

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202090680** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.07.22

(51) Int. Cl. *E21B 43/25* (2006.01)
E21B 17/02 (2006.01)
E21B 33/124 (2006.01)
E21B 43/26 (2006.01)
E21B 43/263 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2017.09.26

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА В СКВАЖИНУ И СПОСОБ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

(86) PCT/CA2017/051135

(74) Представитель:

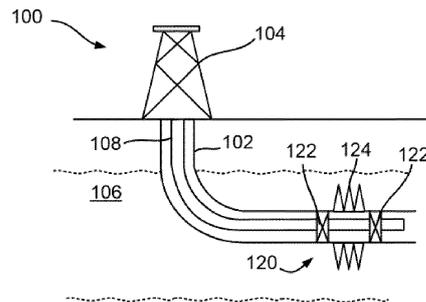
(87) WO 2019/060977 2019.04.04

Гизатуллина Е.М., Глухарёва А.О.,
Угрюмов В.М., Христофоров А.А.,
Строкова О.В., Гизатуллин Ш.Ф.,
Костюшенкова М.Ю., Лебедев В.В.,
Парамонова К.В. (RU)

(71) Заявитель:
РОКЕТФРАК СЕРВИСЕЗ ЛТД. (СА)

(72) Изобретатель:
Фриман Спенсер Эрик, Харкерт
Майкл Джоффри (СА)

(57) Настоящее изобретение относится к устройству интенсификации притока в скважину, в котором предусмотрена одна или несколько соединительных тяг, по меньшей мере один уплотнительный узел, соединенный с одной или несколькими соединительными тягами, и вещество-стимулятор для создания изменения давления. Изменение давления может интенсифицировать приток из намеченной части геологической формации, которая находится вокруг изолированной части ствола скважины. Пару уплотнительных узлов могут переводить из пассивного состояния, предназначенного для перемещения в стволе скважины устройства интенсификации притока из скважины, в активное состояние, предназначенное для определения изолированной части ствола скважины.



202090680
A1

202090680
A1

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРИТОКА В СКВАЖИНУ И СПОСОБ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

ОПИСАНИЕ

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее раскрытие изобретения в целом относится к устройству, системе и способу интенсификации притока из намеченной части геологической формации, находящейся рядом со скважиной. В частности, настоящее раскрытие изобретения относится к устройству, системе и способу, который может создать изолированную часть ствола скважины и который использует флюиды для интенсификации притока из намеченной части геологической формации, находящейся рядом с изолированной частью скважины.

Предшествующий уровень техники настоящего изобретения

Интенсификация притока в скважину представляет собой процесс, который используют в нефтегазовой отрасли для сбора и извлечения флюидов, например, углеводородов, из подземной геологической формации. Интенсификация притока в скважину способствует добыче флюидов из подземной геологической формации и может предусматривать стадии перфорации скважинных труб, гидравлического разрыва геологической формации, закачки флюидов в геологическую формацию и/или другие работы по интенсификации притока.

Известные работы по интенсификации притока в скважину гидравлическим разрывом пласта начинают с того, что изолируют части ствола скважины при помощи одного или нескольких механизмов изоляции. Изолированная часть ствола скважины находится рядом с областью геологической формации, которая намечена для интенсификации притока. Затем с поверхности под большими давлениями нагнетают флюиды для интенсификации притока из намеченной области формации через изолированную часть ствола скважины. После работ по интенсификации притока механизмы изоляции деактивируют и с целью интенсификации притока могут изолировать следующую часть ствола скважины. При гидравлическом разрыве пласта сталкиваются со многими проблемами, включая, помимо прочего, следующие: длительное время, которое необходимо для достаточного повышения давления с целью

CAL_LAW 2827234v1

интенсификации притока, например, для создания достаточного давления при типичных работах по гидравлическому разрыву пласта необходимо от 10 до 100 минут; необходимы большие объемы воды, например, обычный расход воды может составлять 5 миллионов галлонов воды на скважину; и необходимы большие объемы проппанта, например, может потребоваться от 300 000 до 4 000 000 фунтов песка. Кроме того, трещины, образованные во время операций по интенсификации притока в скважину, могут быть ограничены двумя радиально противоположными трещинами в пределах изолированной части ствола скважины.

Также известна интенсификация притока в скважину с применением пропеллента или с применением газа. Например, при интенсификации притока в скважину с применением газа изменение давления возникает за счет газа высокого давления, который выходит из скважины и вызывает приток из намеченной области формации. Однако многие известные работы по интенсификации притока с применением газа ограничены вертикальными отрезками скважин, изменение давления непродолжительно, и изменение давления обычно не сосредоточено в требуемой намеченной области геологической формации. Эти особенности известных операций по интенсификации притока с применением газа могут приводить к неэффективной интенсификации притока.

Краткое раскрытие настоящего изобретения

Варианты осуществления настоящего изобретения относятся к устройству, системе и способу, которые создают изменение давления в изолированной области скважины. Изменение давления имеет достаточную амплитуду и продолжительность для применения с целью интенсификации притока из намеченной области геологической формации.

Некоторые варианты осуществления настоящего изобретения относятся к устройству для интенсификации притока в скважину, которое предусматривает: соединительную тягу с первым концом и вторым концом; контейнер с веществом-стимулятором, рассчитанный на крепление вокруг соединительной тяги; и уплотнительный узел, который возможно соединять с первым концом соединительной тяги, при этом для изоляции части ствола скважины уплотнительный узел переводят из пассивного состояния в активное состояние.

Без ограничения какой-либо конкретной теорией, варианты осуществления настоящего изобретения позволяют избежать использования больших объемов воды и проппанта, которые обычно необходимы для других известных операций по интенсификации притока. Кроме того, варианты осуществления настоящего изобретения

приводят к изменению давления за счет быстрого горения стимулятора и фокусирования этого изменения вне изолированной части ствола скважины в намеченную область геологической формации так, что могут образоваться новые трещины, а также может происходить раскрытие существующих трещин со слабым сцеплением и трещин с сильным сцеплением. Варианты осуществления настоящего изобретения могут применять для интенсификации притока в новые скважины, скважины, требующие повторного ввода в эксплуатацию, и даже скважины с повреждением заканчивания.

Кроме того, варианты осуществления настоящего изобретения могут обеспечивать дополнительные преимущества, например, помимо прочего: сохранение и сосредоточение изменения давления за пределами изолированной части ствола скважины в намеченной области геологической формации; оптимизация профиля изменения давления в соответствии с требуемыми техническими условиями или требованиями; поддержание положения и целостности устройства в изолированной части ствола скважины во время изменения давления; уплотнение части скважины без применения исключительно эластомерных материалов; и надежное расположение уплотнительных элементов относительно друг друга без повреждения или создания помех в других частях ствола скважины.

Краткое описание фигур

На фиг. 1 представлена принципиальная схема, демонстрирующая пример системы для интенсификации притока из намеченной области геологической формации, находящейся рядом с вертикальной скважиной.

На фиг. 2 представлена принципиальная схема, демонстрирующая пример системы для интенсификации притока из намеченной области геологической формации, находящейся рядом с горизонтальным отрезком скважины.

На фиг. 3 представлен вертикальный вид сбоку устройства согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, при этом устройство предназначено для применения с системой для интенсификации притока из намеченной области геологической формации.

На фиг. 4 представлен вид в разрезе устройства, показанного на фиг. 3, при этом разрез проведен по линии А-А, показанной на фиг. 3.

На фиг. 5 представлен вертикальный вид сбоку устройства, показанного на фиг. 3, при этом узел газогенератора удален для демонстрации других компонент устройства.

