечном сечении. Осевая протяженность составляет по меньшей мере 3 мм, предпочтительно более 5 мм. Радиальная протяженность проводящей обмотки 11 узла составляет менее 1 мм, предпочтительно менее 0,5 мм, более предпочтительно радиальная протяженность составляет менее 0,2 мм. Радиальная протяженность проводника 19 проводящей обмотки 11 узла предпочтительно выполнена минимально возможной. Скважинная передающая система имеет резонансную частоту выше 14 МГц. Передача между проводящей обмоткой инструмента и проводящей обмоткой узла происходит на частоте по меньшей мере 1 МГц, предпочтительно по меньшей мере 5 МГц, еще более предпочтительно по меньшей мере 10 МГц. Таким образом, передача данных может осуществляться намного быстрее, чем в известной системе, осуществляющей передачу на частоте 50 Гц, и передача энергии от инструмента к энергопотребляющему устройству также может происходить намного быстрее, чем в известной системе, без необходимости использования электрических линий управления. Таким образом, скважина может иметь более эффективную конструкцию, когда можно избежать использования электрических линий управления. Для того, чтобы передавать еще больше энергии, можно использовать множество проводящих обмоток узла, например, одну для обмена данными и одну для передачи энергии. Энергия и данные будут передаваться сразу же.

Скважинный инструмент может передавать энергию и/или данные на нескольких частотах, таких как 10-20 МГц, например на 13.56 МГц, и на более низкой частоте 1 МГц, так что если данные на высокой частоте не получены, сигналы на более низкой частоте скорее всего будут получены и подтвердят, что система работает, но требует некоторых регулировок. Одна регулировка может заключаться в смещении скважинного инструмента относительно центра, как показано на фиг. 6В. Часто, когда инструмент осуществляет передачу, но ничего не принимает, оператор склоняется к выводу, что инструмент не работает, и благодаря передаче энергии/данных на частотах еще ниже 1 МГц, помимо передачи на высоких частотах 10-20 МГц, если что-то было передано, оператор получает информацию о том, что способность инструмента в передаче ухудшилась. Таким образом, благодаря передаче энергии или обмену данными на более низкой частоте, например 1 МГц, данная низкая частота представляет собой вспомогательную частоту.

Электрический проводник 14 проходит через стенку 10 трубчатой металлической части, т.е. стенку скважинной трубчатой металлической конструкции 2 в стволе 28, для его соединения с корпусом 16 приемо-передающего устройства 36, расположенного на наружной поверхности трубчатой металлической части 7. Приемо-передающее устройство 36 содержит проводящую обмотку 11 узла, хотя и расположено на внутренней поверхности трубчатой металлической части.

Приемо-передающий узел с фиг. 2 дополнительно содержит промежуточную кольцевую муфту 17, имеющую канавку 18, в которой расположена проводящая обмотка узла так, что проводник 19 проводящей обмотки узла расположен в канавке. Промежуточная кольцевая муфта 17 расположена в канавке 33 на внутренней поверхности 8 трубчатой металлической части 7 и расположена между проводником проводящей обмотки 11 узла и внутренней поверхностью. Промежуточная кольцевая муфта 17 выполнена из материала, имеющего более низкую электрическую проводимость, чем материал проводящей обмотки узла и скважинной трубчатой металлической конструкции/трубчатой металлической части, так что промежуточная кольцевая муфта препятствует прохождению силовых линий 73 магнитного поля (показаны на фиг. 6А и 6В) через трубчатую металлическую часть, представляющую собой часть скважинной трубчатой металлической конструкции, во избежание генерации вихревых токов. Вихревые токи нарушают как передачу энергии, так и передачу данных, т.е. обмен данными между приемо-передающим узлом и инструментом. Промежуточная кольцевая муфта выполнена из материала, имеющего высокую проницаемость силовыми линиями магнитного поля.

Кроме того, чем тоньше проводник проводящей обмотки узла, т.е. при выполнении радиальной протяженности проводника проводящей обмотки узла минимально возможной, тем меньше вихревых токов генерируется в проводящей обмотке узла при передаче энергии или обмене данными при переменном токе (АС). То же относится к проводящей обмотке инструмента.

