

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **039092**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.12.02**

(21) Номер заявки  
**201990259**

(22) Дата подачи заявки  
**2017.10.03**

(51) Int. Cl. *E21B 43/119* (2006.01)  
*E21B 23/08* (2006.01)  
*E21B 43/26* (2006.01)  
*E21B 47/04* (2012.01)  
*E21B 47/09* (2012.01)

---

(54) **СТРЕЛЯЮЩИЙ ПЕРФОРАТОР**

---

(31) **62/403,509**

(32) **2016.10.03**

(33) **US**

(43) **2019.07.31**

(86) **PCT/US2017/054980**

(87) **WO 2018/067598 2018.04.12**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ОУЭН ОЙЛ ТУЛЗ ЛП (US)**

(72) Изобретатель:  
**Лагранж Тимоти Э. (СА), Моррисон  
Иан, Вуд Джеффри Д. (US), Гартц  
Джеффри Д. (СА)**

(74) Представитель:  
**Нилова М.И. (RU)**

(56) **US-A1-2014131035  
EP-A2-2282002  
US-A1-2005241824**

---

(57) Скважинный инструмент содержит стреляющий перфоратор, уплотнительный элемент, датчик давления, детектор, контроллер и якорь. Стреляющий перфоратор перфорирует скважинную трубу по сигналу на выстрел. Уплотнительный элемент соединен со стреляющим перфоратором и создает на нем перепад давления. Датчик давления связан с уплотнительным элементом и обнаруживает передаваемый с поверхности сигнал давления. Детектор обнаруживает по меньшей мере один маркер, расположенный вдоль ствола скважины и включающий в себя перфорационный маркер, связанный с глубиной перфорации. Контроллер осуществляет связь с датчиком и детектором и выполнен с возможностью передачи сигнала на выстрел на стреляющий перфоратор только после того, как (i) по меньшей мере один датчик давления обнаружит передаваемый с поверхности сигнал давления и (ii) детектор обнаружит перфорационный маркер. Якорь соединен со стреляющим перфоратором и выборочно закрепляет перфоратор на скважинной трубе.

---

**B1**

**039092**

**039092**

**B1**

### **Область техники**

Настоящее изобретение относится к устройствам и способу перфорирования и разрыва подземного пласта.

### **Уровень техники**

Углеводороды, такие как нефть и газ, добывают из обсаженных стволов скважин, проходящих через один или несколько коллекторов углеводородов в пласте. Эти углеводороды поступают в скважину через перфорационные отверстия, выполненные в обсаженном стволе скважины. Перфорационные отверстия обычно выполняют с использованием стреляющего перфоратора, который в целом содержит выполненный из стальной трубки "корпус", зарядную трубку, проходящую с внутренней стороны корпуса, икумулятивные заряды, расположенные в зарядной трубке. "Интенсификация добычи с установлением мостовой пробки в зоне перфорации" представляет собой способ, в котором в скважину спускают компоновку низа бурильной колонны (обычно на каротажном кабеле или насосно-компрессорной трубе), устанавливают мостовую пробку и вызывают детонацию заряда в одном или более стреляющих перфораторов для обеспечения сообщения между стволом скважины и пластом.

Настоящее изобретение позволяет удовлетворить потребность в более экономичном стреляющем перфораторе для перфорирования и разрыва пласта.

### **Сущность изобретения**

Согласно аспектам настоящего изобретения предлагается скважинный инструмент для использования в скважинной трубе, расположенной в стволе скважины, выполненной в подземном пласте. Скважинный инструмент может содержать стреляющий перфоратор, уплотнительный элемент, по меньшей мере один датчик давления, детектор, контроллер и якорь. Стреляющий перфоратор перфорирует скважинную трубу посредством производства выстрелов по сигналу на выстрел. Уплотнительный элемент соединен со стреляющим перфоратором и создает перепад давления на стреляющем перфораторе при закачивании текучей среды в скважинную трубу. Датчик(и) давления связаны с уплотнительным элементом и обнаруживают передаваемый с поверхности сигнал давления. Детектор обнаруживает по меньшей мере один маркер, расположенный вдоль ствола скважины. По меньшей мере один маркер включает в себя перфорационный маркер, связанный с глубиной перфорации. Контроллер осуществляет связь по меньшей мере с одним датчиком и детектором и выполнен с возможностью передачи сигнала на выстрел на стреляющий перфоратор только после того, как (i) по меньшей мере один датчик давления обнаружит передаваемый с поверхности сигнал давления и (ii) детектор обнаружит перфорационный маркер. Якорь соединен со стреляющим перфоратором и выборочно закрепляет перфоратор на скважинной трубе.

