

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044330**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.08.16

(21) Номер заявки
202190437

(22) Дата подачи заявки
2019.08.01

(51) Int. Cl. *E21B 23/02* (2006.01)
E21B 23/00 (2006.01)
E21B 34/14 (2006.01)
G01D 1/18 (2006.01)

(54) **УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ПРИВЕДЕНИЯ В ДЕЙСТВИЕ СКВАЖИННОГО
ИНСТРУМЕНТА**

(31) **3013446**

(32) **2018.08.03**

(33) **СА**

(43) **2021.06.30**

(86) **PCT/CA2019/051054**

(87) **WO 2020/024057 2020.02.06**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ИНТЕРРА ЭНЕРДЖИ СЕРВИСИЗ
ЛТД. (СА)**

(72) Изобретатель:
**Арабский Сергей, Барабаш Эндрю
(СА)**

(74) Представитель:
Толыбаев Ж.М. (KZ)

(56) CA-A1-2941571
US-A1-20160312581
WO-A1-2016074078
US-A1-20150114664

(57) Устройство для приведения в действие скважинного инструмента включает в себя корпус, имеющий поверхностную структуру на его внешней поверхности. Поверхностная структура имеет неактивное состояние и активированное состояние. В неактивном состоянии устройство может перемещаться через посадочные структуры, установленные в скважинной насосно-компрессорной колонне, и при этом воспринимает физическое соударение, имеющее уровень соударения, превышающий пороговый уровень, при прохождении через каждую одну из посадочных структур. В активированном состоянии устройство может размещаться на выбранном посадочном месте в скважинной насосно-компрессорной колонне. Датчик заключен в корпус и выполнен с возможностью генерации сигнала в ответ на физическое соударение. Контроллер в корпусе подсчитывает количество соударений и активирует поверхностную структуру, когда количество соударений достигает выбранного значения.

B1

044330

044330

B1

Область техники

В целом настоящее изобретение относится к операциям скважинного инструмента, а более конкретно к приводящим в действие устройствам и способам избирательного приведения в действие скважинных инструментов в различных секциях ствола скважины.

Уровень техники

Для добычи углеводородов из подземных углеводородных пластов, таких как битумные пласты, одна или несколько скважин могут быть пробурены в пласте, и жидкость для обработки может быть закачана в пласт по скважине для облегчения или повышения добычи углеводородов. Например, жидкость для гидравлического разрыва пласта может быть избирательно закачана через различные секции ствола скважины для обработки соответствующих зон в пласте. При выполнении типичной операции гидравлического разрыва пласта перфорированную насосно-компрессорную колонну вводят в ствол скважины и жидкость для обработки закачивают в насосно-компрессорную колонну и подводят к окружающему пласту через перфорации для вскрытия или расширения дренажных каналов в пласте.

Иногда желательно выполнять поэтапно обработку стволов скважин и окружающих пластов в многочисленных изолированных зонах или секциях на всем протяжении насосно-компрессорной колонны. Для этого скользящие гильзы могут быть предусмотрены в насосно-компрессорной колонне, чтобы осуществлять избирательное открывание и закрывание соответствующих секций перфораций, а скользящие гильзы могут приводиться в действие шаром или дросиком.

Например, предлагающийся приводящий в действие дросик для приведения в действие заданного инструмента в насосно-компрессорной колонне включает в себя корпус, транспортируемый по насосно-компрессорной колонне до достижения заданной гильзы, модуль управления, выполненный с возможностью в ответ на соприкосновение с гильзой в насосно-компрессорной колонне определения местоположения заданной гильзы, и исполнительный механизм для приведения в действие заданной гильзы, когда ее местоположение определено. Модуль управления включает в себя переключатель, кнопка которого нажимается посадочным местом гильзы, когда дросик проходит мимо посадочного места. В ответ на нажатие кнопки переключатель генерирует выходной сигнал, который позволяет дросику регистрировать и учитывать прохождение мимо посадочных мест.

Сущность изобретения

Согласно аспекту настоящего изобретения предложено устройство, содержащее корпус, выполненный с возможностью перемещения в скважинной насосно-компрессорной колонне, при этом множество посадочных структур установлены в скважинной насосно-компрессорной колонне, каждая одна из посадочных структур содержит посадочное место для размещения устройства на нем; поверхностную структуру на внешней поверхности корпуса, имеющую неактивное состояние и активированное состояние и выполненную с возможностью (i) разрешения перемещения устройства через посадочные структуры, когда поверхностная структура находится в неактивном состоянии, или (ii) размещения на выбранном одном из посадочных мест в скважинной насосно-компрессорной колонне, когда поверхностная структура находится в активированном состоянии, при этом устройство выполнено с возможностью восприятия физического соударения, имеющего уровень соударения, превышающий пороговый уровень, при прохождении через каждую одну из множества посадочных структур; датчик, заключенный в корпус, выполненный с возможностью генерации сигнала в ответ на физическое соударение, воспринимаемое устройством; контроллер, размещенный в корпусе и поддерживающий связь с датчиком для приема сигнала от датчика, при этом контроллер выполнен с возможностью определения на основании сигналов, принимаемых от датчика, количества физических соударений, воспринимаемых устройством, в случае уровней соударений, превышающих пороговый уровень, и активации поверхностной структуры, когда количество физических соударений достигает заданного значения.

В одном варианте осуществления датчик содержит датчик ударов. В другом варианте осуществления датчик представляет собой акселерометр.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения, предложен способ, содержащий обнаружение физического соударения, воспринимаемого приводящим в действие устройством в то время, когда устройство перемещается вниз по скважине в скважинной насосно-компрессорной колонне, при этом приводящее в действие устройство выполнено с возможностью размещения на скважинном посадочном месте в скважинной насосно-компрессорной колонне; определение количества физических соударений, воспринимаемых приводящим в действие устройством, при этом каждое из физических соударений имеет уровень соударения, который превышает выбранный пороговый уровень соударения; и размещение приводящего в действие устройства на скважинном посадочном месте, если количество физических соударений достигает заданного значения, или пропускание приводящего в действие устройства мимо скважинного посадочного места, если количество физических соударения меньше, чем заданное значение.

Другие аспекты, особенности и варианты осуществления настоящего изобретения станут очевидными для специалистов в данной области техники при рассмотрении нижеследующего описания конкретных вариантов осуществления в сочетании с сопровождающими чертежами.

Краткое описание чертежей

На чертежах только для примера показаны варианты осуществления настоящего изобретения. На чертежах:

- фиг. 1А - схематичный общий вид рассматриваемого в качестве примера приводящего в действие устройства, показанного в неактивном состоянии, согласно варианту осуществления изобретения;
- фиг. 1В - схематичный вид с переднего торца устройства из фиг. 1А;
- фиг. 1С - схематичный вид с заднего торца устройства из фиг. 1А;
- фиг. 1D - схематичный разрез устройства из фиг. 1А;
- фиг. 1Е - схематичный общий вид в разрезе устройства из фиг. 1А;
- фиг. 2А - схематичный общий вид в разрезе устройства из фиг. 1 в активированном состоянии;
- фиг. 2В - схематичный разрез устройства из фиг. 2А;
- фиг. 2С - схематичный общий вид в разрезе устройства из фиг. 2А;
- фиг. 3 - схематичная структурная схема, иллюстрирующая схему управления, предназначенную для использования в устройстве из фиг. 1;
- фиг. 4А - схематичная структурная схема, иллюстрирующая рассматриваемую в качестве первого примера схему управления, предназначенную для использования в устройстве из фиг. 1;
- фиг. 4В - схематичная структурная схема, иллюстрирующая рассматриваемую в качестве второго примера схему управления, предназначенную для использования в устройстве из фиг. 1;
- фиг. 5 - схематичный разрез рассматриваемой в качестве примера скважинной системы;
- фиг. 6 - общий вид сверху секции скважинной насосно-компрессорной колонны в скважинной системе из фиг. 5;
- фиг. 7 - общий вид сверху гильзы в секции скважинной насосно-компрессорной колонны из фиг. 6;
- фиг. 8 - разрез секции скважинной насосно-компрессорной колонны из фиг. 6, когда гильза перемещена в положение закрывания;
- фиг. 9 - разрез секции скважинной насосно-компрессорной колонны из фиг. 6, когда гильза перемещена в положение открывания;
- фиг. 10 - блок-схема последовательности действий, иллюстрирующая способ действия устройства из фиг. 1 в скважинной системе из фиг. 5;
- фиг. 11А-11Е - схематичные разрезы устройства из фиг. 1 в скважинной системе из фиг. 5;
- фиг. 12 и 13 - схематичные разрезы, иллюстрирующие прохождение устройства из фиг. 1 через заданную гильзу в скважинной системе из фиг. 5, когда устройство находится в неактивном состоянии; и
- фиг. 14 и 15 - разрезы, иллюстрирующие размещение устройства из фиг. 1 в заданной гильзе в скважинной системе из фиг. 5 и приведение в действие заданной гильзы для перемещения из положения закрывания в положение открывания, когда устройство находится в активированном состоянии.

Описание предпочтительных вариантов осуществления изобретения

В одном варианте осуществления, описанном в этой заявке, представлено устройство, такое как приводящий в действие дротик, для избирательного приведения в действие выбранного одного из скважинных инструментов в скважинной насосно-компрессорной колонне. Например, каждый из скважинных инструментов может иметь соответствующие посадочные структуры для размещения на них приводящего в действие устройства, так что размещенное устройство может быть использовано для приведения в действие скважинного инструмента. Приводящее в действие устройство выполнено с возможностью определения местоположения заданной посадочной структуры в скважинной насосно-компрессорной колонне и размещения на ней на основании некоторого количества физических соударений, воспринимаемых устройством при перемещении по скважинной насосно-компрессорной колонне, при этом уровень каждого из физических соударений превышает пороговый уровень соударения, такой как уровень удара или уровень гравитационной силы (динамической нагрузки). В корпусе приводящего в действие устройства предусмотрен датчик для обнаружения таких физических соударений.

На фиг. 1А-1Е и фиг. 2А-2С схематично показан приводящий в действие дротик 100 согласно примеру варианта осуществления приводящего в действие устройства. Дротик 100 имеет два состояния, неактивное состояние, показанное на фиг. 1А-1Е, и активированное состояние, показанное на фиг. 2А-2С.

Дротик 100 имеет корпус 117, задающий внешнюю поверхность 112 и имеющий находящийся выше по стволу скважины конец 150 и скважинный конец 152. Корпус 117 может иметь удлиненную цилиндрическую форму.

Корпус 117 может образовывать жидкостный трубопровод 138. Жидкостный трубопровод 138 может быть цилиндрическим трубопроводом, который проходит через центр корпуса 117. Жидкостный трубопровод 138 позволяет жидкости протекать на протяжении корпуса 117 для исключения возрастания давления жидкости при развертывании дротика 100.

Кроме того, жидкостный трубопровод 138 может иметь один или несколько выступающих элементов 154 на скважинном конце 152. Выступающие элементы 154 вытянуты в продольном направлении за пределы конца жидкостного трубопровода 138, так что жидкость может протекать в стороны от дротика 100. Поэтому, когда скважинный конец 152 дротика 100 должен быть закрыт, жидкость все же может протекать в стороны от дротика 100.

На поверхности корпуса 117 может иметься первый вырез 160. В вырезе 160 может размещаться контроллер, такой как схема 114 управления (фиг. 3 и 4А-4В). Вырез 160 может быть заполнен водонепроницаемым и теплоизолирующим материалом для покрытия схемы 114 управления, таким как резина, водонепроницаемая смола или эпоксидный материал. Водонепроницаемый и теплоизолирующий материал может защищать схему 114 управления от неблагоприятных условий в стволе скважины, через который размещают дротик 100.