На фиг. 6 представлен один вариант осуществления соединительной тяги для применения с устройством, показанным на фиг. 4, при этом на фиг. 6А показан вертикальный вид сбоку соединительной тяги; на фиг. 6В с увеличением показана часть соединительной тяги, обозначенная кружком А на фиг. 6А; и на фиг. 6С с увеличением показан вертикальный вид сбоку части соединительной тяги, обозначенной кружком В на фиг. 6А.

На фиг. 7 представлен с увеличением вид в разрезе двух частей устройства, показанного на фиг. 4, при этом на фиг. 7А с увеличением показан вертикальный вид сбоку части устройства, обозначенной кружком Y на фиг. 4; и на фиг. 7В с увеличением показан вертикальный вид сбоку части устройства, обозначенной кружком X на фиг. 4.

На фиг. 8 показан вертикальный вид сбоку уплотнительного узла в неуплотняющем положении для применения с устройством, показанным на фиг. 3.

На фиг. 9 представлен вид в разрезе уплотнительного узла, показанного на фиг. 8, при этом разрез проведен по линии В-В, показанной на фиг. 8.

На фиг. 10 представлен вертикальный вид сбоку уплотнительного узла, показанного на фиг. 8 в уплотняющем положении.

На фиг. 11 представлен вид в разрезе уплотнительного узла по линии Е-Е, показанной на фиг. 10.

На фиг. 12 с увеличением показан вид в разрезе части уплотнительного узла, обозначенной кружком Z, при этом узел показан на фиг. 9, с уплотнительными элементами, расположенными под углом естественного откоса.

На фиг. 13 с увеличением представлен вид в разрезе части Т уплотнительного узла, обозначенной кружком Т на фиг. 11, при этом показаны уплотнительные элементы, которые находятся в уплотняющем состоянии под углом атаки.

На фиг. 14 представлен один вариант осуществления корпуса генератора рабочего газа согласно настоящему изобретению, при этом корпус генератора рабочего газа используют с устройством, показанным на фиг. 4, при этом на фиг. 14А показан вид сзади корпуса генератора рабочего газа в изометрической проекции; на фиг. 14В показан вид спереди корпуса генератора рабочего газа в изометрической проекции; на фиг. 14С показан вид сзади корпуса генератора рабочего газа в вертикальном разрезе; на фиг. 14D показан вертикальный вид сбоку корпуса генератора рабочего газа; и на фиг. 14Е с увеличением показана часть корпуса генератора рабочего газа, обозначенная кружком А на фиг. 14С.

На фиг. 15 представлен один вариант осуществления корпуса поршня согласно настоящему изобретению, при этом корпус поршня применяют с устройством, показанным на фиг. 4, при этом на фиг. 15А показан вертикальный вид сбоку корпуса поршня; и на фиг. 15В продемонстрирован вид в разрезе корпуса поршня по линии D-D, показанной на фиг. 15А.

На фиг. 16 представлен вид в перспективе уплотнительного элемента уплотнительного узла, показанного на фиг. 8.

На фиг. 17 представлен вид сверху уплотнительного элемента, показанного на фиг. 16;

На фиг. 18 представлен вид снизу уплотнительного элемента, показанного на фиг. 16.

На фиг. 19 представлен вид в разрезе уплотнительного элемента по линии С-С, показанной на фиг. 16.

На фиг. 20 представлена принципиальная схема, демонстрирующая соединение по меньшей мере двух устройств, показанных на фиг. 3.

На фиг. 21 представлена принципиальная схема, демонстрирующая контроллер, имеющий более одного переключателя, при этом контроллеры подключены параллельно для управления по меньшей мере одним устройством, показанным на фиг. 20.

На фиг. 22 представлено несколько принципиальных схем, которые демонстрируют контроллер, имеющий более одного переключателя, при этом контроллеры подключены последовательно и прохождение через последовательность служит для управления по меньшей мере одним устройством, показанным на фиг. 3, при этом на фиг. 22А представлен контроллер в недействующем состоянии, и на фиг. 22В, фиг. 22С, и на фиг. 22D показаны дальнейшие стадии последовательности приведения в действие.

На фиг. 23 представлена принципиальная схема, демонстрирующая контроллер согласно другим вариантам осуществления настоящего изобретения, причем этот контроллер имеет процессор для управления несколькими устройствами, показанными на фиг. 20.

На фиг. 24 представлен схематический вид сбоку шарнирного соединения для использования в системах настоящего изобретения.

Фиг. 25 представляет собой ряд принципиальных схем, на которых показано, что шарнирное соединение, представленное на фиг. 24, соединено с одним концом устройства, показанного на фиг. 3, и с линией, идущей с поверхности, на другом конце, при этом на

фиг. 25А показано шарнирное соединение, находящееся по существу в центральном положении; на фиг. 25В показано шарнирное соединение в первом положении, приспособленном для движения линии с поверхности, и на фиг. 25С показано шарнирное соединение во втором положении, приспособленном для движения линии с поверхности.

На фиг. 26 представлен другой вариант осуществления устройства согласно настоящему изобретению, при этом устройство предназначено для применения с системой для интенсификации притока из намеченной области геологической формации, при этом фиг. 26А представляет собой вертикальный вид сбоку этого устройства; и фиг. 26В представляет собой вид в разрезе по линии А-А, показанной на фиг. 26А; и

на фиг. 27 представлен другой вариант осуществления уплотнительного элемента, при этом на фиг. 27А представлен вид сверху уплотнительного элемента; на фиг. 27В представлен вид в перспективе уплотнительного элемента; на фиг. 27С представлен вид уплотнительного элемента сбоку в перспективе; на фиг. 27D представлен вид в разрезе уплотнительного элемента по линии разреза А-А, показанной на фиг. 27С; и фиг. 27Е представляет собой вид в разрезе по линии разреза А-А, показанной на фиг. 27С, но другого варианта осуществления уплотнительного элемента.

Подробное раскрытие настоящего изобретения

Варианты осуществления настоящего изобретения относятся к устройству и системе, которая включает в себя устройство. Устройство и система могут быть применены для изоляции части скважины, которую также могут называть стволом скважины, и для интенсификации притока из намеченной области геологической формации, которая находится рядом с изолированной частью, за счет изменения давления. Устройство и система рассчитаны на создание изменения давления за счет быстрого горения веществ-стимуляторов и фокусирования энергии изменения давления в намеченную область. Изменение давления может быть рассчитано в соответствии с заранее заданными требованиями с тем, чтобы оказать влияние на желательную интенсификацию притока из намеченной области геологической формации.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, устройство предусматривает одну или несколько соединительных тяг, которые на каждом конце прикреплены к одному или нескольким уплотнительным элементам. Во время изменения давления одна или несколько соединительных тяг поддерживают практически постоянное расстояние между противоположными уплотнительными элементами.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, устройство предусматривает некоторое количество расположенных стопкой, приводимых в действие уплотнительных элементов. Уплотнительные элементы могут быть сухими или, при необходимости, покрытыми вязким и/или поддающимся деформации уплотняющим веществом, например, смазочным материалом. Уплотнительные элементы могут переводить из уплотняющего положения в неуплотняющее положение и наоборот. Уплотняющее положение в настоящем документе могут называть активным состоянием, и это положение пригодно для формирования неполного герметичного уплотнения на внутренней поверхности скважины. Специалисту в данной области техники будет понятно, что когда сформировано это уплотнение, при нахождении уплотнительных элементов в активном состоянии некоторое количество флюидов и/или энергии могут проходить через него в результате изменения давления. Пропускание некоторого количества флюидов и/или энергии через уплотнительные элементы обеспечивает разгрузку, которая позволяет избежать повреждения устройства или ствола скважины, в котором находится устройство. Однако когда уплотнительные элементы находятся в активном состоянии, они фокусируют флюиды и/или энергию изменения давления в намеченную область для интенсификации притока из нее. Как описано ниже, активное состояние может быть временным состоянием. Неуплотняющее положение в настоящем документе могут называть пассивным состоянием, и это положение может быть полезным, когда устройство и/или систему перемещают в стволе скважины.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, уплотнительные элементы могут переводить в активное состояние при помощи исполнительного органа, например, помимо прочего, это: генератор рабочего газа, механизм с гидравлическим приводом, механизм с пневматическим приводом, механическое устройство, например, пружина, электродвигатель, электромагнит или их сочетания. Уплотнительные элементы могут поддерживать в активном состоянии при помощи газа высокого давления, которое создают в ходе изменения давления за счет быстрого горения вещества-стимулятора, находящегося в корпусе устройства. Уплотнительные элементы могут возвращать в неуплотняющее положение при помощи пассивного механизма или: дополнительного газогенератора, механизма с гидравлическим приводом, механизма с пневматическим приводом, механического устройства, например, пружины, электродвигателя, электромагнита или их сочетания.