Согласно аспектам настоящего изобретения предлагается способ осуществления операции в скважине. Способ может включать выполнение стреляющего перфоратора с возможностью реагирования на сигнал на выстрел только после получения командного сигнала; перемещение стреляющего перфоратора через скважинную трубу посредством закачивания текучей среды в отверстие этой скважинной трубы, причем уплотнительный элемент, окружающий стреляющий перфоратор, создает перепад давления, который перемещает стреляющий перфоратор; передачу командного сигнала с поверхности в виде давления в закачиваемой текучей среде; перфорирование участка ствола скважины посредством передачи на перфоратор сигнала на выстрел после получения командного сигнала; закрепление стреляющего перфоратора в скважинной трубе на глубине ниже перфорированного участка ствола скважины с использованием якоря; гидравлическую изоляцию перфорированного участка ствола скважины от остальной части ствола скважины ниже стреляющего перфоратора с использованием уплотнительного элемента и закачивание текучей среды гидроразрыва в скважинную трубу для разрыва пласта, окружающего перфорированный участок ствола скважины.

Следует понимать, что некоторые отличительные признаки изобретения были сформулированы довольно приблизительно для лучшего понимания нижеследующего подробного описания изобретения и вклада в известный уровень техники. Конечно, существуют дополнительные отличительные признаки изобретения, которые будут описаны ниже и которые в некоторых случаях являются предметом прилагаемой формулы изобретения.

### **Краткое описание чертежей**

Настоящее изобретение будет лучше понято на основании нижеследующего подробного описания, приведенного совместно с сопроводительными чертежами, на которых одинаковые элементы обозначены одинаковыми номерами и на которых:

фиг. 1 схематически изображает скважину, в которой могут быть размещены варианты осуществления настоящего изобретения;

фиг. 2 схематически изображает вид сбоку стреляющего перфоратора в соответствии с одним вариантом осуществления настоящего изобретения, перемещаемого в скважине; и

фиг. 3А-С схематически изображают размещение в скважине представленного на фиг. 2 варианта осуществления изобретения.

### **Осуществление изобретения**

Настоящее изобретение относится к устройствам и способам перфорирования и гидравлического разрыва пласта, через который проходит скважина. Настоящее изобретение допускает варианты осуще-

ствления различных видов. На чертежах показаны и в настоящем документе подробно описаны конкретные варианты осуществления настоящего изобретения с пониманием того, что настоящее описание следует рассматривать как иллюстрацию принципов изобретения, и оно не ограничивает изобретение вариантами осуществления, изображенными и описанными в настоящем документе.

На фиг. 1 показана конструкция скважины и/или нефтепромысловый объект 30, расположенный над целевым подземным пластом 32. Нефтепромысловый объект 30 может представлять собой наземную или морскую буровую установку, выполненную с возможностью бурения, заканчивания или обслуживания скважины 12. Нефтепромысловый объект 30 может содержать известное оборудование и конструкции, такие как платформа 40, расположенная на поверхности 42 земли, оборудование 44 устья скважины и обсадная колонна 46. Для перемещения инструмента в скважину и из скважины используют рабочую колонну 48, подвешенную внутри ствола 12 скважины. Рабочая колонна 48 может включать в себя колтюбинг 50 (гибкую насосно-компрессорную трубу), вводимый колтюбинговым инжектором (не показан). Другие рабочие колонны могут включать в себя насосно-компрессорную трубу, бурильную трубу, каротажный кабель, стальной трос для работ в скважине или любые другие известные средства спуска. Для контроля, связи и/или эксплуатации инструментов в стволе 12 скважины может быть использован наземный блок управления (например, модуль связи, источник питания и/или пульт управления выстрелами) 54. Кроме того, нефтепромысловый объект 30 содержит насос 56 для нагнетания текучей среды под давлением в ствол 12 скважины и насос 58 для нагнетания текучей среды гидроразрыва в ствол 12 скважины. В одном варианте осуществления изобретения текучая среда под давлением может быть использована для передачи сигналов давления, содержащих кодированную информацию, которая известна как гидроимпульсная скважинная телеметрия. Такие сигналы могут быть выработаны путем управления текучей текучей средой; например, посредством увеличения или уменьшения потока текучей среды. В настоящем описании "текучая среда под давлением", которая может представлять собой буровой раствор, остается главным образом в стволе 12 скважины, тогда как текучая среда гидроразрыва в основном предназначена для проникновения в пласт 32.

Операции перфорирования и гидравлического разрыва пласта на одной или более целевых глубинах могут быть выполнены при помощи перфорирующего инструмента 60. Перфорирующий инструмент 60 может определять целевую глубину(ы) с использованием одного или более маркеров 70. Маркеры 70 могут находиться в стволе 12 скважины или в пласте. Перфорирующий инструмент 60 может содержать движительное устройство 100, детектор 102, якорное устройство 104, механизм 106 выстреливания и стреляющий перфоратор 108. В одном варианте осуществления изобретения перфорирующий инструмент 60 может быть перемещен в стволе 12 скважины с использованием текучей среды под давлением, подаваемой насосом 56. При необходимости может быть использована рабочая колонна 48 для перемещения перфорирующего инструмента 60 на некоторое расстояние (например, вдоль вертикального участка ствола 12 скважины). В таких случаях перфорирующий инструмент 60 может быть отсоединен от рабочей колонны 48 посредством приведения в действие соответствующего запорного механизма. После этого давление текучей среды толкает перфорирующий инструмент 60 к одной или более целевым глубинам.