Кроме того, на второй поверхности корпуса 117 может иметься второй вырез 161. Во втором вырезе может размещаться один или несколько элементов схемы 114 управления. Согласно одному примеру в вырезе 161 помещен исполнительный механизм 126 (фиг. 3 и 4А-4В). Вырез 161 также может быть заполнен водонепроницаемым и теплоизолирующим материалом для покрытия этих элементов схемы 114 управления, таким как резина, водонепроницаемая смола или эпоксидный материал.

Как схематично показано на фиг. 3, при использовании проводов 310, 311 исполнительный механизм 126 может быть соединен с одним или несколькими элементами схемы 114 управления, помещенной в вырезе 160.

Корпус 117 может иметь некоторое количество канавок 158 для удержания уплотнений (непоказанных) между поверхностью 112 корпуса 117 и поверхностной структурой 110. Уплотнения могут удерживаться вследствие наличия давления и трения между корпусом 117 и поверхностной структурой 110. Кроме того, уплотнения могут защищать схему 114 управления от неблагоприятных условий среды, воздействию которых подвергается дротик 100, включая высокую температуру, высокое давление и вызывающие коррозию жидкости. Уплотнения могут быть выполнены из любого из некоторого количества эластомеров, например из резинового материала. Уплотнениям может быть придана любая из некоторого количества форм, например, они могут быть уплотнительными кольцами или D-образными уплотнениями.

В одном примере варианта осуществления водонепроницаемый и теплоизолирующий материал и уплотнения действуют совместно для поддержания схемы 114 управления сухой и при соответствующей рабочей температуре, например ниже чем 85°C.

Корпус 117 может иметь выступ 155 для удержания стабилизатора 156. Стабилизатор 156 имеет первый конец, прикрепленный к корпусу 117 вблизи скважинного конца 152. Первый конец может быть приклеен к корпусу 117 или в ином случае может быть получен прессованием на месте. Кроме того, стабилизатор 156 имеет незакрепленный второй конец, который продолжается наружу от корпуса 117. Согласно одному примеру стабилизатор 156 изогнут так, что второй конец стабилизатора 156 обращен к находящемуся выше по стволу скважины концу 150. Согласно одному примеру стабилизатор 156 является кольцевым по форме, продолжающимся вокруг корпуса 117. Стабилизатор 156 может быть выполнен из мягкого каучукового материала, пригодного для использования совместно с жидкостями для гидравлического разрыва пласта, такого как Viton™, гидрогенизированный нитрилбутадиеновый каучук (ГНБК) или нитрильный каучук (НК). В одном примере варианта осуществления стабилизатор 156 может иметь несколько больший диаметр, чем корпус 117.

Дротик 100 имеет поверхностную структуру 110 на внешней поверхности 112 корпуса 117. Поверхностная структура 110 может включать в себя подвижную структуру, которая может перемещаться на внешней поверхности, такую как показанная втулка 118, которая с возможностью перемещения установлена на внешней поверхности 112 корпуса 117 и окружает участок внешней поверхности 112. Один или несколько пальцев 115 могут быть предусмотрены и вытянуты в продольном направлении от конца втулки 118. Втулка 118 может быть изготовлена из такого же материала, какой используется для изготовления корпуса 117, хотя может использоваться другой материал.

Каждый палец 115 может иметь гибкий контактный наконечник 116 и выступающую часть 111, продолжающуюся от него, для увеличения диаметра дротика 100. На конце каждый палец 115 имеет кромку 171.

В начальном положении (фиг. 1) пальцы 115 могут отстоять от конца втулки 118, располагаясь вокруг и выше внешней поверхности 112, при этом остается зазор между контактными наконечниками 116 и внешней поверхностью 112. Поэтому в этом начальном положении контактные наконечники 116 не поддерживаются корпусом 117. Пальцы 115 могут быть выполнены из упругого материала, чтобы контактные наконечники 116 пальцев 115 могли изгибаться под действием давления по направлению к корпусу, когда они не поддерживаются, и это позволяет дротику 100 проходить мимо препятствий в насосно-компрессорной колонне, по которой дротик 100 перемещается. В этом начальном состоянии дротик 100 находится в неактивном состоянии, так что дротик 100 может проходить мимо препятствий в насосно-компрессорной колонне.

Втулка 118 может скользить из начального (первого) положения во второе положение, в котором контактные наконечники 116 поддерживаются участком корпуса 117, в частности выступами 134, и поэтому больше не могут изгибаться по направлению к поверхности корпуса. Кроме того, корпус 117 может включать в себя стопорные механизмы для закрепления втулки 118 в каждом положении. Как будет также описано ниже, когда втулка 118 находится во втором положении, она находится в активированном

состоянии, так что дротик 100 больше не может проходить мимо выбранного посадочного места.

Для закрепления втулки 118 в начальном положении втулка 118 может включать в себя отверстие 131' и корпус 117 может включать в себя соответствующее глухое отверстие 131 на скважинном конце 152 (фиг. 2А-2С) для приема срезного винта 132, предназначенного для прикрепления втулки 118 к корпусу 117 в начальном положении, соответствующем неактивному состоянию. Срезной винт 132 может быть изготовлен из хрупкого, разрушающегося материала, чтобы сделать возможным выход втулки 118 из начального положения для активации дротика 100. Срезной винт 132 может быть изготовлен из бронзы, стали или твердого пластика. Отверстие 131' и глухое отверстие 131 имеют внутреннюю резьбу или выровнены для приема срезных винтов 132 и резьбового крепления, когда втулка 118 находится в начальном положении.

Для закрепления втулки 118 в некоторых вариантах осуществления некоторое количество срезных винтов 132 может быть расположено по окружности корпуса 117. Как показано на чертежах, в вариантах осуществления четыре срезных винта использованы для закрепления втулки 118. Для каждого срезного винта может требоваться разрушающий головку крутящий момент в пределах от 450 до 500 кг, такой как 500 кг, чтобы разрушить или срезать головку винта. В других вариантах осуществления количество и положения отверстий 131' и глухих отверстий 131 могут быть другими. Кроме того, глухие отверстия 131 могут быть заменены канавкой, продолжающейся по окружности корпуса 117.

В случае, когда при наличии глухих отверстий 131 срезные винты 132 находятся в резьбовом соединении с отверстиями 131' и глухими отверстиями 131, предотвращаются осевое скольжение и поворот втулки 118 вокруг центральной оси. Если глухие отверстия заменены канавкой, все же предотвращается осевое скольжение втулки 118, но сохраняется возможность поворота вокруг оси.

В других вариантах осуществления втулка 118 может быть закреплена в первом положении при использовании одного или нескольких штифтов (непоказанных) или кольцевого обода (непоказанного).

Кроме того, дротик 100 может включать в себя стопорный механизм 130 для закрепления втулки 118 во втором положении, соответствующем активированному состоянию. Стопорный механизм 130 расположен вблизи находящегося выше по стволу скважины конца 150 и включает в себя выступ 134 и скошенную поверхность 173, которая согласована с формой кромки 171 контактных наконечников 116. Контактные наконечники 116 могут иметь выемку 113, которая согласована с формой выступа 134 и предназначена для вхождения в зацепление с выступом 134. Когда втулка 118 находится во втором положении, выступ 134 поддерживает контактные наконечники 116 благодаря прилегающей выемке 113, чтобы предотвращать изгибание пальцев 115 по направлению к поверхности 112 дротика 100, а кромка 171 наконечников 116 упирается в скошенную поверхность 173, чтобы предотвращать изгибание пальцев 115 в сторону от поверхности 112 (как это показано на фиг. 2В), и этим предотвращается разъединение контактных наконечников 116. Таким образом, в активированном состоянии предотвращается изгибание пальцев 115 под действием давления или соударения, а поверхностная структура является несжимаемой.

Кроме того, стопорный механизм 130 предотвращает перемещение пальцев 115 в продольном направлении. Это происходит потому, что выступ 134 препятствует перемещению боковых стенок 175, 177 выемки 113 в сторону относительно поверхности 112.

Корпус 117 может включать в себя одну или несколько гребенчатых структур 162, которые могут быть использованы для удержания уплотнений (непоказанных), которые герметизируют жидкость на одной стороне насосно-компрессорной колонны, в которой может перемещаться дротик 100.

Дротик 100 также может иметь съемную крышку 164 на любом конце. Крышка 164 может иметь больший диаметр, чем корпус 117. Крышка 164 может быть удалена для обеспечения скольжения втулки 118 в положение, в котором она окружает внешнюю поверхность 112 корпуса 117. Крышка 164 закреплена с возможностью удаления на находящемся выше по стволу скважины конце 150 при использовании рычагов 165, которые закреплены на внешней поверхности 112. Внешняя поверхность 112 может иметь канавки 167, которые соответствуют положению рычагов 165, для обеспечения фиксации крышки 164 на поверхности.

Кроме того, крышка 164 может включать в себя приемник 166. Приемник 166 имеет увеличенное окно, которое может быть коническим, как это показано на чертежах, для приема и удержания шара 136. В одном варианте осуществления окно имеет диаметр, который больше, чем диаметр корпуса 117. Шар 136, когда он удерживается в приемнике 166, препятствует протеканию жидкости по жидкостному трубопроводу 138. В некоторых вариантах осуществления приемник 166 может включать в себя пружинную защелку (непоказанную), штифт (непоказанный) или другой механизм для удержания шара 136.

Дротик 100 включает в себя схему 114 управления для активирующей поверхностной структуры 100, чтобы она могла разместиться на выбранной посадочной структуре в стволе скважины.

Первый пример варианта осуществления схемы 114 управления схематично показан на структурной схеме, представленной на фиг. 4А. Схема управления 114 может включать в себя процессор 122, поддерживающий связь с датчиком 120 соударений, исполнительный механизм 126, интерфейс 124 ввода-вывода и запоминающее устройство 128.

Запоминающее устройство 128 представляет собой считываемый процессором носитель информации и сохраняет исполняемые процессором команды, включая код 142 активации для приводящего в

действие дротика 100. При исполнении код 142 активации может побуждать процессор 122 к реализации способа 400, подробно описанного ниже.

Кроме того, в запоминающем устройстве 128 сохраняются переменные, предназначенные для использования с помощью кода 142 активации, включая подсчет 140, показывающий количество соударений, воспринимаемых дротиком 100 в стволе скважины, которое превышает пороговый уровень, и установочные параметры 144, определяющие рабочие параметры дротика 100 (например, определяющие выбор посадочных структур для размещения).

Датчик 120 соударений генерирует сигнал в ответ на ускорение дротика 100, являющееся результатом физического соударения, воспринимаемого дротиком 100, когда дротик 100 перемещается в стволе скважины.

Датчик 120 соударений может быть выбран из числа датчиков ударов, акселерометров, гироскопов, тензодатчиков, датчиков приближения, пьезоэлектрических датчиков, пьезорезистивных датчиков, емкостных датчиков и акустических датчиков.

Акустический датчик, такой как микрофон, может обнаруживать звук или другие акустические волны, генерируемые при физическом соударении дротика 100, соприкасающегося с посадочной структурой 350. Акустические волны, генерируемые при таком соударении, могут иметь идентифицируемые характеристики, такие как характерные частоты или амплитуды, которые могут быть использованы блоком управления для определения, проходит ли дротик 100 через посадочную структуру 350. В некоторых вариантах осуществления процессор 122 может анализировать обнаруженный акустический сигнал, чтобы определять, показывает ли обнаруженный акустический сигнал физическое соударение между дротиком 100 и посадочной структурой 350. Например, амплитуда обнаруженного акустического сигнала может быть коррелирована с уровнем физического соударения, воспринимаемого дротиком 100.

В одном примере варианта осуществления несколько датчиков (одного и того же вида или различных видов) могут быть использованы в сочетании.