На фиг. 1 и фиг. 2 представлена типичная буровая площадка 100, где осуществляют интенсификацию притока в скважину.

Буровая площадка 100 предусматривает ствол 102 скважины, пробуренный под буровой установкой 104 и идущий вниз от поверхности в подземную толщу горных пород 106. Ствол 102 скважины может представлять собой вертикальный ствол скважины, как показано на фиг. 1, или горизонтальную скважину (как показано на фиг. 2), которая проходит главным образом вертикально от поверхности вниз до заданной глубины и затем отклоняется по существу до горизонтального участка. Как известно специалистам в данной области техники, ствол 102 скважины может быть укреплен при помощи перфорированной обсадной трубы или ствол 102 скважины может быть необсаженным.

Линия 108 проходит с поверхности в ствол 102 скважины, один ее конец могут соединять с одним или несколькими устройствами 120 для интенсификации притока в скважину. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, линия 108 представляет собой канал для прохождения флюидов между поверхностью и внутренней частью одного или нескольких устройств 120 для интенсификации притока в скважину. Некоторые примеры типов канала, помимо прочего, представляют собой: насосно-компрессорную трубу и гибкую насосно-компрессорную трубу. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, линия 108 предусматривает один или несколько проводников для передачи электрической информации между поверхностью и одним или несколькими устройствами 102 интенсификации притока в скважину. Некоторые примеры типов проводов включают в себя кабель, трос и электропровод. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, линия 108 предусматривает и проводник, и кабель. Линию 108 могут соединять с одним или несколькими устройствами 120 для интенсификации притока в скважину, каждое из которых расположено в требуемом местоположении относительно подземной толщи 106 горных пород. Для изоляции части ствола 102 скважины каждое устройство 120 для интенсификации притока в скважину предусматривает два набора уплотнительных элементов 122 на двух его противоположных концах. Устройство 120 дополнительно предусматривает узел 126 газогенератора, который может создавать изменение давления путем генерирования потока флюида 124, находящегося под высоким давлением. Флюид, находящийся под высоким давлением, течет из изолированной части ствола 102 скважины наружу в радиальном направлении для интенсификации притока из намеченной области подземной толщи 106 горных пород, находящейся вблизи от изолированной части.

На фиг. 3 представлен вид сбоку устройства 120 для интенсификации притока в скважину согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения.

Устройство 120 для интенсификации притока в скважину предусматривает узел 126 газогенератора и по меньшей мере один уплотнительный узел 128, но предпочтительно - пару противоположных уплотнительных узлов 128, которые расположены вдоль продольной оси (обозначена линией А-А на фиг. 3) устройства 120 для интенсификации притока в скважину. Противоположные уплотнительные узлы 128 расположены на расстоянии друг от друга, при этом между ними расположен узел 126 газогенератора. В примере, показанном на фиг. 3, каждый из двух уплотнительных узлов 128 расположен рядом с одним из противоположных концов 130А, 130В устройства 120 для интенсификации притока в скважину.

Как видно из фиг. 4, узел 126 газогенератора предусматривает удлиненную соединительную тягу 132, которая рассчитана на то, чтобы вмещать в себя контейнер 134 с веществом-стимулятором. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, контейнер 134 с веществом-стимулятором представляет собой одну или несколько муфт, рассчитанных на крепление вокруг соединительной тяги 132 и на то, чтобы вмещать в себя вещество-стимулятор. Соединительная тяга 132 изготовлена из жесткого материала с высокой прочностью на растяжение, например, из стали. Соединительная тяга 132 имеет прочность, которая может выдержать усилие растяжения, создаваемое изменением давления, которое возникает во время работы устройства 120. Специалисту в данной области техники будет понятно, что для восприятия этого усилия растяжения пригодны различные материалы, в том числе различные типы стали и железа. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, соединительная тяга 132 изготовлена из мартенситно-старееющей стали и имеет площадь поперечного сечения приблизительно $1/3,84$ от площади поперечного сечения ствола 102 скважины. Соединительная тяга 132 может выдерживать усилие растяжения, создаваемое изменением давления, при максимальном давлении от 10 000 фунтов на квадратный дюйм (psi) до 50 000 psi.

Как видно из фиг. 4, фиг. 7 и фиг. 5, соединительную тягу 132 могут при помощи фиксатора 136 соединять с двумя уплотнительными узлами 128 на двух ее концах. Специалисту в данной области техники будет понятно, что фиксатор 136 может представлять собой механический фиксатор любого типа, который будет способен под действием усилия растяжения, создаваемого изменением давления, удерживать крепление соединительной тяги 132 с уплотнительным узлом 128 на каждом конце. Специалисту в данной области техники будет также понятно, что фиксатор 136 предусматривает другие типы соединений, которые зависят от способов соединения, в том числе, это сварка,

посадка с натягом, высокотемпературная пайка, клёпка и их сочетания. Типы пригодных механических фиксаторов 136 включают помимо прочего: крепежный винт, фланцевое соединение, прижимный фланец и соединение с упорной резьбой или другие типы резьбового соединения. На фиг. 6А представлен один пример соединения с упорной резьбой на первом конце 132А и втором конце 132В. На фиг. 6В показан первый конец 132А с первой нарезной частью 133А, которая может, по меньшей мере частично, проходить винтообразно с наружной стороны первого конца 132А. На фиг. 6С показан второй конец 132В со второй нарезной частью 133В, которая может, по меньшей мере частично, проходить винтообразно с наружной стороны второго конца 132В. Первая нарезная часть 133А и вторая нарезная часть 133В могут задавать угол (относительно продольной оси устройства 120), который может быть одинаковым или может различаться. Специалистам в данной области техники будет понятно, что если фиксатор 136 представляет собой соединение с упорной резьбой, тогда первая нарезная часть 133А может иметь конфигурацию противоположную второй нарезной части 133В с тем, чтобы под действием усилия растяжения, которое возникает во время изменения давления, соединительная тяга 132 обеспечивала лучшее соединение с уплотнительными элементами 128.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, для дополнительного крепления каждого уплотнительного узла 128 к соединительной тяге 132 могут применять добавочный крепежный винт 138. Крепежный винт 138 может поддерживать соединение соединительной тяги 132 и уплотнительных узлов 128 во время работы устройства 120 для интенсификации притока в скважину и в случае выхода из строя фиксатора 136.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, соединительная тяга 132 может иметь длину, пригодную для изоляции части ствола скважины настолько это необходимо. Согласно некоторым вариантам осуществления, длина соединительной тяги 132 может быть спроектирована в зависимости от того сколько вещества-стимулятора будут применять и/или от других характеристик скважины. Согласно другим вариантам осуществления настоящего изобретения, устройство 120 может быть снабжено несколькими соединительными тягами 132 одинаковой или разной длины. Оператор может выбрать соединительную тягу 132 требуемой длины при сборке устройства 120 для интенсификации притока в скважину на буровой площадке 100.