Как показано на фиг. 2, энергопотребляющее устройство может представлять собой датчиковый модуль 42. Датчиковый модуль может быть соединен с корпусом приемопередающего устройства, но может быть выполнен отдельно от него в другом варианте осуществления. Датчиковый модуль 42 содержит источник 43 энергии, такой как батарея, топливный элемент, однако в другом варианте осуществления датчиковый модуль соединен с электрической линией управления (не показана), функционирующей как источник энергии. Датчиковый модуль дополнительно содержит микроконтроллер 44 и модуль 45 хранения. Кроме того, датчиковый модуль содержит датчик 46, такой как температурный датчик, дат-

чик давления, или датчик, измеряющий солесодержание, содержание текучей среды, плотность и т.д. Датчиковый модуль может содержать несколько датчиков и/или несколько различных датчиков. Для уплотнения внутреннего объема скважинной трубчатой металлической конструкции относительно затрубного пространства вокруг электрических проводников в стенке 10 трубчатой металлической части 7 расположены уплотнительные средства 41.

Когда скважинный инструмент 20 расположен внутри внешней границы 74 магнитного потока, показанной на фиг. 6А и 6В, скважинный инструмент может проверять уровень энергии источника энергии, такого как батарея приемо-передающего узла.

Как показано на фиг. 2, промежуточная кольцевая муфта имеет длину  $L$  вдоль осевого направления, которая по меньшей мере в два раза превышает осевую протяженность проводника 19 проводящей обмотки 11 узла. Промежуточная кольцевая муфта выполнена из феррита или подобного материала, препятствующего прохождению силовых линий магнитного поля через трубчатую металлическую часть и скважинную трубчатую металлическую конструкцию. Таким образом, вихревые токи практически полностью исключены, а сигнал данных при скачивании данных из датчикового модуля представляет собой чистый сигнал, который можно легко прочесть. Как показано на фиг. 6А, силовые линии 73 магнитного поля направлены радиально внутрь, однако промежуточная кольцевая муфта препятствует прохождению силовых линий магнитного поля через стенку 10 трубчатой металлической части 7.

Как показано на фиг. 2, проводящая обмотка 11 узла является наиболее удаленной от трубчатой металлической части 7 деталью, в результате чего прохождению силовых линий магнитного поля между приемо-передающим узлом и инструментом препятствует только текучая среда, протекающая в скважинной трубчатой металлической конструкции.

В другом варианте осуществления изобретения проводник 19 проводящей обмотки 11 узла и промежуточная кольцевая муфта могут быть расположены в углублении, т.е. расположены несколько ниже внутренней поверхности, чтобы оставить место для защитного покрытия, предназначенного для защиты от скважинной текучей среды.

Как показано на фиг. 3, проводящая обмотка узла имеет по существу один виток, что означает, что проводник 19 проводящей обмотки 11 узла поворачивает от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  или меньше, следовательно, проводящая обмотка узла представляет собой проводящую обмотку узла с одним витком. Проводник проводящей обмотки узла выполнен из меди или подобного проводящего материала. Один конец 15 проводящей обмотки узла электрически соединен с электрическим проводником 14, а другой конец 15 проводящей обмотки узла электрически соединен с другим электрическим проводником 14. Каждый электрический проводник проходит через стенку трубчатой металлической части и электрически соединен с корпусом, расположенным на наружной поверхности трубчатой металлической части/скважинной трубчатой металлической конструкции. Проводник проводящей обмотки узла имеет форму плоского тонкого кольца, выполненного, например, из меди, причем осевая протяженность превышает 5 мм, а радиальная протяженность не превышает 0,5 мм.

На фиг. 4 показана часть скважинного инструмента 20, причем небольшая часть корпуса инструмента показана в виде в поперечном сечении для иллюстрации положения и конфигурации проводящей обмотки 23 инструмента. Как показано на фиг. 5, проводящая обмотка 23 инструмента имеет проводник 29, имеющий осевую протяженность 26 вдоль осевого направления, и проводник проводящей обмотки инструмента имеет радиальную протяженность 27 перпендикулярно осевой протяженности. Как показано на фиг. 4, осевая протяженность по меньшей мере на 50% больше радиальной протяженности. Проводник проводящей обмотки инструмента имеет прямоугольную форму в поперечном сечении. Осевая протяженность проводника проводящей обмотки инструмента составляет по меньшей мере 3 мм, предпочтительно более 5 мм. Радиальная протяженность проводника проводящей обмотки инструмента составляет менее 1 мм, предпочтительно менее 0,5 мм, еще более предпочтительно радиальная протяженность составляет менее 0,2 мм. Радиальная протяженность проводника проводящей обмотки инструмента предпочтительно выполнена минимально возможной.