В одном примере варианта осуществления датчик 120 может быть выполнен с возможностью измерения соударения, вследствие которого дротик 100 подвергается воздействию гравитационной силы (динамической нагрузки) в пределах от 400 до 1000 g (от 393 до 981 м/с²).

В одном варианте осуществления датчик 120 может быть датчиком ударов серии SignalQuest™ SQ-ASA, который имеет чувствительность в пределах от 100 до 2000 g (от 98,1 до 1962 м/с²) и имеет время срабатывания 100 мкс. Датчик ударов серии SignalQuest™ SQ-ASA обеспечивает выходной импульс аналогового напряжения (в пределах от 3 до 4 В) при обнаружении удара, уровень которого превышает пороговый уровень. Датчик ударов серии SignalQuest™ SQ-ASA является цилиндрическим по форме и имеет длину приблизительно 7 мм и диаметр 3 мм и может быть включен в печатную плату (ПП).

Датчик ударов серии SignalQuest™ SQ-ASA пригоден для работы в диапазоне температур от -40 до +85°C. Как рассматривалось ранее, рабочая температура датчика может поддерживаться на уровне подходящей рабочей температуры путем изоляции схемы 114 управления при использовании водонепроницаемого и теплоизолирующего материала.

В другом варианте осуществления датчик 120 может быть датчиком ударов Murata™.

Датчик 120 соударений может быть работающим по принципу да/нет датчиком, который генерирует и посылает сигнал к процессору 122 только тогда, когда уровень соударения превышает заданный пороговый уровень соударения. Работающий по принципу да/нет датчик может подходить для обнаружения неожиданных и переходных соударений и изменений при движении, поскольку работающий по принципу да/нет датчик генерирует выходной сигнал (например, в виде импульса напряжения или тока) для процессора 122 только тогда, когда уровень соударения превышает выбранное пороговое значение.

В ином случае датчик 120 соударений может быть датчиком уровня соударений. Датчик уровня соударений может генерировать сигнал, показывающий количественный уровень соударения, воспринимаемого дротиком 100 в течение периода времени (например, выборочного периода времени).

Выходной сигнал датчика уровня соударений может быть выходным сигналом в виде аналогового напряжения или тока, имеющим амплитуду, показывающую уровень обнаруженного соударения. Процессор 122 может осуществлять взятие выборок из аналогового выходного сигнала датчика уровня соударений. Частота взятия выборок из сигнала датчика уровня соударений может быть выбрана из условия гарантии обнаружения датчиком уровня соударений неожиданного и переходного соударения или изменения при движении. В одном варианте осуществления скорость взятия выборок находится в пределах от 15000 до 25000 выборок в секунду. Дополнительный аналого-цифровой преобразователь (непоказанный) может преобразовывать выходной сигнал в виде аналогового напряжения или тока в цифровой формат и подавать цифровой формат к процессору 122.

В ином случае выходной сигнал датчика уровня соударений может быть цифровым выходным сигналом, который представляет обнаруженный уровень соударения в цифровом формате (например, при использовании бинарного кода). Датчик уровня соударений может обновлять выходной цифровой сигнал заданное число раз в секунду, которое может находиться в пределах от 15000 до 25000 раз в секунду.

Однако вследствие необходимости взятия выборок для обнаружения неожиданных и переходных

соударений или изменений при движении датчик уровня соударений может потреблять больше энергии по сравнению с датчиком, работающим по принципу да/нет. Кроме того, более производительная или более сложная схема обработки или процессор могут потребоваться для обработки сигналов от датчика уровня соударения по сравнению с датчиком, работающим по принципу да/нет, поскольку необходимо обрабатывать большее количество сигналов и может потребоваться больше этапов обработки.

Процессор 122 выполнен с возможностью приема сигналов от датчика 120 и обновления на основании сигналов, принимаемых от датчика 120, и осуществления подсчета 140, передаваемого в запоминающее устройство 128. В соответствии с этим подсчет 140 в запоминающем устройстве 128 показывает физические соударения, воспринимаемые дросиком 100, в случае уровней соударений, превышающих заданный пороговый уровень.

Заданный пороговый уровень работающего по принципу да/нет датчика определяется выбором работающего по принципу да/нет датчика, который срабатывает только тогда, когда обнаруженный уровень соударения превышает пороговый уровень. Таким образом, процессор 122 выполнен с возможностью приращения подсчета 140 в ответ на любой сигнал от работающего по принципу да/нет датчика.

С другой стороны, заданный пороговый уровень датчика уровня соударений может сохраняться в области установочных параметров 144. Процессор 122 приращивает подсчет 140 в случае, когда сигнал от датчика уровня соударений показывает, что физическое соударение, воспринимаемое дросиком 100, имеет уровень соударения, который превышает заданный пороговый уровень, сохраняемый в области установочных параметров 144.

Установочные параметры 144 можно конфигурировать через интерфейс 124 входа-выхода, который обеспечивает линию связи между схемой 114 управления и внешними устройствами. Интерфейс 124 входа-выхода может быть интерфейсом беспроводной передачи данных, вследствие чего гарантируется, что схема 114 управления будет оставаться в герметичном покрытии. В ином случае интерфейс 124 входа-выхода может быть проводным интерфейсом, и в качестве варианта может иметься связной порт, защищенный удаляемым уплотнением (непоказанным).

Процессор 122 может обеспечивать сигнал активации для активации исполнительного механизма 126, когда подсчет 140 достигает заданного значения, сохраняемого в области установочных параметров 144. Исполнительный механизм 126 может быть электрически соединен с аккумулятором 127 через переключатель 125, который работает под управлением процессора 122. Переключатель 125 может принимать сигнал активации от процессора 122. В ответ на прием сигнала активации переключатель 125 может подключать аккумулятор 127 к исполнительному механизму 126, вследствие чего исполнительный механизм 126 побуждается к активации дросика 100. Сигнал активации может быть импульсом аналогового напряжения или тока, который побуждает переключатель 125 начать действовать, что позволяет току протекать от аккумулятора 127 к исполнительному механизму 126. В ином случае переключатель 125 может управляться при использовании цифрового сигнала с процессора 122.

Для активации дросика 100 исполнительный механизм 126 может создавать силу, достаточную для освобождения втулки 118 от срезных винтов 132, вследствие чего втулка 118 побуждается к скольжению к находящемуся выше по стволу скважины концу 150, входит в зацепление со стопорным механизмом 130 и фиксируется в активированном положении. Как пояснялось ранее, после фиксации в активированном положении сжатие втулки 118 исключается.

В одном примере варианта осуществления исполнительный механизм 126 может включать в себя микрогенератор газа. Сила для освобождения втулки 118 от срезных винтов 132 может создаваться микрогенератором газа, благодаря которой втулка 118 побуждается к скольжению к находящемуся выше по стволу скважины концу 150. Микрогенератор может быть выбран из числа любых доступных для приобретения микрогенераторов газа. Как известно специалисту в данной области техники, микрогенератор газа может включать в себя заряд инициатора и газогенерирующий состав. Заряд инициатора воспламеняет газогенерирующий состав при получении электрического заряда. Аккумулятор 127 может обеспечивать электрический заряд для воспламенения инициатора, когда переключатель 125 начинает действовать в ответ на сигнал активации. Размер и время срабатывания (которое обычно находится в пределах от 2 до 4 мс) микрогенератора газа могут быть выбраны так, чтобы микрогенератор газа был пригоден для использования в дросике 100.

В другом примере варианта осуществления сила срабатывания, необходимая для освобождения втулки 118 от срезных винтов, может создаваться электрическим исполнительным механизмом, таким как электродвигатель, который может снабжаться электроэнергией от источника питания, такого как аккумулятор.

В другом варианте осуществления рабочее давление для активации втулки 118 может быть получено с помощью или в результате химической реакции с горением или без него или путем генерации газов. Например, два или большее количество химикатов могут быть смешаны для генерации газа. В еще одном варианте осуществления сила для освобождения втулки 118 может быть получена при использовании гидравлического давления, создаваемого, например, втеканием жидкостей в полость дросика 100.

Кроме того, схема 114 управления может включать в себя источник питания, такой как аккумулятор 127, для снабжения электроэнергией схемы 114 управления.

Как схематично показано на фиг. 3, датчик 120, интерфейс 124 ввода-вывода, процессор 122 и запоминающее устройство 128 могут быть установлены на печатной плате 312 и при этом соединены друг с другом. Печатная плата 312, переключатель 125 и аккумулятор 127 (или другой подходящий источник питания) могут быть физически закреплены в вырезе 160 на дроснике 100. Исполнительный механизм 126 может быть физически закреплен в вырезе 161 на дроснике 100. Кроме того, в ином случае исполнительный механизм 126 может быть физически закреплен в вырезе 160.

Печатная плата 312 может включать в себя отрицательные и положительные выводы 318, 316 для присоединения печатной платы к аккумулятору 127. Выводы аккумулятора 127 могут быть соединены с проводниками 317, 319, которые затем подключены к выводам 318, 316 печатной платы. Печатная плата может распределять энергию от батареи 127 по модулям, установленным на ней.

Кроме того, аккумулятор 127 может быть соединен при использовании проводника 310 с исполнительным механизмом 126, а при использовании проводника 320 с переключателем 125. Переключатель 125 также может быть соединен с исполнительным механизмом 126 при использовании проводника 311. Кроме того, процессор 122 может быть соединен при использовании проводника 314 с переключателем для передачи сигнала активации.

Схема 114' управления, схематично показанная на структурной схеме, представленной на фиг. 4В, относится к второму примеру варианта осуществления схемы 114 управления. Поэтому схема 114' управления может заменять схему 114 управления. Схема 114' управления включает в себя работающий по принципу да/нет датчик 120', счетчик 140', источник питания, такой как аккумулятор 127, и исполнительный механизм 126. Исполнительный механизм 126 электрически соединен с аккумулятором 127 через переключатель 125.

Работающий по принципу да/нет датчик 120' снабжается электроэнергией от аккумулятора 127 и генерирует выходной импульс аналогового напряжения или тока в случае, когда физическое соударение, воспринимаемое дросником 100, превышает пороговый уровень. Счетчик 140' может быть механическим или электронным счетчиком, который выполнен с возможностью приращения подсчета при приеме выходного импульса от работающего по принципу да/нет датчика 120'. В соответствии с этим подсчет счетчика 140' прирастает, когда физическое соударение, воспринимаемое дросником 100, превышает пороговый уровень работающего по принципу да/нет датчика 120'. Кроме того, счетчик 140' выполнен с возможностью выдачи выходного сигнала, показывающего его подсчет, который может быть электронным сигналом или физическим изменением (например, механический лимб счетчика 140' может поворачиваться). В случае, когда счетчик 140' представляет собой электронный счетчик, он может получать электроэнергию от аккумулятора 127.

Счетчик 140' может включать в себя входной интерфейс 124', чтобы делать возможным прием счетчиком 140' заданного значения, и счетчик 140' может активировать исполнительный механизм 126, когда подсчет достигает заданного значения. Входной интерфейс 124' может быть электронным интерфейсом или механическим интерфейсом, таким как кнопочный интерфейс или механический лимб.

Как показано на фиг. 4В, когда подсчет равен значению, выбранному при использовании входного интерфейса 124', счетчик 140' запускает исполнительный механизм 126 путем генерации импульса аналогового напряжения или тока, который побуждает переключатель 125 начать действовать, вследствие чего делается возможным протекание тока от аккумулятора 127 к исполнительному механизму 126. В ином варианте осуществления, когда подсчет равен значению, выбранному при использовании входного интерфейса 124', вместо генерации импульса счетчик 140' может создавать физическое изменение, которое побуждает переключатель 125 начать действовать.