Соединительная тяга 132 устанавливает местоположения уплотнительных узлов 128 относительно друг друга, и поэтому считают, что соединительная тяга 132

способствует правильному расположению уплотнительных элементов 122 для установления границ изолированной части ствола 102 скважины. Соединительная тяга 132 не позволяет уплотнительным узлам 128 перемещаться под действием силы, возникающей при изменении давления. Соединительная тяга 132 может дополнительно служить несущим элементом для контейнера 134 с веществом-стимулятором.

Как видно из фиг. 4 и фиг. 7, контейнер 134 с веществом-стимулятором может включать в себя внутреннюю стенку 142 и наружную стенку 144, а также вещество-стимулятор 146, которое помещают в кольцевое пространство между внутренней и наружной стенками 142 и 144. Вещество-стимулятор 146 (которое в настоящем документе также называют «стимулирующим пропеллентом», «пропеллентом», «веществом-стимулятором», «веществами-стимуляторами» или «стимулятором») представляет собой вещество, которое может воспламеняться, быстро сгорать, вспыхивать, взрываться или с ним может происходить сочетание перечисленного, для изменения давления, которое определяется потоком газа высокого давления из устройства 120, с целью интенсификации притока из намеченной области окружающей геологической формации.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, вещество-стимулятор 146 предусматривает матрицу, в которой может быть заключено горючее вещество или смесь горючего вещества с окислителем. Вещество-стимулятор 146 предпочтительно стабильно при температуре (ниже приблизительно 100 °C) и давлении (ниже приблизительно 2000 фунтов на квадратный дюйм), которые типичны для ствола 102 скважины.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, матрица представляет собой связующее вещество на полимерной основе, которое выбрано, помимо прочего, из следующего: полисульфиды; сополимеры бутадиена и акриловой кислоты; полибутадиеновые акрилонитрилы; полиуретаны; полибутадиенов с концевыми карбоксильными группами; полибутадиены с концевыми гидроксильными группами; поливинилхлориды; сополимеры акрилонитрила, бутадиена и стирола, или их сочетаний. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, предпочтительная матрица предусматривает полибутадиены с концевыми гидроксильными группами.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, горючее вещество может представлять собой: металл, неметалл или их сочетания. Например, металл может представлять собой, помимо прочего, одно или несколько из следующих: алюминий, магний, цинк, железо или медь. Неметалл может представлять собой, помимо

прочего, одно или несколько из следующих: бор, кремний или их сочетание. Горючее вещество может находиться или не находиться в порошкообразной форме. Горючее вещество может представлять собой соединение, сплав или их сочетания.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, окислитель может представлять собой: соль, являющуюся источником кислорода; неорганическое хлорнокислородное соединение, например, хлорнокислый аммоний или хлорнокислый калий, амид азотной кислоты, например, циклотриметилен или их сочетания. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, предпочтительный окислитель представляет собой хлорнокислый аммоний.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, матрица и горючее вещество могут представлять собой один и тот же компонент вещества-стимулятора 146. Так, основой этого компонента может быть полиэфир, например, полистирол или полипропилен; целлюлоза, например, нитроцеллюлоза; или какая-либо другая форма энергетического полимера. Согласно этим вариантам осуществления, вещество-стимулятор 146 предусматривает окислитель и комбинированный единый компонент горючее вещество/матрица.

При необходимости вещество-стимулятор 146 может также предусматривать другие компоненты, например, помимо прочих: упрочняющую присадку; отвердитель; ускоритель горения; замедлитель горения или их сочетания.

Специалисту в данной области техники будет понятно, что существуют различные формы вещества-стимулятора 146, которые пригодны, но конкретно не названы в настоящем документе.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, быстрое горение материала-стимулятора может создавать изменение давления с максимальным давлением приблизительно от 10 000 фунтов на квадратный дюйм до 50 000 фунтов на квадратный дюйм. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, максимальное давление при изменении давления может составлять приблизительно от 15 000 фунтов на квадратный дюйм до 40 000 фунтов на квадратный дюйм. Согласно другим вариантам осуществления настоящего изобретения, максимальное давление при изменении давления может составлять приблизительно от 20 000 фунтов на квадратный дюйм приблизительно до 30 000 фунтов на квадратный дюйм. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, время достижения максимального давления (которое в настоящем документе также называют «временем нарастания давления») составляет от приблизительно 10 миллисекунд до

приблизительно 1000 миллисекунд. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, суммарная продолжительность изменения давления составляет от приблизительно 10 миллисекунд до 20 секунд.

Как видно из фиг. 7А, одно или несколько устройств 148 запуска интенсификации притока, также называемые иницирующими устройствами, встроены или иным образом связаны с веществом-стимулятором 146 с целью поджига вещества-стимулятора 146. Поджиг вещества-стимулятора 146 иницирует быстрое горение вещества-стимулятора 146. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, устройство 148 запуска интенсификации притока представляет собой устройство электрического поджига и предусматривает входную электрическую колодку 150 с помощью электрического соединения подключенную к контроллеру (как описано ниже в настоящем документе).

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, наружная стенка 144 контейнера 134 с веществом-стимулятором представляет собой стенку, которая по меньшей мере частично разрушается. Например, наружная стенка 144 может предусматривать тонкий слой пластика, металла и подобного, при этом целостность его может быть нарушена или другим способом по меньшей мере частично разрушена потоком газа высокого давления, когда вещество-стимулятор 146 поджигают и оно быстро сгорает. Частичное или полное разрушение наружной стенки 144 позволяет сгенерированному газу высокого давления с минимальной задержкой вытекать из узла 126 газогенератора для интенсификации притока. Согласно другим вариантам осуществления настоящего изобретения, наружная стенка 144 может быть изготовлена из жесткого материала, например, стали, и может содержать некоторое количество отверстий для протекания через них сгенерированного газа высокого давления.

На фиг. 8, фиг. 9 и фиг. 12 представлена конструкция уплотнительного узла 128, находящегося в пассивном состоянии. Как видно, уплотнительный узел 128 предусматривает оправку 152 с фиксатором 136 на первом ее конце 156 для соединения уплотнительного узла 128 с соединительной тягой 132. Оправку 152 могут соединять с исполнительным органом 154 на втором ее конце 158 при помощи подходящих соединительных устройств, например, резьбовых крепежных деталей, болта и гайки и т.п. (не показаны). Исполнительный орган 154 также предусматривает подходящее соединительное устройство (не показано) для соединения с линией 108 или другим элементом колонны труб, например, с другим устройством 120 для интенсификации притока в скважину.

Оправка 152 может определять отверстие 164, прилегающее к фиксатору 136 и предназначенное для болта 138 (см. фиг. 7B), дополнительно соединяющего оправку 152 с соединительной тягой 132. От второго конца 158 оправки 152 к отверстию 164 под болт проходит продольный канал 162 для вставки в него вспомогательного болта 138.