На фиг. 2 схематически изображен один вариант осуществления перфорирующего инструмента 60 в соответствии с настоящим изобретением. Перфорирующий инструмент 60 может содержать уплотнительный элемент 130, который действует как движительное устройство 100 (фиг. 1), считыватель 132 маркеров для обнаружения маркеров 70, якорь 134 для закрепления на обсадной колонне 14, механизм 106 выстреливания, один или более датчиков 150 давления, скважинный контроллер 152 и стреляющий перфоратор 108.

Уплотнительный элемент 130 может быть использован для создания перепада давления, который проталкивает перфорирующий инструмент 60 по стволу 12 скважины. Обычно уплотнительный элемент 130 может представлять собой пакер для кольцевого пространства, выступ или буртик, который уменьшает проходное сечение между перфорирующим инструментом 60 и стенкой обсадной колонны 14. Уплотнительный элемент 130 может быть жестким или иметь переменный диаметр и может частично или полностью герметизировать обсадную колонну 14. Например, уплотнительный элемент 130 может представлять собой кольцевой эластомерный элемент, который окружает перфорирующий инструмент 60 и образует частичный или полный барьер для текучей среды напротив внутренней стенки 140 обсадной колонны 14. Во время прохождения потока текучей среды в скважину, показанного стрелкой 142, уплотняющий элемент 130 создает перепад давления достаточной величины, чтобы смещать в осевом направлении перфорирующий инструмент 60 в направлении забоя скважины, показанном стрелкой 142.

Считыватель 132 маркеров определяет местоположение одной или более заданных целевых глубин в стволе скважины для требуемой операции перфорирования и гидроразрыва путем обнаружения маркера(ов) 70. В этом варианте осуществления маркер 70 может быть объектом, который имеет специфическую магнитную, радиоактивную или электромагнитную отличительную характеристику, которая может быть обнаружена считывателем 132 маркеров. Считыватель 132 маркеров может содержать подходящие аппаратные средства для измерения электромагнитных сигналов или излучения и схему (не показана) для определения того, коррелируют ли измерения с отличительной характеристикой маркера. Кроме то-

го, схема (не показана) может содержать модули памяти для хранения данных, относящихся к маркеру, и процессоры для отправки соответствующих управляющих сигналов при наличии корреляции. Следует отметить, что такая схема и процессоры могут являться частью контроллера 152.

Одним неограничивающим примером подходящего маркера 70 может быть метка радиочастотной идентификации (РЧИД) или радиоактивная метка на заданной целевой глубине. В таких условиях считыватель 132 маркеров может быть выполнен с возможностью использования соответствующего механизма для обнаружения метки (например, использование радиочастотных волн или обнаружение излучения). Кроме того, считыватель 132 маркеров может содержать однонаправленное или двунаправленное устройство связи, которое также может быть частью контроллера 152. Такие устройства могут быть использованы считывателем 132 маркеров для передачи информации об исследованиях в скважине (например, информации о местонахождении/ положении) на поверхность и/или приема командных сигналов (например, об установке инструмента или прострела перфоратором) с поверхности. Таким образом, хотя считыватель 132 маркеров может быть отдельным компонентом, он также может быть частью контроллера 152.

Контроллер 152 может быть выполнен с возможностью управления выстрелами стреляющего перфоратора 108 посредством отправки сигнала на выстрел. Контроллер 152 и стреляющий перфоратор 108 можно рассматривать имеющими два или более режима работы в зависимости от показаний измеряемого давления на уплотнительном элементе 130. Например, в "безопасном" режиме ни контроллер 152 не может отправлять сигнал на выстрел, ни стреляющий перфоратор 108 не реагирует на сигнал на выстрел. "Безопасный" режим может иметь место, когда измеряемое давление ниже предварительно установленного или заданного значения. В режиме готовности к выстрелу контроллер 152 может отправлять сигнал на выстрел, а стреляющий перфоратор 108 реагирует на сигнал на выстрел. Режим готовности к выстрелу может иметь место, когда измеряемое давление равняется предварительно установленному или заданному значению или выше этого значения.

Изначально контроллер 152/стреляющий перфоратор 108 находятся в "безопасном" режиме. Для переключения режимов персонал на поверхности может вырабатывать командный сигнал в виде повышения давления посредством управления насосами для создания требуемого заданного давления на перфорирующем инструменте 60. Иными словами, связь между перфорирующим инструментом 60 и персоналом на поверхности обеспечивают с использованием сигналов давления, передаваемых в текущей текучей среде. В одном варианте датчик(и) 150 давления может быть использован для измерения перепада давления на уплотнительном элементе 130. Контроллер 152 может быть связан посредством сигналов с датчиками 150 давления, и в нем может быть запрограммировано заданное значение давления или диапазон значений. Контроллер 152 может быть электромеханическим, электрическим и может содержать один или более микропроцессоров с программируемыми схемами.