На фиг. 5 показан схематичный вертикальный вид сбоку скважинной системы 500. Скважинная система 500 может включать в себя ствол 506 скважины, продолжающийся от поверхности и проникающий в подземный геологический пласт 508. Кроме того, скважинная система 500 может включать в себя нефтегазовую буровую установку 502 на земной поверхности. Буровая установка 502 может включать в себя буровую вышку 510 и рабочую площадку 512.

Узел 520 для заканчивания скважины может быть развернут в горизонтальной части ствола 506 скважины. Узел 520 для заканчивания скважины включает в себя скважинную насосно-компрессорную колонну 200, поддерживаемую пакерами 524 или другими изолирующими ствол скважины устройствами. Жидкость для гидравлического разрыва пласта может быть закачана вниз по скважине по насосно-компрессорной колонне 200 при регулируемой подаче насоса/скорости потока.

Пакеры 524 могут разделять кольцевое пространство 526, образованное между узлом 520 для заканчивания скважины и внутренней стенкой ствола 506 скважины. Таким образом, подземный пласт 508 может быть эффективно разделен на многочисленные области 528 (показанные как области 528a, 528b и 528c), которые можно моделировать и разрабатывать независимо. Хотя на фиг. 5 показаны только три области 528a-c, любое количество областей 528 может быть образовано или же использовано в скважинной системе 500.

Каждая область 528 может включать в себя одну или несколько скользящих гильз 300 (показанных как скользящие гильзы 300a, 300b и 300c), расположенных в связи с насосно-компрессорной колонной 200 или же образующих неотъемлемые части ее. Каждая скользящая гильза 300a-c является подвижной в

насосно-компрессорной колонне 200 для открывания одного или нескольких отверстий 232 (показанных как отверстия 232a, 232b и 232c), образованных в насосно-компрессорной колонне 200. После открывания отверстия 232a-с обеспечивают сообщение по текучей среде между кольцевым пространством 526 и внутренней стороной насосно-компрессорной колонны 200. В таком случае находящаяся под повышенным давлением жидкость 518 для гидравлического разрыва пласта может быть выпущена для разрыва пласта 508.

Кроме того, каждая скользящая гильза 300a-с включает в себя посадочные структуры 350 (показанные как посадочные структуры 350a, 350b и 350c). Посадочные структуры 350a-с образуют препятствие в насосно-компрессорной колонне 200 для прихвата дротика 100. Посадочные структуры 350a, 350b и 350c расположены вдоль насосно-компрессорной колонны 200, при этом каждая посадочная структура расположена на расстоянии по меньшей мере 10 м от следующей посадочной структуры.

Для перемещения гильз 300a-с в положение открывания и тем самым открывания соответствующих отверстий 232a-с дротик 100 (непоказанный) может быть транспортирован в насосно-компрессорную колонну 200. После этого дротик 100 перемещается по насосно-компрессорной колонне 200 до тех пор, пока дротик 100 не разместится на посадочной структуре 350a-с выбранной скользящей гильзы 300a-с. Дротик 100 может быть прокачан по насосно-компрессорной колонне 200 вместе с жидкостями для гидравлического разрыва пласта.

Дротик 100 может быть транспортирован в насосно-компрессорную колонну 200 в неактивном состоянии. Дротик 100 активируют перед достижением выбранной скользящей гильзы 300a-с и после прохождения через предшествующую скользящую гильзу 300a-с, чтобы тем самым разместить его на этой выбранной скользящей гильзе 300a-с. Например, если выбранной скользящей гильзой является 300c, то дротик 100 активируют после прохождения через скользящую гильзу 300b и перед достижением скользящей гильзы 300c. Согласно другому примеру, если выбранной скользящей гильзой является 300b, то дротик 100 активируют после прохождения через скользящую гильзу 300a и перед достижением скользящей гильзы 300b. Согласно еще одному примеру, если выбранной скользящей гильзой является 300a (то есть, первая скользящая гильза 300), то дротик 100 может быть транспортирован в насосно-компрессорную колонну 200 в активированном состоянии.

После транспортирования в насосно-компрессорную колонну 200 дротик 100 перемещается со скоростью, находящейся в пределах 2,5-12 м/с. При такой скорости дротик 100 может переместиться на 10 м за время от около 0,8 до около 4 с. Следовательно, время, необходимое для активации дротика 100, может быть в пределах от 2 до 4 мс. Как может быть понятно специалистам в данной области техники, 10 метров представляют собой типичное расстояние между двумя соседними скважинными инструментами, такими как посадочные структуры 350.

Скорость дротика 100 можно регулировать путем регулирования скорости потока/нагнетания жидкостей для гидравлического разрыва. Согласно одному примеру скорость потока задают в пределах от 2 до 8 м³/мин.

Когда дротик 100 перемещается по насосно-компрессорной колонне 200 с упомянутыми выше скоростями, дротик 100 воспринимает физическое соударение, имеющее уровень соударения, превышающий пороговый уровень датчика 120, когда он проходит в неактивном состоянии через каждую одну из посадочных структур 350. Поэтому датчик 120 обнаруживает соударение каждый раз, когда дротик 100 в неактивном состоянии соприкасается с посадочной структурой 350, в случае уровня соударения, превышающего пороговый уровень, и генерирует сигнал. В ответ на сигнал процессор 122 приращивает подсчет 140 (или счетчик 140¹ приращивает подсчет). В соответствии с этим подсчет показывает количество физических соударений, воспринимаемых дротиком 100, которые превышают пороговый уровень (и это может указывать на посадочные структуры 350, через которые проходит дротик 100).

Кроме того, когда дротик 100 перемещается по насосно-компрессорной колонне 200, дротик 100 может подвергаться воздействию других соударений. Например, воздействию соударений со стенками насосно-компрессорной колонны 200 или другими структурами в насосно-компрессорной колонне 200. Поэтому пороговый уровень физического соударения для приращения подсчета следует задавать значительно более высоким по сравнению с нижним пределом. В одном варианте осуществления пороговый уровень может быть в 4 раза выше нижнего предела.

В одном примере варианта осуществления нижний предел может быть 200 г (196 м/с²), пороговый уровень удара может быть 500 г (490 м/с²), а поверхностная структура 110 может быть выполнена таким образом, что дротик 100 будет подвергаться воздействию физического соударения, имеющего уровень соударения 800 г (785 м/с²), при прохождении через посадочные структуры 350 в насосно-компрессорной колонне 200.

Однако уровень физического соударения, воспринимаемого дротиком 100, может изменяться в зависимости от любого одного из следующих факторов: скорости, с которой дротик 100 транспортируется по насосно-компрессорной колонне 200, скорости потока/закачки жидкостей для гидравлического разрыва, массы дротика 100, материалов, использованных для изготовления пальцев 115, количества пальцев 115, толщины пальцев 115 (особенно на месте прикреплении к втулке 118), формы контактного наконечника 116, угла и формы посадочных структур 350. В соответствии с этим в различных вариантах

осуществления пороговый уровень удара может быть задан в зависимости от нескольких факторов.

В одном примере варианта осуществления датчик 120 может быть выполнен с возможностью обнаружения силы соударения дротика 100 только по одному направлению, и в частности, вдоль продольной оси дротика 100 и насосно-компрессорной колонны 200 (оси 1, показанной на фиг. 12-15). Следствием соударения дротика 100 с посадочными структурами 350 может быть сила, направленная преимущественно вдоль продольной оси дротика 100. В соответствии с этим менее вероятно, что датчик, выполненный с возможностью обнаружения силы соударения только по одному направлению, обнаружит другие соударения, и поэтому он менее предрасположен к образованию ложно-позитивных сигналов.

В соответствии с этим дротик 100 выполнен с возможностью восприятия уровня соударения, который превышает пороговый уровень, при соударении с посадочной структурой 350, и восприятия уровней соударений, которые значительно ниже, чем пороговый уровень, при соударении с другими структурами в насосно-компрессорной колонне 200. Поскольку подсчет 140 не прирастает за исключением тех случаев, когда уровень соударения больше, чем пороговый уровень соударения, такие другие соударения не будут подсчитываться и могут быть исключены.

На фиг. 6-9 более детально представлены в качестве примеров скважинная насосно-компрессорная колонна 200, гильза 300 и посадочная структура 350.

На фиг. 6 отдельно показана в качестве примера секция скважинной насосно-компрессорной колонны 200, предназначенная для использования вместе со скважинной системой 500. Каждая секция насосно-компрессорной колонны 200 может иметь наружный кожух 210, одно или несколько отверстий 232 и верхний и нижний соединительные элементы 222, 220 для осуществления соединений многочисленных секций насосно-компрессорной колонны, чтобы образовать скважинную насосно-компрессорную колонну 200.

Кроме того, секция скважинной насосно-компрессорной колонны 200 может иметь штифты 226, которые продолжают внутрь от наружного кожуха 210, для сцепления с гильзой 300. Штифты 226 могут быть частично резьбовыми, так что штифты 226 могут быть закреплены в расточенных отверстиях в насосно-компрессорной колонне 200. Согласно одному примеру штифты 226 имеют верхний резьбовой участок и нижний стержень без резьбы.

Кроме того, секция скважинной насосно-компрессорной колонны 200 может иметь срезные штифты 228, которые продолжают внутрь от наружного кожуха 210 для сцепления с гильзой 300. Штифты 228 могут быть частично резьбовыми, так что штифт 228 может находиться в резьбовом соединении с внутренней резьбой отверстия 227 под штифт. Согласно одному примеру штифты 228 имеют верхний резьбовой участок и нижний стержень без резьбы.

Как можно видеть на фиг. 8 и 9, насосно-компрессорная колонна 200 также имеет внутреннюю канавку 242, функция которой будет рассмотрена ниже.

Как показано отдельно на фиг. 7, скользящая гильза 300 может быть установлена во внутреннем канале 202 насосно-компрессорной колонны 200 (как показано на фиг. 8) для избирательного запираения отверстий 232 на интервале 528a-c. Гильза 300 может скользить в насосно-компрессорной колонне 200 для открывания отверстий 232 (как показано на фиг. 9).

Гильза 300 может иметь один или несколько продольных пазов 328 во внешней поверхности, каждый для приема штифта 226 насосно-компрессорной колонны 200. Согласно одному примеру нижний, не имеющий резьбы стержень штифта 226 входит в контакт с продольным пазом 328. Тем самым перемещение гильзы 300 ограничивается штифтами 226, поскольку штифты 226 сталкиваются со стенками пазов 328. Поэтому штифты 226 могут направлять перемещение гильзы 300 по направлению длины насосно-компрессорной колонны 200. Кроме того, штифты 226 могут предотвращать поворот/вращение гильзы 300 внутри насосно-компрессорной колонны 200.

Гильза 300 также может иметь глухие отверстия 327. Для удержания гильзы 300 срезные штифты 228 могут быть расположены в отверстиях 227 под штифт в насосно-компрессорной колонне 200 и в глухих отверстиях 327 в гильзе 300. Срезные штифты 228 могут разрушаться, когда достаточное давление прикладывается к гильзе 300 дротиком 100, что позволяет гильзе 300 скользить до состояния открывания.