На наружной поверхности оправки 152 предусмотрен упор 170, выступающий наружу от его второго конца 158, для поддержки одного конца пружины 192 (см. описание ниже). Наружная поверхность оправки 152 также определяет кольцевую выемку 172 рядом со вторым концом 158 и кольцевые радиальные края 174, которые могут быть расположены под углом к первому концу 156. По меньшей мере два уплотнительных элемента 122 расположены стопкой со смещением относительно друг от друга внутри кольцевой выемки 172. Уплотнительные элементы 122 рассчитаны на перевод из пассивного состояния в активное состояние для создания изолированной части ствола 102 скважины. Для перевода уплотнительных элементов 122 из пассивного состояния в активное состояние внешний край 182 (показан на фиг. 16) каждого уплотнительного элемента 122 рассчитан на перемещение в радиальном направлении относительно продольной оси устройства 120 (показана как линия А-А на фиг. 3) для сцепления со внутренней стенкой ствола 102 скважины или трубы в ней. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, противоположный внутренний край 186 (см. фиг. 16) каждого уплотнительного элемента 122 может быть зафиксирован или не зафиксирован в выемке 172. Когда внутренний край 186 не зафиксирован, внутренний край 186 каждого уплотнительного элемента 122 могут перемещать внутри выемки 172 по существу параллельно продольной оси устройства 120.

При необходимости наружная поверхность оправки 152 может также предусматривать один или несколько центрирующих элементов 153, каждый из которых рассчитан на то, что он выступает наружу над наружной поверхностью оправки 152 и вступает в сцепление со внутренней поверхностью ствола 102 скважины или внутренней поверхностью обсадной трубы, которую могут располагать между оправкой 152 и внутренней поверхностью ствола 102 скважины. Хотя на чертежах показан только центрирующий элемент 153, специалистам в данной области техники будет понятно, что для центрирования оправки 152 и, следовательно, устройства 120 в стволе 102 скважины, необходимо по меньшей мере два центрирующих элемента 153 или предпочтительно три или более. Специалистам в данной области техники будет понятно, что для выдвигания наружу центрирующих элементов 153 могут применять различные типы механизмов, помимо прочего к ним относятся: механизм с гидравлическим приводом, механизм с

пневматическим приводом, механическое устройство, например, пружина, электродвигатель, электромагнит или их сочетание.

Уплотнительные элементы 122 изготовлены из материала или материалов, пригодных для восприятия давления, созданного во время изменения давления. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, при установке на оправку 152 уплотнительные элементы 122 могут быть сухими или покрытыми вязким уплотняющим веществом, например, смазочным материалом. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, уплотнительные элементы 122 изготовлены из стали марки 4140. Однако специалистам в данной области техники будет понятно, что уплотнительные элементы 122 могут быть изготовлены из любого подходящего материала, например, помимо прочего, из: металла, металлического сплава, керамики, эластомера или их сочетаний.

На фиг. 8 представлены различные варианты осуществления настоящего изобретения, где отдельные уплотнительные элементы 122 обозначены буквами: 122А — самый дальний от первого конца 156, 122В, 122С, 122D, 122Е и 122F — ближайший к первому концу 156. Специалисту в данной области техники будет понятно, что эта система условных обозначений представлена только в качестве примера и не преследует цели ограничить общее количество уплотнительных элементов 122 в уплотнительном узле 128.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, все уплотнительные элементы от 122А до 122F изготовлены из жесткого материала. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, все уплотнительные элементы от 122А до 122F изготовлены из одного и того же материала, который представляет собой гибкий материал, упругий материал или их сочетания. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, уплотнительные элементы от 122А до 122F изготовлены из одного и того же или из различных материалов. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, уплотнительные элементы 122А и 122F изготовлены из одного и того же первого материала, а уплотнительные элементы от 122В до 122Е изготовлены из одного или нескольких материалов. Согласно этим вариантам осуществления, первый материал является более жестким, чем один или несколько материалов. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, уплотнительный элемент 122В изготовлен из материала, который менее жесткий, чем материал или материалы, из которых изготовлены другие уплотнительные элементы 122А и от 122С до 122F.

Как видно из вариантов осуществления, показанных на фиг. с 16 по фиг. 19, каждый уплотнительный элемент 122 имеет сектор кольцевого пространства или сегмент кольцевого пространства с закругленным наружным краем 182, дугообразную кольцевую канавку 184 и закругленный внутренний край 186. Канавку 184 используют для установки в ней пружины 192 с целью обеспечения силы, противодействующей смещению и удерживающей уплотнительный элемент 122 в пассивном состоянии. Специалисту в данной области техники будет понятно, что канавка 184 может иметь различные формы в соответствии с формой или ориентацией пружины 192. Специалисту в данной области техники будет также понятно, что некоторые варианты осуществления настоящего изобретения относятся к уплотнительным элементам 122, не имеющим канавки 184. Согласно этим вариантам осуществления, в которых канавка 184 отсутствует, пружина 192 может представлять собой несколько пружин, расположенных между одним или несколькими соседними уплотнительными элементами 122 для обеспечения силы, противодействующей смещению, с целью смещения этих уплотнительных элементов 122 в пассивное состояние. Закругленный внутренний край 186 может обеспечивать подвижное сопряжение для сцепления с выемкой 172. На фиг. 27 показаны дополнительные варианты осуществления уплотнительных элементов 122, которые имеют плоский наружный край 182А и закругленный внутренний край 186А (фиг. 27D) или плоский внутренний край 186В (фиг. 27E).

Как видно из фиг. 9, уплотнительные элементы 122 расположены в выемке 172 оправки 152 под острым углом к главному продольному направлению 176 (показано на фиг. 12 и фиг. 13) и обращены к ее первому концу 156. Здесь угол между каждым уплотнительным элементом 122 и главным продольным направлением 176 называют углом естественного откоса α , при этом уплотнительные элементы 122 находятся в пассивном состоянии (фиг. 12), и называют углом атаки β , при этом уплотнительные элементы 122 находятся в активном состоянии (фиг. 13). И угол естественного откоса α , и угол атаки β могут представлять собой острые углы, обращенные к первому концу 156 (следовательно, обращенные к центру устройства 120 для интенсификации притока в скважину), и угол атаки β как правило больше, чем угол естественного откоса α . Согласно некоторым вариантам осуществления, угол естественного откоса α выбирают между приблизительно 0° и приблизительно 75° , угол атаки β выбирают между приблизительно 10° и приблизительно 80° .

Обратимся снова к примеру, не имеющему ограничительного характера и показанному на фиг. 9, где уплотнительный узел 128 предусматривает поджимной узел

190 на наружной поверхности оправки 152 между упором 170 и уплотнительными элементами 122 для перевода и/или удержания уплотнительных элементов 122 в пассивном состоянии с возможностью их освобождения. Согласно этим вариантам осуществления, поджимной узел 190 предусматривает пружину 192, упирающуюся в упор 170 для создания смещающей силы, которая направлена к центру устройства 120 для интенсификации притока в скважину, и поджимную манжету 194 для сцепления с уплотнительными элементами 122 и передачи им противодействующей силы. Специалистам в данной области техники будет понятно, что для перемещения и/или удержания уплотнительных элементов 122 в пассивном состоянии вместо поджимного узла 190 могут быть использованы другие механизмы.