В иллюстративном режиме работы стреляющий перфоратор 108 может произвести выстрел только командой от считывателя 132 маркера после перехода контроллера 152 в режим готовности к выстрелу. В некоторых вариантах осуществления изобретения отдельное предохранительное устройство (не показано) может независимо или совместно с контроллером 152 предотвращать прием детонатором (не показан) сигнала, который мог бы быть интерпретирован как сигнал на выстрел. Например, предохранительное устройство (не показано) может представлять собой электрическую схему, которая позволяет передавать сигналы только в случае обнаружения горизонтального или почти горизонтального положения. В некоторых неограничивающих вариантах осуществления такое предохранительное устройство может использовать один или более компонентов, чувствительных к гравитации, для определения перехода стреляющего перфоратора 108 из вертикального положения в подходящим образом отклоненное положение, например в горизонтальное положение.

Якорь 134 выборочно закрепляет перфорирующий инструмент 60 на обсадной колонне 14. Под термином "выборочно" подразумевается, что якорь 134 может иметь предварительно активированное состояние, которое позволяет перфорирующему инструменту 60 свободно перемещаться в стволе 12 скважины, и активированное состояние, в котором якорь 134 образует физическое соединение между перфорирующим инструментом 60 и обсадной колонной 14. В одном варианте осуществления изобретения якорь 134 может быть функционально соединен со считывателем 132 маркеров, так что считыватель 132 маркеров может подавать управляющий сигнал, который приводит якорь 134 из предварительно активированного состояния в активированное состояние. В других вариантах осуществления якорем 134 управляют с использованием сигнала активации, отправляемого с контроллера 152.

Якорь 134 может содержать выдвижные рычаги, имеющие зазубренную поверхность, или зубцы, которые проникают в стенку обсадной колонны 14. Выдвижной якорь 134 может быть перемещен в зацепление с обсадной колонной 14 с использованием исполнительного механизма, приводимого в действие электроэнергией, гидравлическими/пневматическими текучими средами и/или баллистически. В некоторых вариантах осуществления изобретения выдвижной якорь 134 может быть отведен с использованием того же исполнительного механизма. В таких вариантах осуществления для инициализации отвода может быть использован сигнал от скважинного устройства, такого как таймер или контроллер (не показан). В других вариантах осуществления для отвода якоря 134 может быть использован сигнал с поверх-

ности. В дополнительных вариантах осуществления якорь 134 может быть выполнен с возможностью разрушения и разложения через заданный промежуток времени (например, 24 ч).

Механизм 106 выстреливания инициирует выстрел перфорирующего инструмента 60. Механизм 106 выстреливания может реагировать на управляющий сигнал, передаваемый скважинным устройством (например, считывателем 132 маркеров или контроллером 152), или сигнал, передаваемый с поверхности. В дополнительном или альтернативном варианте механизм 106 выстреливания может инициировать выстрел автоматически по истечении предварительно заданной временной задержки или при возникновении определенного условия. В некоторых вариантах осуществления изобретения в механизме 106 выстреливания может быть использована полная детонация, образуемая энергетическим материалом, для производства выстрела перфорирующего инструмента 60. В некоторых вариантах осуществления изобретения контроллер 152 может быть функционально соединен с механизмом 106 выстреливания. В таких вариантах осуществления контроллер 152 отправляет соответствующую команду на механизм 106 выстреливания, чтобы обеспечить возможность реагирования механизма 106 выстреливания на сигнал на выстрел от считывателя 132 маркеров или другого источника.

Стреляющий перфоратор 108 содержит один или более патронов или комплектов 138a, b, c патронов, каждый из которых содержит кумулятивные заряды 110. Каждый комплект 138a, b, c патронов может быть независимо отстрелян механизмом 106 выстреливания. Механизм 106 выстреливания может быть приведен в действие с использованием любого известного устройства, например, активируемого давлением, активируемого таймером и т.д. Другие компоненты, известные специалисту в данной области техники, такие как усилители детонаторов, электропроводка, соединители, крепежные детали и детонирующие шнуры, были опущены в настоящем описании. При выстреливании кумулятивных зарядов 110 посредством механизма 106 выстреливания они образуют перфорационные отверстия или каналы в обсадной колонне 14 и в окружающем пласте.

Как показано на фиг. 1-3А-С, в одном режиме работы рабочая колонна 48 может сначала быть использована для перемещения перфорирующего инструмента 60 вдоль вертикального участка скважины и для расположения перфорирующего инструмента 60 в горизонтальном участке скважины или около него, где происходит отсоединение перфорирующего инструмента 60. В это время перфорирующий инструмент 60 находится в "безопасном" режиме, в котором стреляющий перфоратор 108 не может произвести выстрел независимо от того, что обнаруживает считыватель 132 маркеров. При наличии отдельного предохранительного устройства (не показано) оно может отдельно предотвращать поступление сигналов на детонатор (не показан) стреляющего перфоратора 108, если стреляющий перфоратор 108 недостаточно отклонен от вертикали.