Гильза 300 может иметь кольцевую канавку 342 вокруг внешней поверхности гильзы. Пружинное кольцо 340 может быть закреплено в кольцевой канавке 342. Пружинное кольцо 340 может быть изготовлено из металла, такого как сталь. Пружинному кольцу 340 могут быть приданы размеры и конфигурация, обеспечивающие посадку по окружности кольцевой канавки 342, но в естественном состоянии она выступает за пределы внешней поверхности гильзы 300. Пружинное кольцо 340 является упругим и может быть сжато для посадки в канавку 342, так что когда гильза 300 вставлена в насосно-компрессорную колонну 200 вместе с установленным пружинным кольцом 340, пружинное кольцо 340 давит на внутреннюю стенку насосно-компрессорной колонны 200, но позволяет гильзе 300 скользить в насосно-компрессорной колонне 200 до достижения гильзой 300 положения, при котором канавка 342 совмещается с внутренней канавкой 242 в насосно-компрессорной колонне 200 (это положение называется в этой заявке положением открывания, поскольку, когда гильза 300 находится в этом положении, отверстия 232 открыты). Когда гильза 300 перемещается в положение открывания, пространство, обес-

печиваемое канавкой 242 позволяет пружинному кольцу 340 отпружинить до естественного состояния и выступить над канавкой 342, поэтому оно действует как стопор для фиксации гильзы в положении открывания. Таким образом, когда гильза 300 находится в положении открывания, пружинное кольцо 340 может находиться в зацеплении как с канавкой 342, так и канавкой 242 во внутренней стенке насосно-компрессорной колонны 200 для фиксации гильзы 300 в положении открывания (фиг. 9).

Кроме того, гильза 300 включает в себя посадочную структуру 350 (фиг. 8-9), установленную на ней. Посадочная структура 350 может иметь стенку 314, которая задает внутреннее окно (непоказанное), через которое дротик 100 может проходить, когда он находится в неактивном состоянии, но не может проходить через нее, когда находится в активированном состоянии. В неактивном состоянии выступающие части 111 пальцев 115 могут соприкоснуться со стенкой 314 и это является причиной восприятия дросселем 100 соударения, превышающего пороговый уровень. Однако контактные наконечники 116 пальцев 115 могут изгибаться под действием силы соударения, что позволяет дротику 100 проходить через посадочную структуру 350. Однако внутреннему окну посадочной структуры 350 приданы такие размеры и форма, что прохождение дротику 100 через него предотвращается, если контактные наконечники 116 пальцев не могут изогнуться внутрь к стенке корпуса. Поэтому, когда дротик 100 находится в активированном состоянии (то есть, когда пальцы 115 не являются сжимаемыми), он будет зацепляться и размещаться на посадочной структуре 350. По существу, посадочная структура 350 имеет узкое внутреннее окно, через которое дротику 100 дозволяется проходить только в случае, когда дротик 100 находится в неактивном состоянии.

Кроме того, стенке 314 и внутреннему окну посадочной структуры 350 может быть придана форма, обеспечивающая взаимодействие с контактными наконечниками 116, чтобы побудить дросселем 100 воспринимать физическое соударение, имеющее уровень соударения, превышающий пороговый уровень, при прохождении через окно.

На фиг. 10 показана блок-схема последовательности действий способа 1200 использования дротику 100 для выполнения операций в стволе скважины с многочисленными интервалами, таком как ствол 506 скважины скважинной системы 500 (фиг. 5).

На этапе 1206 определяют рабочие параметры дротику 100. Примеры рабочих параметров, которые могут быть определены, включают в себя пороговый уровень датчика 120 и подсчет, при котором дросселем 100 активируется. Согласно одному примеру одну из множества скользящих гильз 300 выбирают для приведения в действие и дросселем 100 выполняют с возможностью нацеливания на приведение в действие выбранной скользящей гильзы 300. В одном варианте осуществления прежде всего выбирают для приведения в действие находящуюся ниже всех по стволу скважины скользящую гильзу 300с, после этого соседнюю, находящуюся внизу ствола скважины скользящую гильзу 300b, и это делают до тех пор, пока не доберутся до находящейся выше всех по стволу скважины скользящей гильзы 300a. При этом процессор 122/счетчик 140' принимает заданное значение, соответствующее количеству соударений, превышающих пороговый уровень, который определяют для дротику 100 перед активацией. Например, в конфигурации, показанной на фиг. 11А-11С, для заданной скользящей гильзы 300с заданное значение может быть задано равным 2, поскольку дротику 100 необходимо пройти через две (2) находящиеся выше по стволу скважины гильзы 300a и 300b перед достижением гильзы 300с.

Процессор 122 (фиг. 4) может принимать заданное значение через интерфейс 124 входа-выхода и это значение может сохраняться в области установочных параметров 144. Аналогично этому счетчик 140' (фиг. 4В) может принимать заданное значение через входной интерфейс 124'.

В качестве варианта на этапе 1206 пороговый уровень датчика 120 также может быть задан и сохранен в области установочных параметров 144.

После определения рабочих параметров на этапе 1208 дросселем 100 выпускают в скважинную насосно-компрессорную колонну (НКК) 200, которая может быть заполнена жидкостью для гидравлического разрыва пласта, чтобы привести в действие выбранную скользящую гильзу 300. Например, для приведения в действие скользящей гильзы 300с дросселем 100 после выпуска перемещают по скважинной насосно-компрессорной колонне 200 через скользящую гильзу 300a и посадочную структуру 350a (фиг. 11А), через скользящую гильзу 300b и посадочную структуру 350b (фиг. 11В) до достижения скользящей гильзы 300с и посадочной структуры 350с (фиг. 11С). Жидкость для гидравлического разрыва пласта в скважинной насосно-компрессорной колонне 200 взаимодействует со стабилизатором 156 (фиг. 1) для образования силы, которая продвигает дросселем 100 вперед по скважинной насосно-компрессорной колонне 200.

Когда дросселем 100 перемещается в скважинной насосно-компрессорной колонне 200, дросселем 100 выполняет этапы способа 400. Способ 400 иллюстрирует пример способа, реализуемого приводящим в действие дросселем 100, когда он перемещается по насосно-компрессорной колонне 200. Этапы способа 400 могут выполняться процессором 122 схемы 114 управления из фиг. 4А или схемой 114' управления из фиг. 4В.

Когда дросселем 100 перемещается в скважинной насосно-компрессорной колонне 200, дросселем 100 подвергается воздействию физических соударений с различными уровнями, таких как удары (например, вследствие изменений давления жидкости, вследствие соприкосновения с внутренними стенками сква-

жинной насосно-компрессорной колонны 200 или с другими структурами в скважинной насосно-компрессорной колонне 200, вследствие соприкосновения контактных наконечников 116 с посадочными структурами 350 в скважинной насосно-компрессорной колонне 200 и т.д.). Когда дротик 100 соприкасается с внутренними компонентами в насосно-компрессорной колонне 200, соударения могут обнаруживаться датчиком 120.

Когда способ 400 реализуется процессором 122 схемы 114 управления (фиг. 4А), на этапе 404 после соударения процессор 122 принимает сигнал от датчика 120. Если датчик 120 представляет собой датчик уровня соударения, то в ответ на прием сигнала от датчика 120 процессор 122 на этапе 406 определяет, превышает ли уровень обнаруженного соударения пороговый уровень соударения или равен ему. Если это имеет место, на этапе 408 подсчет соударений приращивается. С другой стороны, когда датчик 120 представляет собой работающий по принципу да/нет датчик, процессор 122 на этапе 408 приращивает подсчет (то есть, этап 406 пропускается) в ответ на прием каждого сигнала от датчика 120, поскольку работающий по принципу да/нет датчик образует сигнал только тогда, когда уровень соударения превышает пороговый уровень соударения или равен ему. На этапе 410 процессор 122 определяет, равен ли подсчет заданному значению, соответствующему количеству соударений, превышающему пороговый уровень, который для дротика 100 был определен для обнаружения перед активацией. Если это так, процессор 122 на этапе 412 запускает исполнительный механизм 126 и тем самым приводящий в действие дротик 100. В противном случае в способе 400 осуществляют возврат к этапу 404.

Когда способ 400 реализуется схемой 114' управления (фиг. 4В), на этапе 404 после соударения счетчик 140' принимает сигнал от работающего по принципу да/нет датчика 120' и на этапе 408 приращивает подсчет (то есть, этап 406 пропускается) в ответ на прием сигнала от датчика 120'. Если на этапе 410 подсчет равен заданному значению, в способе осуществляют переход к этапу 412 и схема 114' управления запускает исполнительный механизм 126 и при этом активирует приводящий в действие дротик 100. В противном случае в способе 400 осуществляется возврат к этапу 404.

В одном варианте осуществления запуск исполнительного механизма 126 вызывает скольжение втулки 118 к находящему выше по стволу скважины концу дротика 100, при этом втулка 118 фиксируется в активированном положении. В активированном положении пальцы 115 сцепляются со стопорным механизмом 130, который поддерживает втулку 118 выступающей, и больше не могут изгибаться внутрь, так что дротик 100 не может перемещаться через посадочную структуру в следующую заданную гильзу 300с.

Перед соприкосновением дротика 100 с посадочной структурой 350а (фиг. 11А) подсчет соударения первоначально задают равным 0 и дротик 100, находящийся в неактивном состоянии, будет проходить через посадочную структуру 350а. Соприкосновение с посадочной структурой 350а вызывает физическое соударение, которое превышает заданный пороговый уровень соударения, поэтому датчик 120 обнаруживает соударение и выдает сигнал к процессору 122 или счетчику 140', а в ответ процессор 122/счетчик 140' приращивает подсчет 140 от 0 до 1. Поскольку 1 меньше 2, то дротик 100 все еще находится в неактивном состоянии, когда он соприкасается с посадочной структурой 350b (фиг. 11В), так что дротик 100 может также пройти через посадочную структуру 350b. Соударение, вызванное соприкосновением дротика 100 с посадочной структурой 350b, будет превышать пороговый уровень, поскольку подсчет соударений приращен от 1 до 2. В этот момент дротик 100 активируется. Соударения с посадочной структурой 350а и с посадочной структурой 350b могут вызывать замедление дротика 100.

Как может быть понятно специалистам в данной области техники, контактные наконечники 116 пальцев 115 сдавливаются при соударении с посадочной структурой 350а и с посадочной структурой 350b (фиг. 13) и могут изгибаться внутрь, когда они не поддерживаются, и имеется зазор между контактными наконечниками 116 и корпусом 117, что позволяет дротику 100 проходить через посадочные структуры 350а, 350b. Составляющая силы соударения контактных наконечников 116 с посадочной структурой 350 направлена по продольной оси дротика 100 и насосно-компрессорной колонны 200 (оси 1). Поскольку контактные наконечники 116 обычно имеют возможность изгибаться внутрь по радиальному направлению дротика 100 и насосно-компрессорной колонны 200 (по оси г), составляющая силы по радиальному направлению побуждает контактные наконечники 116 изгибаться к внешней поверхности 112 корпуса 117. Такое изгибание обеспечивает необходимый зазор для дротика 100, чтобы он непрерывно перемещался в насосно-компрессорной колонне 200 в неактивном состоянии (см. фиг. 12 и 13).

Как отмечалось, после того как в описываемом примере подсчет 140 соударений достигает выбранного порогового значения, 2 в описываемом примере, дротик 100 активируется. То есть, дротик 100 активируется после прохождения через гильзу 300b, чтобы дротик 100 доходил до втулки 300с в активированном состоянии (фиг. 11С).

Поскольку в активированном состоянии изгибание внутрь контактных наконечников 116 предотвращается, дротик 100 не может пройти через выбранную посадочную структуру 350с и размещается на ней (см. фиг. 11С и фиг. 14). Как лучше показано на фиг. 14, контактные наконечники 116 поддерживаются скользящей втулкой 118 выступающими к находящемуся выше по стволу скважины концу дротика 100 и фиксируют скользящую втулку 118 в этом положении. Втулка 118 перемещается в фиксированное положение исполнительным механизмом 126, который, в свою очередь, запускается контролле-

ром, таким как схема 114 управления, когда подсчет соударений достигает порогового значения 2.