Скважинный инструмент с фиг. 4 дополнительно содержит промежуточную кольцевую муфту 32, имеющую канавку 33, в которой расположены проводник проводящей обмотки инструмента. Промежуточная кольцевая муфта 32 расположена в канавке 34 на наружной поверхности 22 корпуса 21 инструмента и, таким образом, расположена между проводящей обмоткой 23 инструмента и наружной поверхностью корпуса инструмента. Промежуточная кольцевая муфта 32 выполнена из материала, имеющего более низкую электрическую проводимость, чем проводимость проводника проводящей обмотки инструмента, так что промежуточная кольцевая муфта 32 препятствует прохождению силовых линий 73 магнитного поля (показаны на фиг. 6А и 6В) через корпус инструмента во избежание генерации вихревых токов. Промежуточная кольцевая муфта 32 выполнена из феррита или подобного материала, препятствующего прохождению силовых линий магнитного поля через корпус инструмента. Таким образом, вихревые токи практически полностью исключены, а сигнал данных при скачивании данных из датчикового модуля представляет собой чистый сигнал, который можно легко прочесть без необходимости использования сложной фильтрации шумов. Как показано на фиг. 6А, силовые линии 73 магнитного поля направлены радиально внутрь, однако промежуточная кольцевая муфта препятствует прохождению силовых

линий магнитного поля через стенку корпуса инструмента.

Как показано на фиг. 4, проводник проводящей обмотки 23 инструмента является наиболее удаленной от корпуса инструмента деталью, в результате чего прохождению силовых линий магнитного поля между приемо-передающим узлом и скважинным инструментом 20 препятствует только текучая среда, протекающая в скважинной трубчатой металлической конструкции.

Как показано на фиг. 5, проводящая обмотка 23 скважинного инструмента имеет по существу один виток, что означает, что проводник проводящей обмотки инструмента поворачивает от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  или меньше, следовательно, проводящая обмотка инструмента представляет собой проводящую обмотку инструмента с одним витком. Проводящая обмотка узла выполнена из меди или подобного проводящего материала. Один конец 31 проводящей обмотки инструмента электрически соединен с электрическим проводником 14, а другой конец 31 проводящей обмотки инструмента электрически соединен с другим электрическим проводником 14. Каждый электрический проводник 14 проходит в корпус инструмента.

На фиг. 6А и 6В проиллюстрированы силовые линии магнитного поля, генерируемые проводящей обмоткой 11 узла с одним витком в процессе передачи данных из приемо-передающего узла в скважинный инструмент. Силовые линии магнитного поля, генерируемые проводящей обмоткой 11 узла с одним витком, проходят радиально в скважинную трубчатую металлическую конструкцию 2 с созданием внешней границы 74 магнитного потока, образующей область, в которой может происходить надлежащая передача. Благодаря тому факту, что проводник проводящей обмотки узла генерирует силовые линии магнитного поля вдоль всей внутренней окружности скважинной трубчатой металлической конструкции/трубчатой металлической части, магнитный поток, т.е. сигнал, является более однородным в центре скважинной трубчатой металлической конструкции/трубчатой металлической части, чем вблизи ее внутренней поверхности. Как показано на фиг. 6А, скважинный инструмент 20 выровнен по центру и скважинный инструмент показан в его двух наружных положениях, что отражает максимальный диапазон 71 передачи, когда проводящая обмотка 23 скважинного инструмента с одним витком способна передавать и/или принимать энергию и/или данные от проводящей обмотки 11 узла с одним витком. Как показано на фиг. 6В, скважинный инструмент 20 смещен относительно центра и скважинный инструмент показан в его двух наружных положениях, что отражает максимальный диапазон 72 передачи, когда проводящая обмотка 23 скважинного инструмента с одним витком способна передавать и/или принимать энергию и/или данные от проводящей обмотки 11 узла с одним витком. Как показано на фиг. 6В, диапазон 72 передачи для смещенного относительно центра инструмента меньше, чем диапазон 71 передачи для выровненного по центру инструмента, как показано на фиг. 6А. Таким образом, выровненный по центру скважинный инструмент имеет большее расстояние до проводника проводящей обмотки узла, однако инструмент находится в пределах внешней границы 74 магнитного потока в течение более длительного периода времени и, следовательно, может осуществлять передачу и/или прием на большее осевое расстояние. Таким образом, выровненный по центру инструмент может иметь возможность перемещаться быстрее, чем смещенный относительно центра скважинный инструмент в зависимости от потери текучей среды в скважинной трубчатой металлической конструкции между скважинным инструментом и приемо-передающим узлом. Если текучая среда имеет такой состав, что текучая среда в скважинной трубчатой металлической конструкции слишком сильно снижает передающую способность между обмоткой, необходимо сместить скважинный инструмент относительно центра при прохождении приемо-передающих узлов.