Для приведения перфорирующего инструмента 60 в режим готовности к выстрелу персонал связывается с перфорирующим инструментом 60 путем управления насосом 56 для подачи текучей среды под давлением в ствол 12 скважины для создания заданного давления на перфорирующем инструменте 60. После того как датчики 150 давления обнаруживают пороговое значение перепада давления на уплотнительном элементе 130, которое контроллер 152 интерпретирует как соответствующее заданному значению давления, контроллер 152 переводит перфорирующий инструмент 60 в режим готовности к выстрелу. Примерно в то же время перфорирующий инструмент 60 перемещается в направлении забоя скважины, главным образом, при помощи силы, создаваемой перепадом давления, как показано на фиг. 2. Если это еще не делается, считыватель 132 маркеров активно (например, посредством излучения и обнаружения сигнала) или пассивно (например, посредством только обнаружения сигнала) исследует ствол 12 скважины на наличие маркера 70, который указывает на достижение требуемой целевой глубины.

На фиг. 3А изображен перфорирующий инструмент 60 на первой целевой глубине для перфорирования, определенной перфорационным маркером 72. После обнаружения считывателем 132 маркеров механизм 106 выстреливания производит выстрел из одной из секций 139С стреляющего перфоратора для образования перфорационных отверстий 80А в обсадной колонне 14 и окружающем пласте (не показан). Механизм 106 выстреливания может производить выстрел из стреляющего перфоратора 108 только в том случае, если отдельное предохранительное устройство (не показано), при его наличии, обнаружило соответствующим образом отклоненное положение стреляющего перфоратора 108. На фиг. 3В изображен перфорирующий инструмент 60 на второй целевой глубине для перфорирования, определенной перфорационным маркером 74. После обнаружения считывателем 132 маркеров механизм 106 выстреливания производит выстрел из другой секции 139В стреляющего перфоратора с образованием перфорационных отверстий 80В в обсадной колонне 14 и окружающем пласте (не показан). Процесс обнаружения маркера и последующего выстрела из перфоратора продолжается до тех пор, пока не будут перфорированы все целевые глубины для перфорации. Следует отметить, что перфорирующий инструмент 60 не прикреплен к обсадной колонне 14 или к транспортировочному устройству, такому как каротажный кабель или колтюбинг, при выстреле из секций 139А-С перфоратора. Иными словами, перфорирующий инструмент 60 может быть подвижным и нестационарным относительно обсадной колонны 14. Таким образом, перфорирующий инструмент 60 можно считать "автономным" или "свободно плавающим". В вариантах осуществления изобретения термины "автономный" или "свободно плавающий" означают отсутствие соединения не по текучей среде, которое толкает или тянет перфорирующий инструмент 60 или

передает сигналы на перфорирующий инструмент 60.

На фиг. 3С изображен перфорирующий инструмент 60 на конечной целевой глубине для закрепления, определенной маркером 76 закрепления. Посредством выстрела из секции 139С стреляющего перфоратора был выполнен комплект перфорационных отверстий 80С. В данном случае маркер 76 определяет целевую глубину, на которой должен быть образован барьер для текучей среды для обеспечения гидравлической изоляции перфорационных отверстий 80а-с от остальной части ствола 12 скважины. После обнаружения маркера 76 считывателем 132 маркеров указанный считыватель 132 маркеров передает сигнал активации/командный сигнал, который приводит в действие якорь 134. Поскольку считыватель 132 маркеров может быть частью контроллера 152, контроллер 152 можно рассматривать как контроллер, отправляющий сигнал активации/командный сигнал. После этого якорь 134 выдвигается радиально наружу и физически входит в зацепление с обсадной колонной 14. На данном этапе перфорирующий инструмент 60 прикреплен к обсадной колонне 12, и уплотнительный элемент 130 образует барьер для текучей среды, который блокирует поток текучей среды между положением 160 в стволе скважины выше по ходу потока и положением 162 в стволе скважины ниже по ходу потока. Изоляция между верхним и нижним положениями может быть полной, например блокировка более 90% потока текучей среды. В некоторых вариантах осуществления изобретения отдельный кольцевой элемент (не показан) может независимо или совместно с уплотнительным элементом 130 образовывать барьер для текучей среды. Такой кольцевой элемент может представлять собой надувной пакер, эластичный баллон или другой уплотнительный элемент.