Вернемся к способу 1200, в котором после размещения дротик 100 может быть использован на этапе 1210 для приведения в действие и скольжения выбранной гильзы 350с в положение открывания (фиг. 15). Стабилизатор 156 взаимодействует со стенками насосно-компрессорной колонны 200 для создания уплотнения, которое по меньшей мере частично задерживает протекание жидкости около корпуса 117, когда дротик 100 размещен, и повышает давление жидкости на находящемся выше по потоку конце 150. В некоторых вариантах осуществления стабилизатор 156 может быть выполнен из гибкого материала, такого как резина, что позволяет стабилизатору 156 изгибаться к внутренним стенкам насосно-компрессорной колонны 200 в ответ на повышенное давление жидкости, вследствие чего создается более герметичное уплотнение с внутренними стенками насосно-компрессорной колонны 200. Кроме того, для повышения герметичности дротик 100 может иметь уплотнения, прикрепленные к гребенчатым структурам 162.

В варианте осуществления сила соударения, создаваемая дросиком 100 при соприкосновении с посадочной структурой 350с, и повышенное давление жидкости вследствие уплотнения, создаваемого стабилизатором 156, совместно могут быть достаточными для побуждения гильзы 300с к скольжению в положение открывания, поэтому отверстия 232 открываются (например, благодаря разрушению срезных штифтов 228, показанных на фиг. 6).

В других вариантах осуществления шар 36 может транспортироваться по насосно-компрессорной колонне 200 до соприкосновения с дросиком 100, благодаря чему образуется сила, необходимая для открывания отверстий гильзой 300с. Когда шар 136 достигает дросика 100, дротик 100 принимает и удерживает шар 136 в приемнике 166. Шар 136 может удерживаться в приемнике 166, поскольку давление жидкости и поток жидкости могут создавать силу, прижимающую шар 136 в приемнике 166. После размещения в приемнике 166 шар 136 может задерживать протекание жидкости по жидкостному трубопроводу 138 и тем самым вызывать повышение давления жидкости, которое наряду с повышенным давлением, создаваемым стабилизатором 156, может побуждать гильзу 300с скользить в положение открывания. В некоторых случаях соударение, создаваемое шаром 136, соприкасающимся с дросиком 100, может быть достаточным для приведения в действие гильзы 300с.

В других вариантах осуществления шар 136 может быть прикреплен к дросику 100, когда дротик 100 выпускается в насосно-компрессорную колонну 200, и перемещается вместе с дросиком 100 по насосно-компрессорной колонне 200. В таком случае после размещения дросика 100 на посадочной структуре 350с результирующее повышенное давление жидкости побуждает гильзу 300с скользить в положение открывания.

На этапе 1212 область 528с, соответствующая выбранной гильзе 300с, может быть стимулирована. Стимуляция интервала может включать в себя закачку жидкости 518 для гидравлического разрыва при высоком давлении через открытые отверстия этого интервала для разрыва породной формации 508 (фиг. 11D и 15).

На этапе 1214 определяют необходимость стимуляции другой области из числа областей 528а-с. Если да, то на этапе 1216 предыдущую область (то есть, область 528с) закупоривают пробкой. Область 528с может быть закупорена на гильзе 300с транспортируемым к дросику 100 шаром 136, вследствие чего закупоривается жидкостный трубопровод 138 дросика 100. Этап 1216 может быть пропущен, если шар 136 прикрепляют к дросику 100 и перемещают вместе с дросиком 100 по насосно-компрессорной колонне (НКК) 200.

Затем в способе 1200 переходят к этапу 1206, на котором новый дротик 100 конфигурируют и выпускают в ствол 506 скважины к открытым отверстиям 232, связанным с областью 528b. Способ может быть повторен еще раз для заданной области 528а. Как показано на фиг. 11E, после стимуляции областей 528а-528с дросики 100а-100с и шары 136а-136с остаются расположенными на посадочных структурах 350а-350с вследствие того, что выступающие части 111а-111b дросиков поддерживаются и не изогнуты.

Таким образом, скважинные работы могут быть проведены поэтапно при транспортировке следующих друг за другом предварительно сконфигурированных дросиков 100, каждый из которых нацелен на гильзу 300 в отдельной области 528. После стимуляции всех областей 528а-528с на этапе 1217 дросики 100а-100с и шары 136а-136с могут быть удалены, что позволит на этапе 1218 осуществить процесс добычи углеводородов.

Чтобы сделать возможным легкое удаление дросиков 100а-100с корпус дросиков 100а-100с может быть выполнен из материала, который разлагается или растворяется при контакте с растворяющими жидкостями. Примеры таких материалов включают в себя сплавы на основе магния и сплавы на основе алюминия. Таким образом, после стимуляции областей 528а-528с растворяющие жидкости могут быть закачаны вниз по насосно-компрессорной колонне 200 для растворения дросиков 100а-100с.

В ином случае корпус 117 может быть выполнен из разбухающего материала, такого как чугун с шаровидным графитом сорта 80-55-06. После стимуляции областей 528а-528с буровой инструмент может быть использован для бурения сквозь дросики 100а-100с.

В ином случае дросики 100а-100с и шары 136а-136с могут быть выкачаны на поверхность вместе с жидкостью. Шары 136а-136с могут быть отделены от дросиков 100а-100с и подняты отдельно дросиков.

Выступающие элементы 154 на скважинном конце каждого дротика предотвращают преграждение шарми потока жидкостей. Например, когда шары 136с отделены от дротика 100с и размещены на выступающих элементах 154b дротика 100b, жидкость все же может протекать в стороны от дротиков 100b, 100с.

Таким образом, дротик 100 включает в себя датчик 120 для обнаружения уровня удара, воспринимаемого дротиком, когда он перемещается по скважинной насосно-компрессорной колонне. Неактивный дротик 100 соударяется с посадочными структурами 350 в скважинной насосно-компрессорной колонне 200 и при соударении с каждой посадочной структурой 350 подвергается воздействию соударения, имеющего уровень соударения, превышающий пороговый уровень. Датчик 120 образует сигнал, показывающий, что дротик 100 подвергается воздействию соударения, имеющего уровень соударения, превышающий пороговый уровень, вследствие чего дротик 100 побуждается к приращению подсчета количества посадочных структур 350, пересеченных им. После того как дротик 100 определяет, что он пересек заданное количество посадочных структур 350, дротик 100 активируется. После активации дротик 100 больше не может проходить через посадочные структуры 350 в скважинной насосно-компрессорной колонне 200 и размещается на следующей посадочной структуре 350, на которую он наталкивается.

Подсчет 140 не прирастает пока дротик не подвергается воздействию соударений, уровень которых превышает пороговый уровень. Для исключения приращения подсчета 140 пока дротик 100 не соударяется с посадочной структурой 350 пороговый уровень соударения для приращения подсчета 140 может поддерживаться на более высоком уровне, чем уровень соударения между дротиком и другими структурами в насосно-компрессорной колонне. Таким образом, ложные результаты могут быть исключены.

Кроме того, действие дротика 100 не основано на обнаружении каких-либо внешних воздействий; датчик 120 измеряет перемещение дротика 100, когда он перемещается в насосно-компрессорной колонне. В противоположность этому, датчик, который является чувствительным к внешним воздействиям в насосно-компрессорной колонне 200 или к управляющим сигналам с буровой установки 502, может не обнаруживать внешние воздействия или управляющие сигналы вследствие быстрого темпа перемещения дротика и суровых условий в насосно-компрессорной колонне 200. Таким образом, датчик 120 является менее предрасположенным к неспособности обнаружения, когда дротик 100 проходит через посадочную структуру 350 в насосно-компрессорной колонне 200.

Кроме того, дротик 100 работает автономно без установления связи с другими устройствами, когда он перемещается по насосно-компрессорной колонне 200. Например, для дротика 100 не требуются управляющие сигналы от внешних устройств в то время, когда дротик 100 находится в насосно-компрессорной колонне 200. Связь с другими устройствами может быть непредсказуемой вследствие суровых условий в насосно-компрессорной колонне. Таким образом, при автономной работе дротика 100 исключается нарушение связи с внешними устройствами, а работа может быть более надежной.

В различных вариантах осуществления конструкция дротика 100 может быть модифицирована. Дротик 100 имеет выступающую часть 111 на поверхностной структуре, которая соударяется с препятствием в насосно-компрессорной колонне 200. Различные способы можно использовать, чтобы выполнять дротик 100 с возможностью восприятия соударения, имеющего уровень соударения, который превышает пороговый уровень. Кроме того, выступающая часть 111 выполнена с возможностью сжатия при соударении с препятствием, когда дротик 100 является неактивным, что позволяет дротику 100 проходить мимо препятствия в насосно-компрессорной колонне 200. Различные способы можно использовать для обеспечения сжатия выступающей части 111 при соударении с препятствием в насосно-компрессорной колонне 200, когда дротик 100 является неактивным.

Кроме того, выступающая часть 111 выполнена с возможностью сохранения выступающей при соударении, когда дротик 100 активирован, вследствие чего дротик 100 размещается на препятствии и приводит в действие инструмент на препятствии. Можно использовать различные способы, чтобы выступающую 111 часть поддерживать выступающей при соударении с препятствием в насосно-компрессорной колонне 200, когда дротик 100 активирован.

В одном примере варианта осуществления корпус 117 дротика 100 может иметь диаметр в пределах от 6 до 12 см, длину в пределах от 30 до 40 см и массу в пределах от 3 до 7 кг. В одном варианте осуществления жидкостный трубопровод 138 может иметь диаметр от 2 до 5 см вблизи находящего выше по стволу скважины конца 150. В одном варианте осуществления жидкостный трубопровод 138 может быть шире на скважинном конце 152, чем на находящемся выше по стволу скважины конце 150. В одном варианте осуществления вырез 160 имеет длину приблизительно от 5 до 8 см, ширину от 2 до 3 см и толщину от 1 до 2 см.

В одном варианте осуществления каждый палец 115 может иметь ширину от 1 до 3 см и длину от 5 до 8 см. В примерах вариантов осуществления количество пальцев 115 может быть в пределах от 8 до 15 пальцев. Выбираемое количество пальцев 115 можно изменять в зависимости от диаметра корпуса 117 и ширины каждого пальца.

Заключение

Отдельные варианты осуществления настоящего изобретения могут быть использованы в различных областях и применениях.

Другие признаки, модификации и применения вариантов осуществления, описанных в этой заявке, могут быть поняты специалистами в данной области техники, принявшими во внимание описание, изложенное в этой заявке.

Следует понимать, что любые пределы значений, представленные в этой заявке, предполагаются включающими любое промежуточное значение или поддиапазон в заданных пределах, а все такие промежуточные значения и поддиапазоны индивидуально и точно описаны.

Слово "включает" или вариации его, такие как "включает в себя" или "включающий", следует понимать означаям присоединение заданного целого числа или группы целых чисел, но без исключения любого другого целого числа или группы целых чисел.

Кроме того, следует понимать, что в этой заявке неопределенный артикль предполагается означаям "один или несколько" или "по меньшей мере один", а любая форма единственного числа предполагается включающей формы множественного числа.

Кроме того, следует понимать, что термин "содержит", в том числе любая вариация его, предполагается расширяемым и означает "включает в себя, но не исключительно", если в противоположность этому конкретно не указано иное.

Когда перечисление элементов в этой заявке приводится с использованием слова "или" перед последним перечислением, любой один из перечисленных элементов или любая подходящая комбинация двух или большего количества перечисленных элементов может быть выбрана и использована.