Как показано на фиг. 7, скважинная трубчатая металлическая конструкция дополнительно содержит три проводящих обмотки узла, причем каждый конец, т.е. каждый из шести концов, электрически соединен с корпусом 16, расположенным на наружной поверхности, через электрические проводники, для подачи энергии к датчиковому модулю или получения данных из датчикового модуля 42. Таким образом, приемо-передающий узел содержит множество проводящих обмоток 11 узла с одним витком. Каждая из множества проводящих обмоток узла с одним витком расположена в канавке промежуточной кольцевой муфты 17. Благодаря наличию множества обмоток узла возможно осуществлять передачу и прием энергии или данных на большей длине скважинной трубчатой металлической конструкции и, следовательно, скважинный инструмент может передавать и/или принимать энергию и/или данные, даже перемещаясь при более высокой скорости, чем если бы скважинная трубчатая металлическая конструкция имела только один приемо-передающий узел.

Скважинный инструмент с фиг. 8 содержит множество проводящих обмоток инструмента с одним витком, причем каждая из них расположена в канавке промежуточной кольцевой муфты. Как показано на фиг. 1, скважинный инструмент 20 соединен с поверхностью через кабель 47 и, таким образом, представляет собой спускаемый на кабеле скважинный инструмент, а показанный на фиг. 8 скважинный инструмент содержит батарею 55 и скважинный инструмент представляет собой скважинный инструмент без кабеля, перемещающийся автономным образом в скважине. Скважинный инструмент содержит центратор 56 для центрирования скважинного инструмента в скважине, как показано на фиг. 6А. Центратор с фиг. 8 представляет собой скважинный трактор 57, который может также продвигать скважинный инструмент вперед в скважине, т.е. являться самопродвигаемым. Скважинный инструмент дополнительно содержит средства 58 хранения и электронный модуль 59 управления.

Хотя это не показано, проводник проводящей обмотки узла и промежуточная кольцевая муфта могут быть покрыты постоянным покрытием, таким как эпоксидная смола, резина и т.д. Дополнительно, проводник проводящей обмотки инструмента и промежуточная кольцевая муфта могут быть покрыты постоянным покрытием, таким как эпоксидная смола, резина и т.д.

Скважинная передающая система с фиг. 1 и 8 имеет скважинную трубчатую металлическую конструкцию, которая содержит затрубные барьеры 51, выполненные с возможностью разжимания в затрубном пространстве с обеспечением изоляции между первой зоной 101 и второй зоной 102. Каждый затрубный барьер содержит трубчатую металлическую часть 52 барьера, установленную как часть скважинной трубчатой металлической конструкции 2. Каждый затрубный барьер дополнительно содержит разжимную металлическую муфту 53, окружающую трубчатую металлическую часть барьера и соединенную с ней с созданием кольцевого пространства 54, в которое может проходить текучая среда через отверстие 62 в трубчатой металлической части барьера для разжимания разжимной металлической муфты. Энергопотребляющее устройство 12 представляет собой датчиковый модуль 42 и расположено в затрубном пространстве и выполнено с возможностью измерения свойства, такого как температура или давление, на одной стороне затрубного барьера или внутри затрубного барьера.

Под текучей средой или скважинной текучей средой понимается любой тип текучей среды, которая может присутствовать в нефтяной или газовой скважине, например, природный газ, нефть, буровой раствор, сырая нефть, вода и так далее, или даже H<sub>2</sub>S. Под газом понимается любой тип газовой смеси, присутствующей в скважине, законченной или не закрепленной обсадными трубами, а под нефтью понимается любой тип нефтяной смеси, например, сырая нефть, нефтесодержащая текучая среда и так далее. Таким образом, в состав газа, нефти и воды могут входить другие элементы или вещества, которые не являются газом, нефтью и/или водой, соответственно.

Под затрубным барьером понимается затрубный барьер, содержащий трубчатую металлическую часть, установленную как часть скважинной трубчатой металлической конструкции, и разжимную металлическую муфту, окружающую трубчатую часть и соединенную с ней с образованием пространства затрубного барьера.