Теперь можно начинать выполнение операций гидроразрыва пласта посредством управления работой насоса 58 для подачи в ствол 12 скважины текучей среды гидроразрыва. Текучая среда гидроразрыва проходит через перфорационные отверстия 80А-С в пласт 32 (фиг. 1). Уплотнительный элемент 130 предотвращает попадание жидкости гидроразрыва в часть ствола 12 скважины ниже перфорирующего устройства 60. Как известно в данной области техники, текучая среда гидроразрыва находится под давлением, имеющим значение, при котором пласт 32 разрушается. После завершения операций гидроразрыва пласта насос 58 прекращает работу. В зависимости от ситуации перфорирующий инструмент 60 может быть оставлен в стволе 12 скважины или извлечен на поверхность.

Для вариантов применения, в которых перфорирующий инструмент 60 остается в стволе 12 скважины, некоторые или все перфорирующие инструменты 60 могут быть выполнены из материала, который разрушается по прошествии заданного периода времени. В вариантах осуществления изобретения материал может разрушаться в течение одного или более часов, одного или более дней или одной или более недель. Разрушение может быть инициировано или ускорено воздействием скважинных текучих сред, температуры/давления и/или вещества, вводимого с поверхности. Для вариантов применения, требующих извлечения, перфорирующий инструмент 60 может содержать подходящий запорный механизм 170 (фиг. 3С), который сопрягается с ловильным инструментом (не показан). Якорь 134 может быть выполнен с возможностью отвода или растворения для освобождения перфорирующего инструмента 60.

После высвобождения стреляющий перфоратор 138 может всплыть обратно на поверхность вместе с поступающим из пласта флюидом. В некоторых вариантах осуществления изобретения стреляющий перфоратор 138 может быть выполнен таким образом, что имеет соответствующий вес и форму для того, чтобы быть вынесенным на поверхность флюидом, поступающим из пласта вверх по скважине. В других вариантах осуществления изобретения стреляющий перфоратор 138 может содержать балластные отсеки или резервуары (не показаны), что позволяет регулировать объемную плотность перфорирующего инструмента 60. Такое балластное устройство может обеспечивать нейтральную или положительную плавучесть перфорирующего инструмента 60, что позволяет инструменту всплывать обратно на поверхность.

Как показано на фиг. 1, следует понимать, что перфорирующий инструмент 60 допускает многочисленные варианты осуществления. Например, несмотря на то что движительное устройство 100 может создавать перепад давления для перемещения перфорирующего инструмента 60, оно также может включать в себя самоходное устройство, такое как скважинный трактор.

Маркеры 72-76, как описано со ссылкой на фиг. 3А-С, могут быть расположены в стволе 12 скважины только с целью определения требуемой глубины для перфорации или закрепления. Однако маркер 70 может быть любым отличительным признаком, присущим обычным скважинам. Одним неограничивающим примером присущего скважине маркера может являться муфта обсадной колонны, которая имеет узнаваемую магнитную отличительную характеристику. Муфты обсадной колонны могут быть использованы в сочетании с локатором муфты обсадной колонны, детектором 102, который обнаруживает муфты обсадной колонны, с которыми встречается перфорирующий инструмент 60. В других вариантах осуществления изобретения перфорирующий инструмент 60 может содержать различные типы каротажных инструментов для обеспечения корреляции с данными геофизических исследований в скважине, полученными во время предыдущего спуска в скважину 12. В других вариантах осуществления детектор 102 не взаимодействует с конкретным объектом, расположенным в стволе 12 скважины. Например, детектор 102 может представлять собой одометр или другое устройство, измеряющее расстояние, пройденное перфорирующим инструментом 60. В других вариантах осуществления изобретения детектор 102 может обнаруживать предварительно заданное условие, например, отсутствие движения. Возникновение

заданного условия может означать, что достигнуто целевое место назначения. В вариантах осуществления изобретения якорное устройство 104 может включать в себя выполненный с возможностью расширения эластичный баллон, пакер или другую надувную конструкцию для взаимодействия с обсадной колонной 14.

В других вариантах осуществления перфорирующий инструмент 60 может содержать стабилизаторы или центраторы для поддержания и центрирования перфорирующего инструмента 60 в стволе 12 скважины.

Следует отметить, что перфорирующий инструмент 60 может иметь различные конфигурации, и компоненты, описанные как отдельное устройство, могут быть объединены, или один компонент может иметь множество функций. Например, в некоторых вариантах осуществления может быть использован уплотнительный элемент 130, который также закрепляется на обсадной колонне 14, что позволяет устранить необходимость в отдельном якоре. Кроме того, считыватель 132 маркеров для обнаружения маркеров 70 может быть частью скважинного контроллера 152. К тому же, контроллер 152 с использованием подходящих командных сигналов может управлять любым компонентом перфорирующего инструмента 60, таким как якорь 134.