Конечно, описанные выше варианты осуществления настоящего изобретения предполагаются только иллюстративными и никоим образом не ограничены. Описанные варианты осуществления допускают многочисленные модификации формы, компоновки частей, деталей и порядка действий. Точнее, изобретение предполагается включающим любую такую модификацию в рамках объема изобретения, определенного в формуле изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Дротик для приведения в действие скважинного инструмента, расположенного в скважине, причем скважина содержит насосно-компрессорную колонну и множество посадочных структур, установленных в скважинной насосно-компрессорной колонне, при этом каждая посадочная структура содержит посадочное место для размещения дротика в нем, при этом дротик содержит

корпус, выполненный с возможностью перемещения в скважинной насосно-компрессорной колонне;

поверхностное средство на внешней поверхности корпуса, имеющую неактивное состояние и активированное состояние и выполненную с возможностью (i) разрешения перемещения дротика через посадочные структуры, когда поверхностное средство находится в неактивном состоянии, или (ii) размещения на выбранном одном из посадочных мест в скважинной насосно-компрессорной колонне, когда поверхностное средство находится в активированном состоянии, при этом дротик выполнен с возможностью восприятия физического соударения, имеющего уровень соударения, превышающий пороговый уровень, при прохождении через каждую одну из множества посадочных структур;

датчик соударения, заключенный в корпус, выполненный с возможностью генерации сигнала в ответ на ускорение дротика, являющегося результатом физического соударения, воспринимаемого дротиком;

контроллер, размещенный в корпусе и поддерживающий связь с датчиком соударения для приема сигнала от датчика, при этом контроллер выполнен с возможностью определения на основании сигналов, принимаемых от датчика соударения, количества посадочных структур пройденных дротиком, и активации поверхностного средства, когда количество посадочных структур, пройденных дротиком, достигает заданного значения, при этом

уровень соударения является показателем уровня ударного воздействия или уровня ускорения дротика, являющегося результатом физического соударения, при этом

поверхностное средство содержит подвижный элемент, перемещаемую между первым положением и вторым положением на внешней поверхности корпуса, при этом поверхностное средство является сжимаемой, когда подвижный элемент находится в первом положении, чтобы сделать возможным прохождение дротика через множество посадочных структур, и является несжимаемой во втором положении, чтобы сделать возможным сцепление поверхностного средства с выбранным посадочным местом для размещения дротика на выбранном посадочном месте, причем любой контакт дротика с насосно-компрессорной колонной или каким-либо объектом в насосно-компрессорной колонне, имеющий уровень соударения меньше, чем пороговый уровень, не учитывается при определении количества посадочных структур, пройденных дротиком.

2. Дротик по п.1, в котором датчик содержит датчик ударов, акселерометр, акустический датчик,

гироскоп, тензометрический датчик, датчик приближения, пьезоэлектрический датчик, пьезорезистивный датчик или емкостный датчик.

3. Дротик по п.1, в котором контроллер выполнен с возможностью приращения подсчета в ответ на каждый один из сигналов, принимаемых от датчика, при этом подсчет показывает количество физических соударений, воспринимаемых дротиком при превышении уровня соударения над пороговым уровнем.

4. Дротик по п.1, в котором сигнал от датчика показывает уровень удара при физическом соударении или уровень ускорения дротика, являющегося следствием физического соударения.

5. Способ размещения приводящего в действие дротика в скважине, включающий в себя этапы, на которых

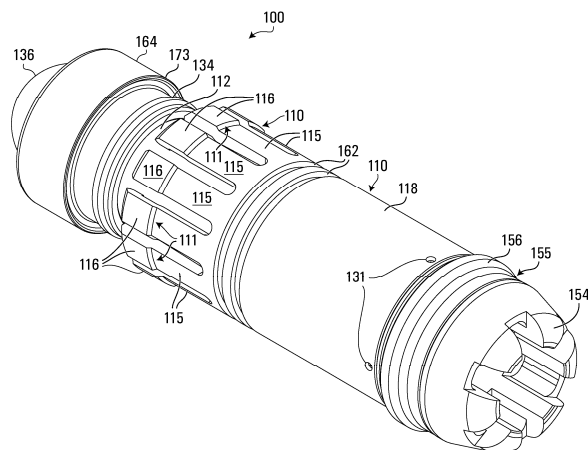
обнаруживают физическое соударение, воспринимаемое приводящим в действие дротиком в то время, когда приводящий в действие дротик перемещается вниз по скважине в скважинной насосно-компрессорной колонне, при этом приводящий в действие дротик выполнен с возможностью размещения на скважинном посадочном месте в скважинной насосно-компрессорной колонне;

определяют количество физических соударений, воспринимаемых приводящим в действие дротиком, при этом каждое из физических соударений имеет уровень соударения, который превышает выбранный пороговый уровень соударения; и

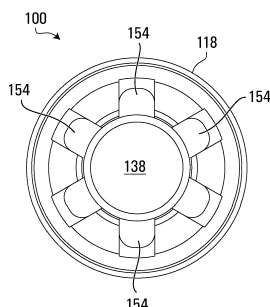
размещают приводящий в действие дротик на скважинном посадочном месте или пропускают приводящий в действие дротик мимо скважинного посадочного места на основании количества физических соударений, воспринимаемых приводящим в действие дротиком, при этом

уровень соударения является показателем уровня ударного воздействия или уровня ускорения дротика, являющегося результатом физического соударения, при этом

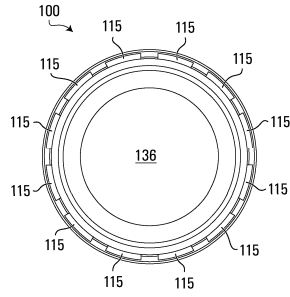
любой контакт дротика с насосно-компрессорной колонной или каким-либо объектом в насосно-компрессорной колонне, имеющий уровень соударения меньше, чем пороговый уровень, не учитывается при определении количества физических соударений, испытываемых приводящим в действие дротиком.