Под обсадной трубой, хвостовиком, трубчатой конструкцией или скважинной трубчатой металлической конструкцией понимается любой тип трубы, трубчатого элемента, трубопровода, хвостовика, колонны труб и так далее, используемых в скважине при добыче нефти или природного газа.

В том случае, когда невозможно полностью погрузить скважинный инструмент в обсадную колонну, для проталкивания скважинного инструмента до нужного положения в скважине может быть использован скважинный трактор. Скважинный трактор может иметь выдвигающиеся рычаги, имеющие колеса, причем колеса входят в контакт с внутренней поверхностью обсадной колонны для продвижения трактора и инструмента вперед в обсадной колонне. Скважинный трактор представляет собой любой вид приводного инструмента, способного толкать или тянуть инструменты в скважине, например, Well Tractor®.

Хотя изобретение описано выше на примере предпочтительных вариантов его осуществления, специалисту в данной области техники очевидно, что возможны модификации данного изобретения, не выходящие за пределы объема правовой охраны изобретения, определенные нижеприведенной формулой изобретения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Скважинная передающая система (100) для передачи данных через скважинную трубчатую металлическую конструкцию (2), расположенную в стволе (3) скважины (4), содержащая:

скважинную трубчатую металлическую конструкцию (2), имеющую осевое направление (1) и расположенную в стволе скважины с созданием затрубного пространства (5) между стволом скважины и скважинной трубчатой металлической конструкцией;

приемо-передающий узел (6), прикрепленный к скважинной трубчатой металлической конструкции и содержащий:

трубчатую металлическую часть (7), установленную как часть скважинной трубчатой металлической конструкции, причем трубчатая металлическая часть имеет внутреннюю поверхность (8), наружную поверхность (9) и стенку (10),

проводящую обмотку (11) узла, образованную проводником (19), соединенным с внутренней поверхностью трубчатой металлической части (7), расположенным на ней и обнаженным изнутри скважинной трубчатой металлической конструкции, с возможностью генерирования магнитного потока, проходящего радиально в скважинную трубчатую металлическую конструкцию с созданием внешней границы магнитного потока, и

энергопотребляющее устройство (12), расположенное в затрубном пространстве и соединенное с наружной поверхностью трубчатой металлической части (7), причем энергопотребляющее устройство соединено с проводящей обмоткой узла посредством электрического проводника (14), проходящего через стенку трубчатой металлической части;

скважинный инструмент (20), содержащий корпус (21) инструмента, наружную поверхность (22)

корпуса инструмента и проводящую обмотку (23) инструмента, выполненную из проводника (29), которая выполнена с возможностью беспроводным образом принимать сигнал от энергопотребляющего устройства (12) благодаря близости к проводящей обмотке (11) узла, генерирующей магнитный поток;

причем форма поперечного сечения проводника (19) проводящей обмотки узла имеет осевую протяженность (24) вдоль осевого направления и радиальную протяженность (25), перпендикулярную осевой протяженности, такие, что осевая протяженность, по меньшей мере, на 50% больше радиальной протяженности.

2. Система по п.1, в которой проводник (19) проводящей обмотки узла представляет собой кольцо, имеющее прямоугольную форму в поперечном сечении.

3. Система по п.1 или 2, в которой осевая протяженность равна, по меньшей мере, 3 мм.

4. Система по любому из пп.1-3, в которой радиальная протяженность составляет менее 1 мм.

5. Система по любому из пп.1-4, в которой проводящая обмотка узла имеет по существу один виток так, что проводник (19) проводящей обмотки узла поворачивает от 0° до 360° или меньше.

6. Система по любому из пп.1-5, в которой приемо-передающий узел дополнительно содержит промежуточную кольцевую муфту (17), имеющую канавку (18), в которой расположен проводник (19) проводящей обмотки узла, причем промежуточная кольцевая муфта расположена на внутренней поверхности трубчатой металлической части и расположена между проводником (19) проводящей обмотки узла и внутренней поверхностью, причем промежуточная кольцевая муфта выполнена из материала, имеющего более низкую электрическую проводимость, чем материал проводящей обмотки узла.

7. Система по п.6, в которой промежуточная разжимная муфта имеет длину (L) вдоль осевого направления, по меньшей мере, в два раза превышающую осевую протяженность проводника (19) проводящей обмотки узла.

8. Система по п.6 или 7, в которой промежуточная разжимная муфта выполнена из феррита или подобного материала, препятствующего прохождению силовых линий магнитного поля через трубчатую металлическую часть и скважинную трубчатую металлическую конструкцию.