Вышеприведенное описание относится к конкретным вариантам осуществления настоящего изобретения с целью иллюстрации и объяснения. Однако специалистам в данной области техники понятно, что возможны различные модификации и изменения представленного выше варианта осуществления в пределах объема настоящего изобретения. Предполагается, что нижеследующая формула изобретения охватывает все такие модификации и изменения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Перфорирующий инструмент для использования в скважинной трубе, расположенной в стволе скважины, выполненной в подземном пласте, содержащий

стреляющий перфоратор, выполненный с возможностью перфорирования скважинной трубы и выполненный с возможностью производства выстрела по сигналу на выстрел;

уплотнительный элемент, соединенный со стреляющим перфоратором и выполненный с возможностью создания перепада давления на стреляющем перфораторе при закачивании текучей среды в скважинную трубу;

по меньшей мере один датчик давления, связанный с уплотнительным элементом и выполненный с возможностью обнаружения сигнала давления, передаваемого с поверхности;

детектор, выполненный с возможностью обнаружения по меньшей мере одного маркера, расположенного вдоль ствола скважины и включающего в себя перфорационный маркер, связанный с глубиной перфорации;

контроллер, осуществляющий связь с указанным по меньшей мере одним датчиком и детектором и выполненный с возможностью передачи сигнала на выстрел на стреляющий перфоратор только после того, как (i) указанный по меньшей мере один датчик давления обнаружит вырабатываемый на поверхности сигнал давления и (ii) детектор обнаружит перфорационный маркер;

выдвижной якорь, размещенный между уплотнительным элементом и стреляющим перфоратором и закрепляющий перфоратор на скважинной трубе после производства выстрела из стреляющего перфоратора, причем якорь выполнен с возможностью нахождения в отведенном положении при производстве выстрела из стреляющего перфоратора, который не прикреплен к скважинной трубе, когда якорь находится в отведенном положении; и

исполнительный механизм, выполненный с возможностью перемещения якоря из отведенного положения в зацепление со скважинной трубой при получении соответствующего сигнала.

2. Перфорирующий инструмент по п.1, в котором указанный по меньшей мере один маркер вдоль ствола скважины включает в себя множество перфорационных маркеров, каждый из которых связан с разной глубиной перфорации, а контроллер также выполнен с возможностью передачи дополнительного сигнала на выстрел на стреляющий перфоратор после обнаружения детектором каждого из множества перфорационных маркеров.

3. Перфорирующий инструмент по п.1, в котором детектор выполнен с возможностью обнаружения маркера закрепления, расположенного вдоль ствола скважины, контроллер дополнительно выполнен с возможностью передачи сигнала активации на исполнительный механизм и якорь закрепляет стреляющий перфоратор на скважинной трубе при получении исполнительным механизмом сигнала активации.

4. Перфорирующий инструмент по п.1, в котором детектор выполнен с возможностью обнаружения маркера закрепления, расположенного вдоль ствола скважины, а контроллер дополнительно выполнен с возможностью передачи сигнала активации на якорь и якорь закрепляет стреляющий перфоратор на скважинной трубе при получении сигнала активации.

5. Перфорирующий инструмент по п.1, в котором предохранительное устройство выполнено с возможностью обеспечения прохождения сигнала на выстрел из стреляющего перфоратора в случае обнаружения заданного положения.

6. Перфорирующий инструмент по п.1, в котором уплотнительный элемент представляет собой кольцевой эластомерный элемент, который окружает перфорирующий инструмент;

якорь содержит выдвижные рычаги, имеющие зазубренную поверхность, форма которой позволяет проникать в скважинную трубу; и

детектор выполнен с возможностью обнаружения отличительной характеристики, которая представляет собой одну из (i) магнитной, (ii) радиоактивной и (iii) электромагнитной отличительной характеристики.

7. Перфорирующий инструмент по п.1, в котором использован разрушающийся материал по меньшей мере для одного из следующего: (i) часть стреляющего перфоратора, (ii) якорь, (iii) уплотнительный элемент, (iv) детектор, (v) по меньшей мере один датчик и (vi) контроллер.

8. Способ перфорирования и разрыва пласта в скважине с использованием перфорирующего инструмента по п.1, включающий

выполнение стреляющего перфоратора с возможностью реагирования на сигнал на выстрел только после получения командного сигнала;

перемещение стреляющего перфоратора через скважинную трубу посредством закачивания текучей среды в отверстие этой скважинной трубы, причем уплотнительный элемент, окружающий стреляющий перфоратор, создает перепад давления, который перемещает стреляющий перфоратор;

передачу командного сигнала с поверхности в виде давления, вызываемого закачиваемой текучей средой;

перфорирование участка ствола скважины посредством передачи на перфоратор сигнала на выстрел после получения командного сигнала;

перемещение якоря из отведенного положения в зацепление со скважинной трубой при получении исполнительным механизмом соответствующего сигнала, причем якорь закрепляет стреляющий перфоратор в скважинной трубе на глубине ниже перфорированного участка скважинной трубы с использованием якоря после перфорирования участка скважинной трубы, причем якорь выполнен с возможностью нахождения в отведенном положении при производстве выстрела из стреляющего перфоратора, который не прикреплен к скважинной трубе, когда якорь находится в отведенном положении;

гидравлическую изоляцию перфорированного участка скважинной трубы от остальной части ствола скважины ниже стреляющего перфоратора с использованием уплотнительного элемента;

закачивание текучей среды гидроразрыва в скважинную трубу для разрыва пласта, окружающего перфорированный участок ствола скважины.