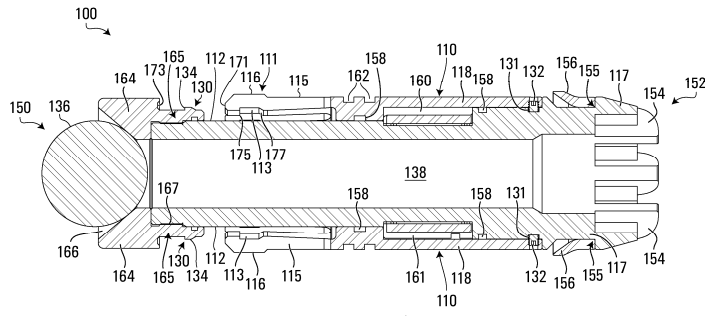
Фиг. 1А



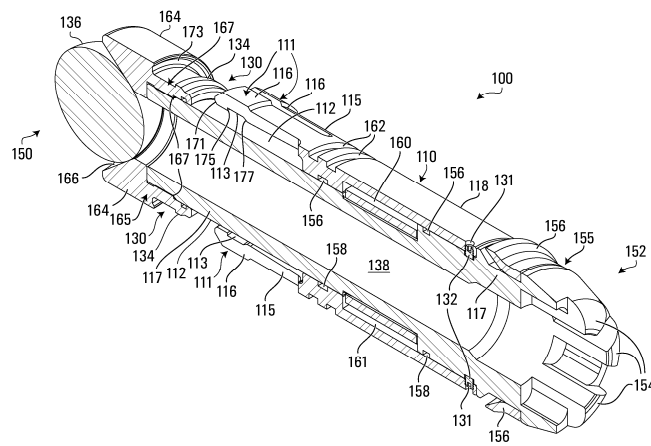
Фиг. 1В



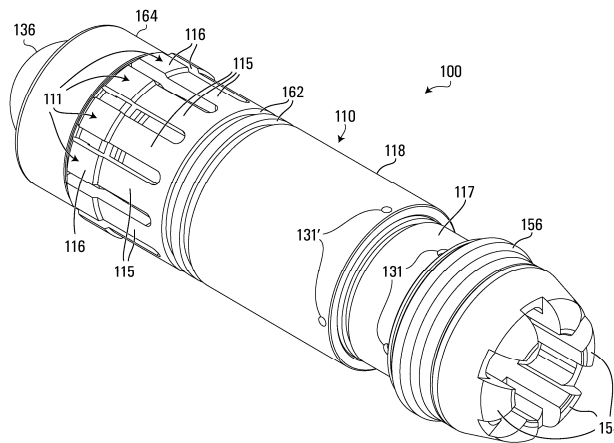
Фиг. 1С



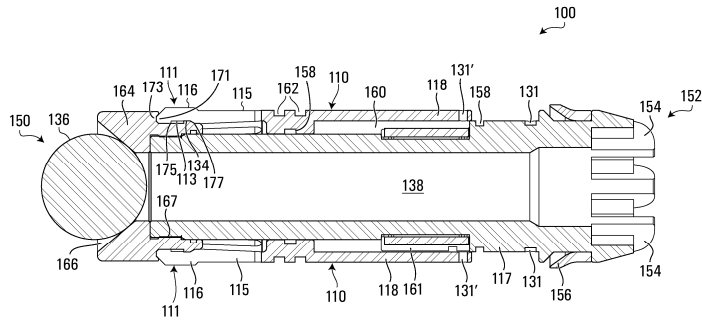
Фиг. 1D



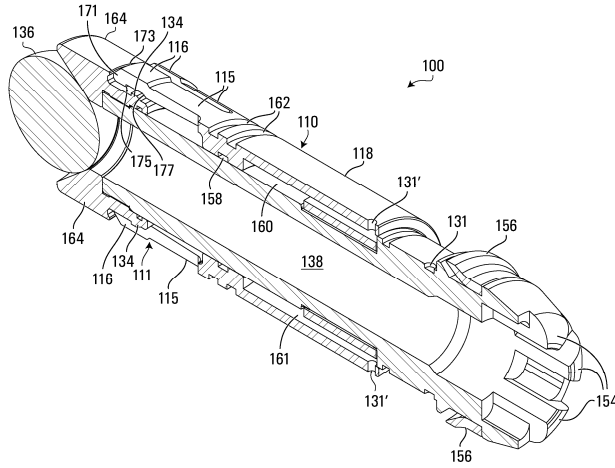
Фиг. 1E



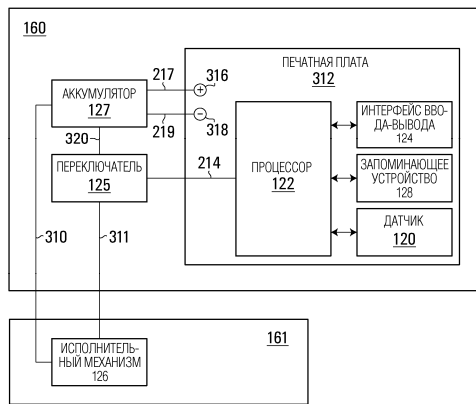
Фиг. 2А



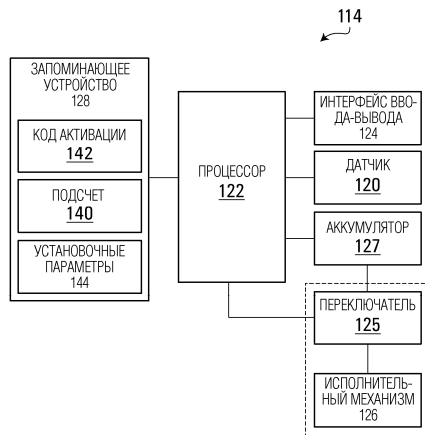
Фиг. 2В



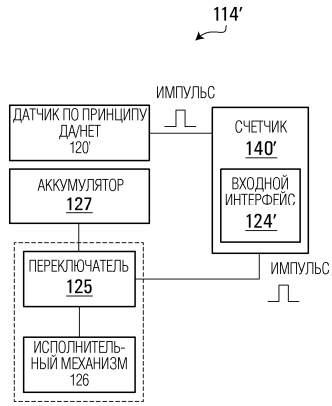
Фиг. 2С



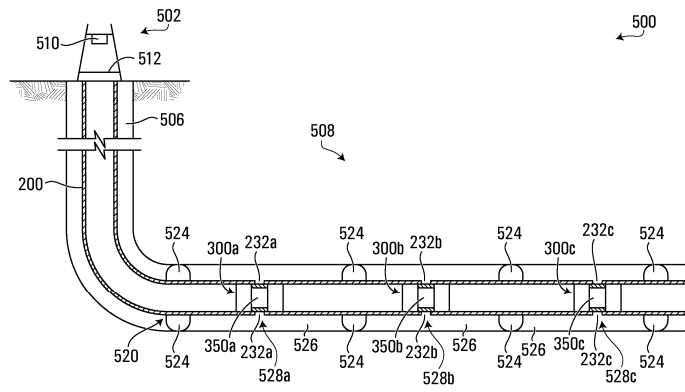
Фиг. 3



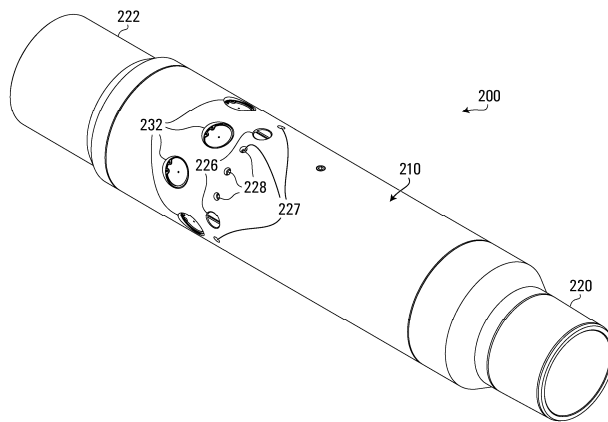
Фиг. 4А



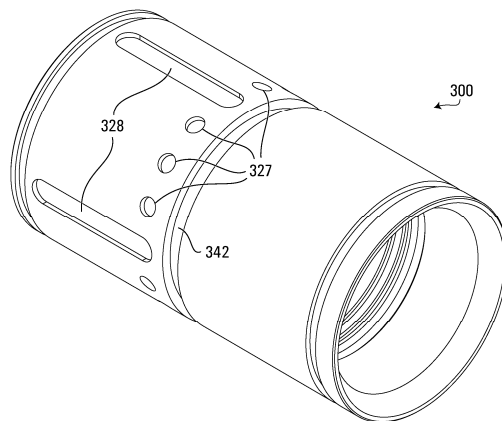
Фиг. 4В



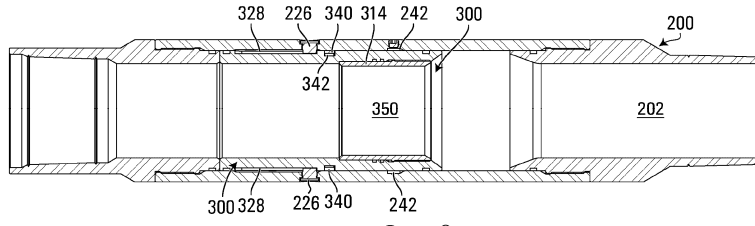
Фиг. 5



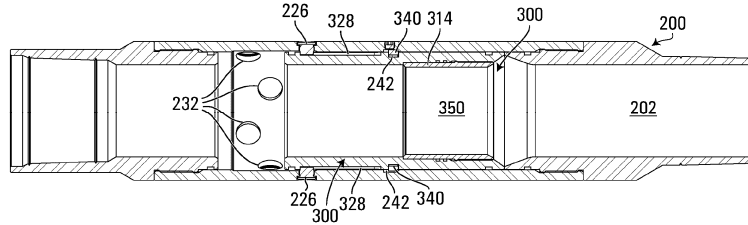
Фиг. 6



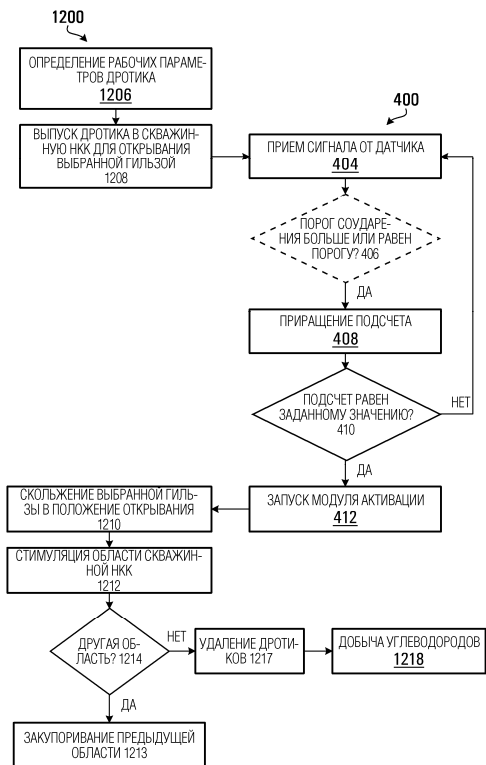
Фиг. 7



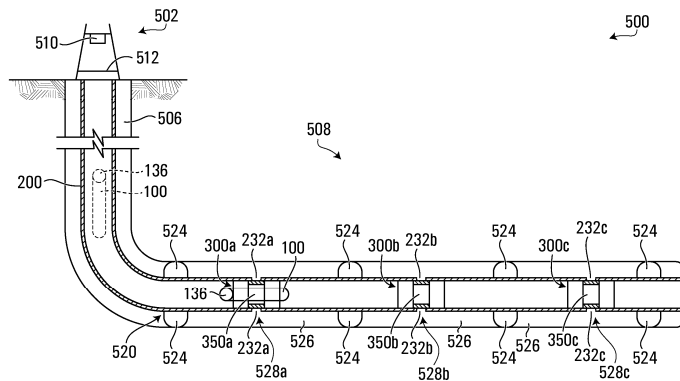
Фиг. 8



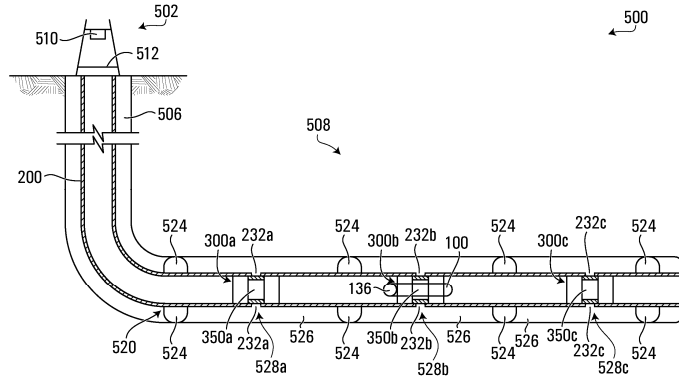
Фиг. 9



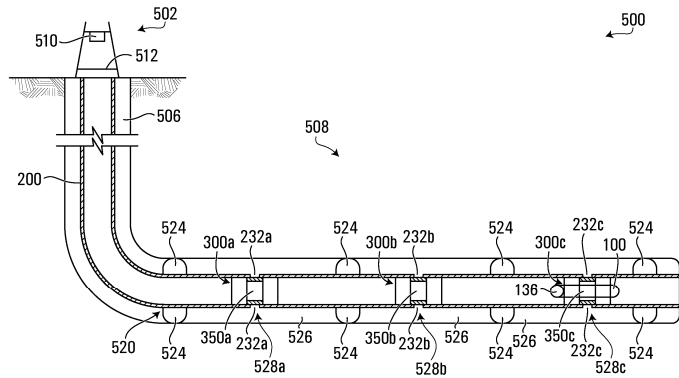
Фиг. 10



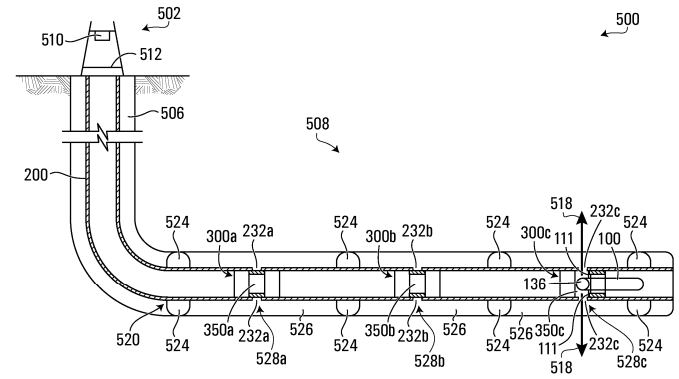
Фиг. 11А



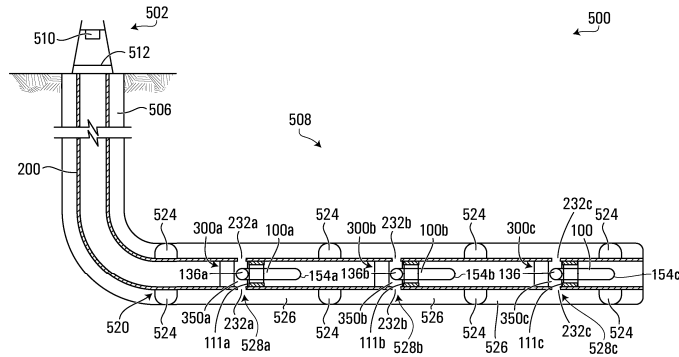
Фиг. 11В



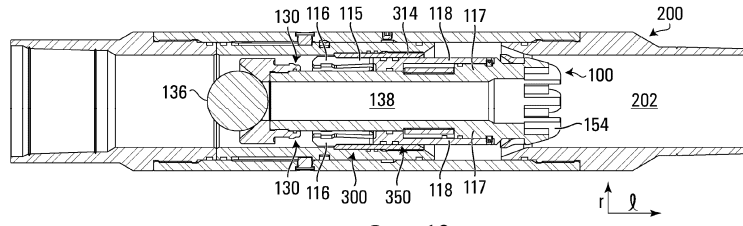
Фиг. 11С



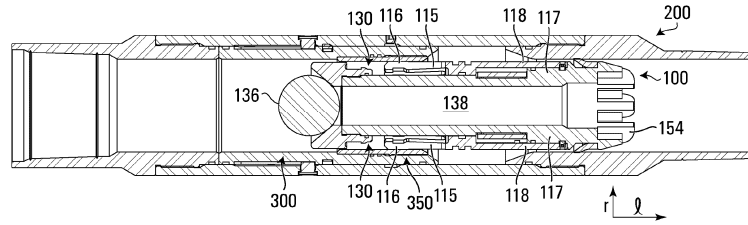
Фиг. 11D



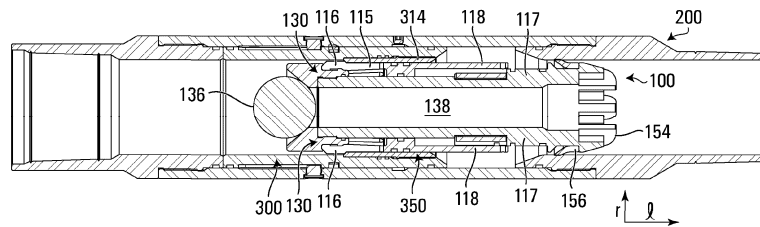
Фиг. 11Е



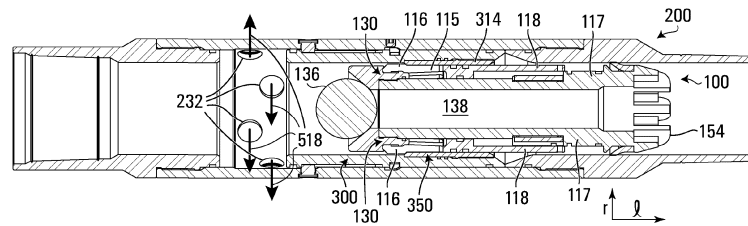
Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14



Фиг. 15