9. Система по любому из пп.6-8, в которой промежуточная разжимная муфта препятствует прохождению силовых линий (73) магнитного поля через трубчатую металлическую часть и скважинную трубчатую металлическую конструкцию во избежание генерации вихревых токов.

10. Система по любому из пп.1-9, выполненная с возможностью обеспечения передачи сигнала между проводящей обмоткой инструмента и проводящей обмоткой узла на частоте, по меньшей мере, 1 МГц.

11. Система по любому из пп.1-10, в которой проводник (29) проводящей обмотки инструмента имеет прямоугольную форму в поперечном сечении, имеющую осевую протяженность вдоль осевого направления и радиальной протяженности (26), причем осевая протяженность, по меньшей мере, на 50% больше радиальной протяженности.

12. Система по любому из пп.1-11, дополнительно содержащая уплотнение, расположенное вокруг электрических проводников (14) в стенке.

13. Система по любому из пп.1-12, в которой энергопотребляющее устройство представляет собой датчиковый модуль (42).

14. Система по любому из пп.1-13, в которой скважинная трубчатая металлическая конструкция содержит затрубные барьеры (51), выполненные с возможностью разжимания в затрубном пространстве с обеспечением изоляции между первой зоной (101) и второй зоной (102), причем каждый затрубный барьер содержит трубчатую металлическую часть (52) барьера, установленную как часть скважинной трубчатой металлической конструкции, разжимную металлическую муфту (53), окружающую трубчатую металлическую часть барьера и соединенную с ней с созданием кольцевого пространства (54), в которое может проходить текучая среда через отверстие (62) в трубчатой металлической части барьера для разжимания разжимной металлической муфты.

15. Система по п.14, в которой энергопотребляющее устройство (12) представляет собой датчиковый модуль, причем датчиковый модуль расположен в затрубном пространстве и выполнен с возможностью измерения свойства на одной стороне затрубного барьера или внутри затрубного барьера.

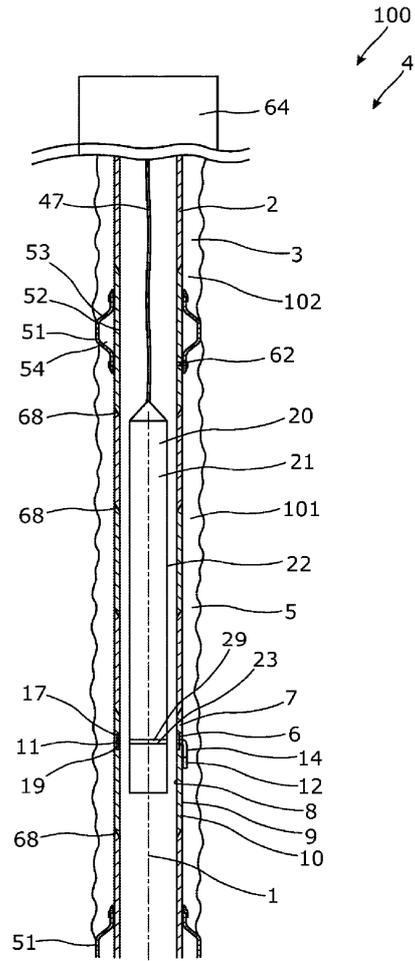
16. Система по п.3, в которой осевая протяженность превышает 5 мм.

17. Система по п.10, в которой частота равна, по меньшей мере, 5 Гц.

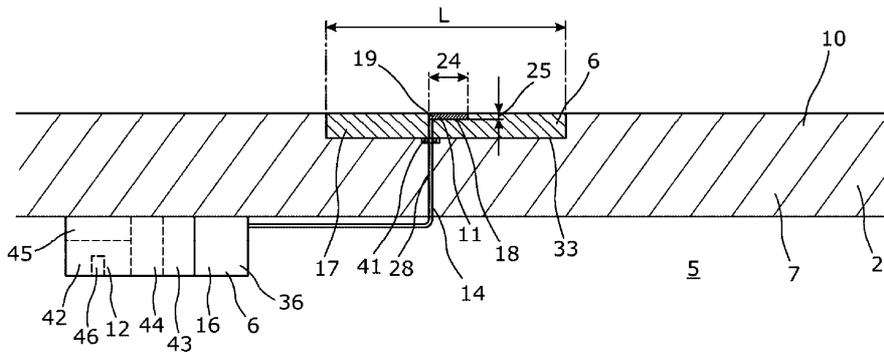
18. Система по п.10, в которой частота равна, по меньшей мере, 10 Гц.