9. Способ по п.8, дополнительно включающий

обнаружение перфорационного маркера, связанного с целевой глубиной для перфорирования скважинной трубы, с использованием детектора;

передачу сигнала на выстрел на стреляющий перфоратор после обнаружения детектором перфорационного маркера с использованием контроллера.

10. Способ по п.8, дополнительно включающий

обнаружение маркера закрепления, связанного с целевой глубиной для закрепления на скважинной трубе, с использованием детектора:

передачу сигнала активации на исполнительный механизм после обнаружения маркера закрепления с использованием контроллера, причем якорь закрепляет стреляющий перфоратор на скважинной трубе по сигналу активации, сигнал активации представляет собой указанный сигнал.

11. Способ по п.8, дополнительно включающий

обнаружение перфорационного маркера, связанного с целевой глубиной для перфорирования скважиной трубы, с использованием детектора;

передачу сигнала на выстрел на стреляющий перфоратор после обнаружения детектором перфорационного маркера с использованием контроллера;

обнаружение маркера закрепления, связанного с целевой глубиной для закрепления на скважинной трубе, с использованием детектора;

передачу сигнала активации на исполнительный механизм после обнаружения маркера закрепления с использованием контроллера, причем якорь закрепляет стреляющий перфоратор на скважинной трубе при получении сигнала активации, и сигнал активации представляет собой указанный сигнал.

12. Способ по п.11, в котором

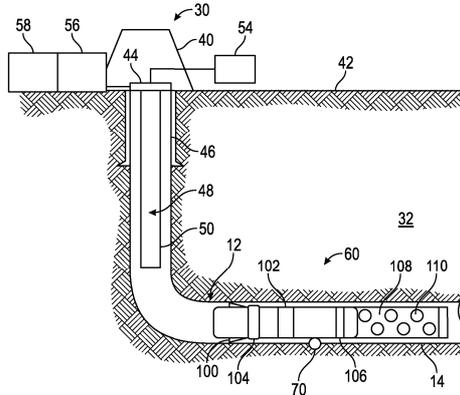
уплотнительный элемент представляет собой кольцевой эластомерный элемент, который окружает перфорирующий инструмент;

якорь содержит выдвижные рычаги, имеющие зазубренную поверхность, форма которой позволяет проникать в скважинную трубу; и

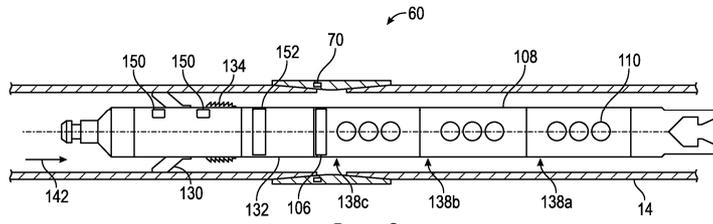
детектор выполнен с возможностью обнаружения отличительной характеристики, которая представляет собой одну из (i) магнитной, (ii) радиоактивной и (iii) электромагнитной отличительной характеристики.

13. Способ по п.8, дополнительно включающий извлечение стреляющего перфоратора за счет

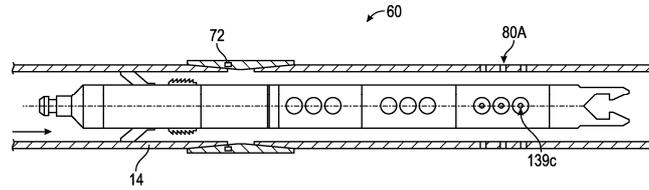
всплытия перфоратора на поверхность вместе с флюидом, поступающим из пласта, окружающего ствол скважины.



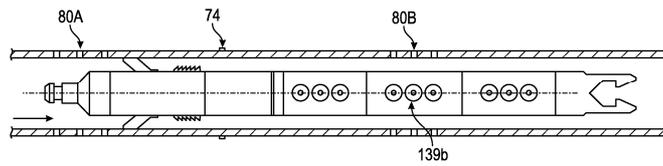
Фиг. 1



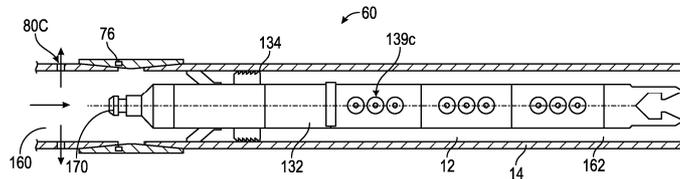
Фиг. 2



Фиг. 3А



Фиг. 3В



Фиг. 3С



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2