Уплотнительный узел 128 также предусматривает исполнительный узел 200 для преодоления противодействующей силы поджимного узла 190 и перевода уплотнительных элементов 122 в активное состояние. Как видно из фиг. 9, исполнительный узел 200 предусматривает трубку 151 привода для перевода уплотнительных элементов 122 в активное состояние. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, трубка 151 привода рассчитана на размещение в ней исполнительного органа 154, корпуса 202 поршня с одним или несколькими поршнями 204, которые подвижны в нем, и рабочую манжету 206 для сцепления с уплотнительными элементами 122 на их стороне, противоположной от поджимного узла 190. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, исполнительный орган 154 представляет собой генератор рабочего газа, который предусматривает камеру 208 рабочего пропеллента, в которую помещают рабочий пропеллент (не показан) для генерирования потока рабочего газа. На фиг. 14 исполнительный орган 154 представлен более подробно. В частности, исполнительный орган 154 имеет два противоположных конца 154А и 154В (фиг. 14А и фиг. 14В). Конец 154А содержит некоторое количество отверстий 155 для приема элементов фиксатора (не показаны), которые служат для фиксации колпака 154С на конце 154А исполнительного органа 154 в уплотнительном узле 128. Первый конец 154А также содержит один или несколько каналов 157 (фиг. 14С, 14D и 14Е), которые рассчитаны на прием одного или нескольких кабелей или проводов (не показаны) и для прохода кабелей или проводов в камеру 208 рабочего пропеллента, так что сигнал (например, электрический сигнал, пневматический сигнал или гидравлический сигнал) может быть передан в камеру 208 рабочего пропеллента для непосредственного поджига (или непрямого поджига при помощи устройства 214 активации) находящегося в ней рабочего пропеллента. Рядом с

концом 154В исполнительный орган 154 предусматривает стыковочную секцию 159 для стыковки исполнительного органа 154 с трубкой 151 газогенератора. Например, стыковочная секция 159 может быть рассчитана на сочленение с трубкой 151 газогенератора, например, на ввод этой секции в один или несколько стыковочных элементов, которые расположены на наружной поверхности стыковочной секции 159 и внутренней поверхности трубки 151 газогенератора. Например, стыковочная секция 159 может предусматривать узел резьбового соединения, который при помощи резьбы может быть соединен с соответствующим узлом резьбового соединения на трубке 151 газогенератора. Специалисту в данной области техники будет понятно, что существуют различные типы стыковочных элементов, которые могут применять для стыковки исполнительного органа 154 в трубке 151 привода.

Камера 208 рабочего пропеллента рассчитана на нахождение в гидравлической связи с одним или несколькими газовыми каналами 212 и через них с внутренней сборной камерой корпуса 202 поршня. Таким образом, после поджига рабочий пропеллент будет быстро гореть и образовывать газ под давлением, который может течь через один или несколько газовых каналов 212, через внутреннюю сборную камеру, и воздействовать на поверхность поршня 204. При необходимости камера 208 рабочего пропеллента предусматривает разрывную мембрану 210, которая удерживает рабочий пропеллент в камере 208 рабочего пропеллента до тех пор, пока давление в камере 208 рабочего пропеллента не превысит номинальное давление разрывной мембраны 210. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, один или несколько поршней 204 могут представлять собой единый кольцевой поршень, расположенный внутри аналогичного корпуса 202 поршня, который расположен вокруг наружной поверхности уплотнительного узла 128. Согласно этим вариантам осуществления, внутренняя сборная камера также имеет вид кольца, расположенного вокруг наружной поверхности уплотнительного узла 128.

На фиг. 15 представлен другой вариант осуществления корпуса 202 поршня. Корпус 202 поршня предусматривает одну или несколько поршневых камер 222, в каждую из которых входит поршень 204 (не показан). Корпус 202 поршня также предусматривает один или несколько газопроводов 226, которые выступают в качестве внутренней сборной камеры для обеспечения гидравлической связи между одним или несколькими газовыми каналами 212 и одной или несколькими поршневыми камерами 222. Корпус 202 поршня может быть прикреплен к оправке 152 с одним или несколькими

газовыми каналами 226, находящимися в гидравлической связи с одним или несколькими газовыми каналами 212.

Как видно из фиг. 8 и фиг. 9, после сборки, когда уплотнительный узел 128 находится в пассивном состоянии, уплотнительные элементы 122 отклонены поджимным узлом 190 и занимают радиальное положение с углом естественного откоса α (как показано на фиг. 12). Для перевода уплотнительного узла 128 в активное состояние, рабочий пропеллент в камере 208 рабочего пропеллента поджигают при помощи устройства 214 активации, которое может представлять собой устройство электроподжига. Поджиг рабочего пропеллента приводит к быстрому горению и образованию газа, находящегося под давлением. Находящийся под давлением газ течет через один или несколько газовых каналов 212 в газоды в корпусе 202 поршня. Как видно из фиг. 10 и фиг. 11, находящийся под давлением газ затем приводит в действие один или несколько поршней 204, которые выходят из корпуса 202 поршня, тем самым приводя в действие рабочую манжету 206, которая преодолевает смещающую силу поджимного узла 190 и переводит уплотнительный узел 122 по существу вверх, до угла атаки β . Тогда уплотнительный узел 128 считают находящимся в активном состоянии.

Как видно из фиг. 1 и 2, одно или несколько устройств 120 для интенсификации притока в скважину могут соединять с линией 108 и помещать в требуемое местоположение в стволе 102 скважины. Для изоляции и обработки части ствола 102 скважины исполнительный орган 154 создает изменение давления срабатывания, посредством чего поток находящегося под давлением газа переводит уплотнительные элементы 122 в активное состояние, в котором уплотнительные элементы 122 установлены под углом атаки β для сцепления со внутренней поверхностью обсадной трубы или ствола скважины, с тем чтобы сформировать временную изоляцию в стволе 102 скважины. Временная изоляция по обе стороны от исполнительного органа 154 определяет изолированную часть ствола 102 скважины. С целью обработки изолированной части ствола скважины вещество-стимулятор в контейнере 134 с веществом-стимулятором узла 126 газогенератора для интенсификации притока поджигают при помощи устройств 148 запуска интенсификации притока для быстрого горения и образования газа высокого давления, который разрушает или иным образом удаляет разрушаемую наружную стенку 144 и выбрасывается в изолированную часть ствола скважины, в настоящем документе это называют изменением давления. Приведенные в действие уплотнительные элементы 122 фокусируют образовавшийся флюид, находящийся под высоким давлением, и/или энергию изменения давления, в

намеченную часть геологической формации 106. Термин «фокусирует» применяют в настоящем документе для ссылки на уплотнительные элементы 122, которые направляют по существу большую часть или по существу весь флюид и/или энергию изменения давления в намеченную часть с созданием или без создания одного или нескольких герметичных уплотнений на внутренней поверхности ствола 102 скважины.

Как описано выше, уплотнительные элементы 122 устанавливаются под острым углом атаки β так, что они обращены к центру устройства 120 для интенсификации притока в скважину для сцепления с обсадной трубой или стенкой ствола 102 скважины. Такая конфигурация обеспечивает преимущество, которое заключается в том, что обсадная колонна или стенка ствола 102 скважины защищает уплотнительные элементы 122 от приложенного к ним высокого давления.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, приведение уплотнительных элементов 122 в действие за счет изменения давления срабатывания и изменение давления, созданное узлом 126 газогенератора, происходит приблизительно в одно и то же время, либо изменение давления срабатывания может происходить раньше. Рабочий газ высвобождается после того, как уплотнительные элементы 122 располагают под углом атаки β (т.е., переводят в активное состояние). Изменение давления, созданное узлом 126 газогенератора для интенсификации притока, может облегчать и поддерживать уплотнительные элементы 122 под углом атаки β во время процесса обработки изолированной части ствола скважины.