19. Система по п.1, в которой проводник проводящей обмотки узла расположен заподлицо с внутренней поверхностью трубчатой металлической части.

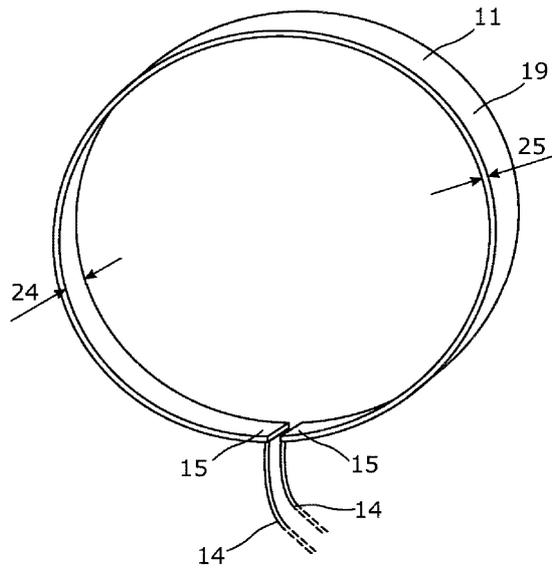
20. Система по п.1, в которой проводник (19) выполнен с возможностью генерировать магнитный поток, который включает в себя линии, способные проходить вдоль всей окружности трубчатой металлической части.