После обработки давление в изолированной части ствола скважины снижают с высвобождением газа высокого давления в формацию 106. Затем поджимной узел 190 вынуждает уплотнительные элементы 122 вернуться обратно к углу естественного откоса α , тем самым устройство 120 для интенсификации притока в скважину переходит в пассивное состояние.

Как описано выше, для интенсификации притока в скважину могут применять одно или несколько устройств 120 для интенсификации притока в скважину. В каждом устройстве 120 для интенсификации притока в скважину применяют контроллер для управления поджигом вещества-стимулятора и рабочего пропеллента. Согласно некоторым вариантам осуществления, давление флюида могут использовать для запуска контроллера с целью последовательного приведения в действие каждого устройства 120 для интенсификации притока в скважину в соответствии с требуемым графиком. Давления переключения (более подробно описаны ниже) обеспечивают за счет закачки флюида с поверхности вниз, по линии 108. Согласно этим вариантам осуществления,

давления переключения могут представлять собой любые подходящие давления, например, от давления окружающей среды до 10 000 фунтов на квадратный дюйм. Согласно некоторым другим вариантам осуществления, давления переключения находятся в диапазоне от давления окружающей среды до приблизительно 20 000 фунтов на квадратный дюйм. Согласно некоторым другим вариантам осуществления, давления переключения находятся в диапазоне от давления окружающей среды до приблизительно 25 000 фунтов на квадратный дюйм. Согласно некоторым другим вариантам осуществления, давления переключения находятся в диапазоне от давления окружающей среды до приблизительно 50 000 фунтов на квадратный дюйм.

На фиг. 20 представлен один вариант осуществления настоящего изобретения, в котором линия 108 содержит три устройства 120А, 120В и 120С для интенсификации притока в скважину, и ее скважинный конец располагают в требуемом местоположении ствола 102 скважины для интенсификации притока в скважину. Как видно, устройства 148 и 214 интенсификации притока и активации (помечены буквами Р и S на фиг. 20) в каждом устройстве 120А, 120В, 120С для интенсификации притока в скважину находятся в последовательном электрическом соединении и образуют цепь 232А, 232В, 232С воспламенителя (все вместе обозначены как позиция 232). При помощи электропроводки три цепи 232 воспламенителя находятся в параллельном электрическом соединении с контроллером 234, который приводят в действие давлением. В этом примере контроллер 234 расположен в скважине на линии 108.

Как видно из фиг. 21, контроллер 234 предусматривает источник 236 тока, например, аккумулятор, и три однополюсных (SPST) переключателя 238А, 238В и 238С, приводимых в действие давлением, с нормально разомкнутыми контактами, при этом переключатели находятся в параллельном соединении с источником 236 тока. Каждый переключатель 238А, 238В, 238С может быть замкнут заранее заданным пороговым давлением переключения (обозначено как Р1, Р2 и Р3 для переключателей 238А, 238В и 238С), которое подают к ним по линии 108 с целью приведения в действие одного или нескольких устройств 120А, 120В или 120С для интенсификации притока в скважину. Поскольку электропроводка в устройстве 120 для интенсификации притока в скважину может быть нарушена во время обработки скважины, предпочтительно приводить в действие устройства 120 для интенсификации притока в скважину в направлении от забоя к устью, т.е., от 120А к 120С, и поэтому $P3 > P2 > P1$. Например, $P1 = 3000$ фунтов на квадратный дюйм, $P2 = 5000$ фунтов на квадратный дюйм и $P3 = 7000$ фунтов на квадратный дюйм.

При работе флюид направляют по линии 108 к контроллеру 234. Для замыкания переключателя 238А флюид оказывает на контроллер 234 давление P , причем $P_2 > P > P_1$. Приводят в действие устройства 214 активации и устройство 148 запуска интенсификации притока устройства 120А для интенсификации притока в скважину. В результате приводят в действие уплотнительные элементы 122 устройства 120А для интенсификации притока в скважину и формируют изолированную часть ствола 102 скважины. Практически в то же самое время или позже узел 126 газогенератора для интенсификации притока создает изменение давления, которое определяется потоком газа высокого давления в формацию 106 в пределах изолированной части ствола 102 скважины.

Затем для замыкания переключателя 238В давление флюида повышают до $P_3 > P > P_2$. В результате уплотнительные элементы 122 устройства 120В для интенсификации притока в скважину приводят в действие и изолируют часть ствола скважины, и в нем узел 126 газогенератора для интенсификации притока генерирует газ высокого давления для интенсификации притока из формации 106, находящейся рядом с изолированной частью ствола скважины.

Затем для замыкания переключателя 238С давление флюида дополнительно повышают до $P > P_3$. В результате уплотнительные элементы 122 устройства 120С для интенсификации притока в скважину приводят в действие и изолируют часть ствола скважины, и в нем узел 126 газогенератора для интенсификации притока генерирует газ высокого давления для интенсификации притока из формации 106, находящейся рядом с изолированной частью ствола скважины.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, электропроводка и цепь воспламенителя обычно разрушаются после приведения в действие устройства 120 для интенсификации притока в скважину, но существует риск того, что все еще может произойти короткое замыкание, которое приведет к повреждению контроллера 234 и/или другого устройства 120 для интенсификации притока в скважину. Согласно некоторым другим вариантам осуществления, такой риск можно предотвратить путем включения в контроллер 234 предохранителей с задержкой на срабатывание, которые будут размыкать цепь воспламенителя по истечении заранее заданного периода времени.

На фиг. 22А представлен пример контроллера 234, который предусматривает источник 236 тока и n переключателей, приводимых в действие давлением, для управления n устройствами 120 для интенсификации притока в скважину (n представляет собой целое число большее 1). Цепи 232 воспламенителя в n устройствах 120 для

интенсификации притока в скважину обозначены здесь как 1-я, 2-я, ... n -я цепи воспламенителя, и n переключателей здесь обозначены как 0-й, 1-й, 2-й, ..., $(n-1)$ -й переключатели. Тогда 0-й переключатель представляет собой двухпозиционный переключатель с нормально разомкнутыми контактами, а другие переключатели представляют собой трехпозиционные переключатели. Первая клемма 0-го переключателя соединена с источником 236 тока, а его вторая клемма соединена с клеммой общего провода 1-го переключателя. Для k -го переключателя (k представляет собой целое число, и $0 < k < n-1$) его клемма общего провода соединена с клеммой $(k-1)$ -го переключателя с нормально разомкнутыми контактами $(k-1)$ -го переключателя, его клемма с нормально замкнутыми контактами соединена с k -ой цепью воспламенителя, и клемма с нормально разомкнутыми контактами в нем соединена с клеммой общего провода k -го переключателя. Для $(n-1)$ -го переключателя его клемма общего провода соединена с клеммой $(k-1)$ -го переключателя с нормально разомкнутыми контактами $(n-2)$ -го переключателя, его клемма с нормально замкнутыми контактами соединена с $(n-1)$ -й цепью воспламенителя, и клемма с нормально разомкнутыми контактами в нем соединена с n -й цепью воспламенителя.

На фиг. 22А показано, что контроллер 234 предусматривает три переключателя от 238А до 238С для управления тремя устройствами 120 для интенсификации притока в скважину. Тогда переключатель 238А представляет собой двухпозиционный переключатель с нормально разомкнутыми контактами, а переключатели 238В и 238С представляют собой трехпозиционные переключатели. Давления приведения в действие для переключателей от 238А до 238С связаны соотношением $P_1 < P_2 < P_3$.