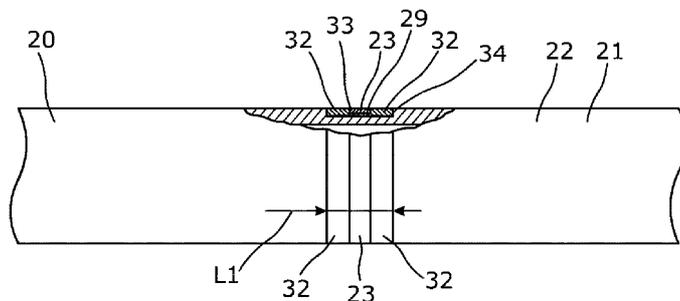
Фиг. 1



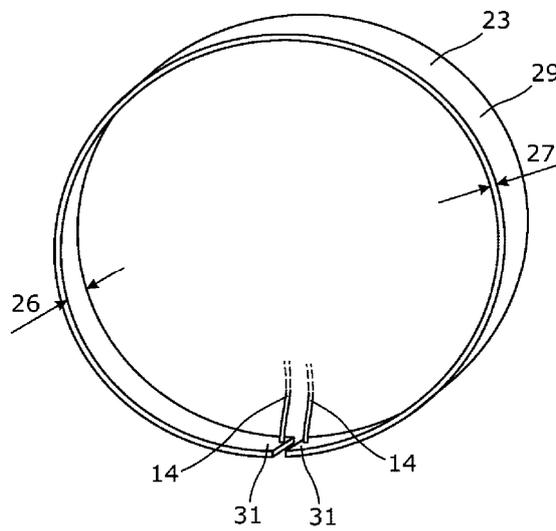
Фиг. 2



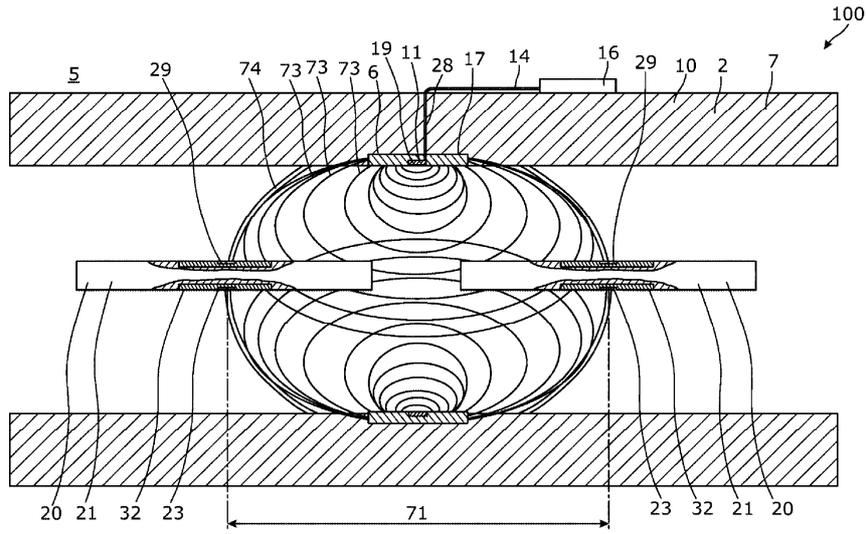
Фиг. 3



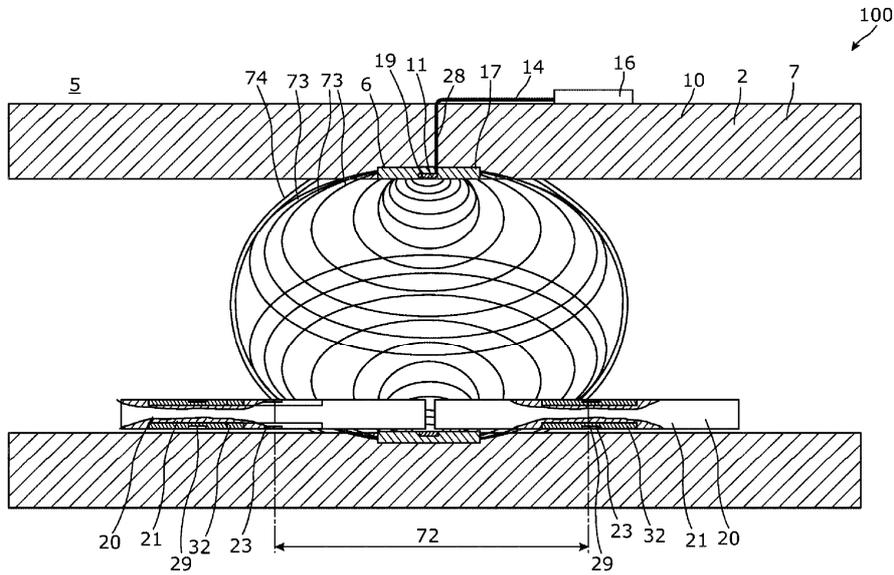
Фиг. 4



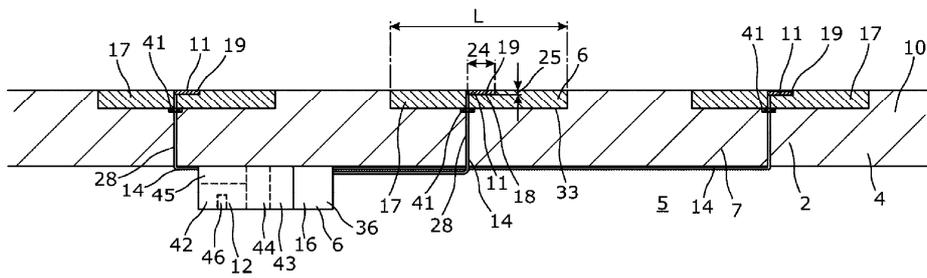
Фиг. 5



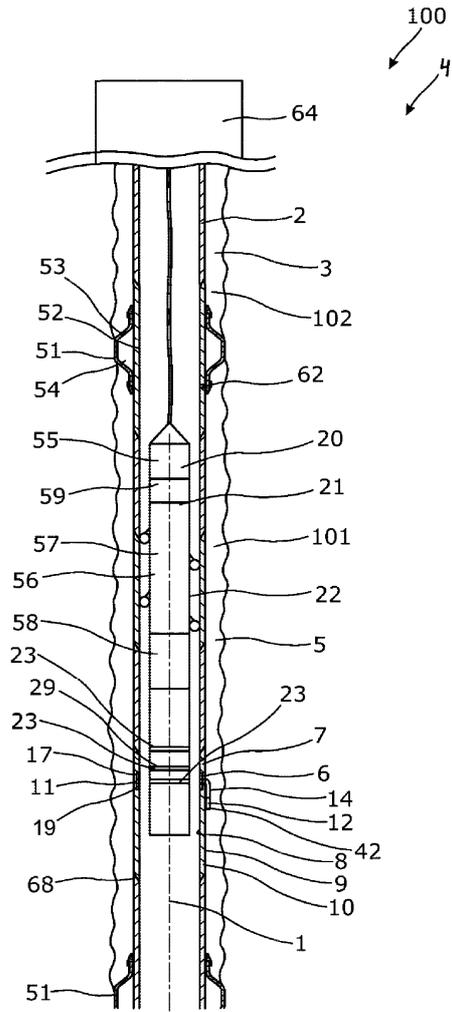
Фиг. 6А



Фиг. 6В



Фиг. 7



Фиг. 8