Переключатель 238А соединен с источником 236 тока и клеммой общего провода переключателя 238В. Клеммы с нормально замкнутыми контактами переключателей от 238В до 238С соединены с узлами 232А и 232В поджига. Нормально разомкнутая клемма переключателя 238В соединена с клеммой общего провода переключателя 238С. Нормально разомкнутая клемма переключателя 238С соединена с узлом 232С поджига.

Как видно из фиг. 22В давление флюида P ($P_2 > P > P_1$) сначала воздействует на переключатели от 238А до 238С. Переключатель 238А замкнут, и узел 232А поджига приведен в действие для обработки скважины. Затем давление P повышают так, что $P_3 > P > P_2$. Переключатель 238В замкнут, и узел 232В поджига приведен в действие для обработки скважины. Затем давление P дополнительно повышают так, что $P > P_3$. Переключатель 238С замкнут, и узел 232С поджига приведен в действие для обработки скважины.

Согласно некоторым вариантам осуществления, показанным на фиг. 23, контроллер 234 предусматривает процессор 252 для приведения в действие цепей поджига от 232А до 232С. Датчик 254 давления, например, преобразователь давления, соединяют с процессором 252 с целью преобразования давления флюида Р в электрический сигнал для ввода в процессор 252. Источник 236 тока обеспечивает питание процессора 252 и цепей воспламенителя от 232А до 232С. Контроллер 234 может использовать разное давление для приведения в действие различных цепей воспламенителя от 232А до 232С в порядке от забоя к устью скважины, как описано выше.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, контроллер 234 расположен на поверхности и подключен к устройствам 120 для интенсификации притока в скважину посредством линии 108. Для обработки скважины оператор может вручную управлять контроллером 234. Согласно другому варианту, контроллер 234 может быть запрограммирован для автоматического управления устройством 120.

Согласно некоторым другим вариантам осуществления, как показано на фиг. с 24 до фиг. 25С, для гибкого соединения устройства 124 с линией 108 могут применять шарнирное соединение 262.

На фиг. 24 представлен один вариант осуществления шарнирного соединения 262, не имеющий ограничительного характера, который предусматривает центральную часть 264 и две присоединяемые части 266, которые имеют вращающееся соединение с двумя концами центральной части 264 при помощи соответствующих шарниров 268 универсального (*и*-образного) соединительного узла. Каждый *и*-образный соединительный узел 268 может вращаться в двух плоскостях или, согласно другому варианту, при необходимости в трех плоскостях.

Одну из двух присоединяемых частей 266 используют для соединения шарнирного соединения 262 с линией 108, а другой используют для соединения шарнирного соединения 262 с устройством интенсификации притока в скважину, которое подобно описанному выше устройству 120 для интенсификации притока в скважину.

Шарнирное соединение 262 обеспечивает гибкость при размещении устройства 120 для интенсификации притока в скважину относительно линии 108, когда они смещены относительно друг друга. Как видно из фиг. 25А, линия 108 может проходить в стволе 102 скважины вниз прямо по его середине. В этом случае две присоединяемые части 266 шарнирного соединения 262 стыкуют, а шарнирное соединение 262 остается прямым.

В некоторых случаях, как показано на фиг. 25В, линия 108 может проходить прямо, но со смещением относительно оси ствола 102 скважины. В этом случае показано, что шаровое соединение 262 повернуто для компенсации осевого смещения между устройством 120 для интенсификации притока в скважину и линией 108.

В некоторых случаях, как показано на фиг. 25С, линия 108 может иметь некоторый изгиб или искривление. Шаровое соединение 262 повернуто для компенсации осевого и углового смещения между устройством 120 для интенсификации притока в скважину и линией 108.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, шаровое соединение 262 представляет собой компонент отдельный от устройства 120. Согласно некоторым другим вариантам осуществления, шаровое соединение 262 может представлять собой составную часть устройства 120. Согласно этим вариантам осуществления, устройство 120 для интенсификации притока в скважину имеет вращающееся соединение с центральной частью 264 при помощи первого *и*-образного соединительного узла 268. Центральная часть 264 имеет вращающееся соединение с присоединяемой частью 266 при помощи второго *и*-образного соединительного узла 268. Таким образом, устройство 120 для интенсификации притока в скважину могут соединять с линией 108 или другими трубами при помощи присоединяемой части 266. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, шаровое соединение 262 может представлять собой составную часть линии 108.

Специалистам в данной области техники будет понятно, что шаровое соединение 262 не ограничивается поворотными соединениями, и полезными могут быть другие типы гибких соединений, которые могут компенсировать смещенное положение линии 108 относительно устройства 120 для интенсификации притока в скважину.

На фиг. 26 представлен другой вариант осуществления уплотнительного узла 128А, где исполнительный орган 154 помещен в центральный канал уплотнительного узла 128А. При необходимости исполнительный орган 154 удерживают в центральном канале при помощи контргайки 129 или другой аналогичной конструктивной детали. В этом варианте осуществления гидравлическую связь между камерой 208 рабочего пропеллента и корпусом 202 поршня обеспечивают посредством газового канала 212А.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, уплотнительные элементы 122 сначала приводят в действие для создания изолированной части ствола 102 скважины, а затем приводят в действие узлом 126 газогенератора для

интенсификации притока с целью генерирования газа высокого давления для интенсификации притока из изолированной части ствола 102 скважины.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, рабочий газ не поддерживают после того, как он приводит в действие уплотнительные элементы 122 в активное состояние. Согласно некоторым другим вариантам осуществления рабочий газ за поршнями 204 поддерживают в процессе обработки для поддержания уплотнительных элементов 122 в активном состоянии, а затем давление, созданное рабочим газом, сбрасывают для перевода устройства 120 для интенсификации притока в пассивное состояние.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, уплотнительные элементы 122 приводят в действие при помощи рабочего газа, сгенерированного исполнительным органом 154. Согласно некоторым другим вариантам осуществления, уплотнительные элементы 122 могут приводить в действие при помощи исполнительных механизмов других типов, помимо прочего к ним относят: механизм с гидравлическим приводом, механизм с пневматическим приводом, механическое устройство, например, пружина, электродвигатель, электромагнит или их сочетание.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, пружину 192 применяют для перевода уплотнительных элементов 122 в пассивное состояние. Согласно некоторым другим вариантам осуществления, уплотнительные элементы 122 могут переводить в пассивное состояние при помощи нескольких пружин или при помощи других механизмов, например, газогенератора, механизма с гидравлическим приводом, механизма с пневматическим приводом, механического устройства, например, пружины, электродвигателя, электромагнита или их сочетания.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, для интенсификации притока в скважину применяют электрическую цепь 232 воспламенителя, включая электрические устройства 214 активации и электрическое устройство 148 запуска интенсификации притока. Согласно некоторым дополнительным вариантам осуществления, для поджига пропеллента с целью приведения в действие уплотнительных элементов 122 и вещества-стимулятора 146 с целью интенсификации добычи углеводородов из геологической формации 106 в ствол 102 скважины могут применять другие средства, например, детонирующий шнур и т.п.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, узел 126 газогенератора для интенсификации притока может предусматривать две или несколько соединительных тяг 132, которые располагают в одном контейнере 134 с веществом-

стимулятором. Согласно некоторым другим вариантам осуществления настоящего изобретения, узел 126 газогенератора для интенсификации притока может предусматривать некоторое количество соединительных тяг 132 и один или несколько контейнеров 134 со стимулятором.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, узел 126 газогенератора для интенсификации притока может предусматривать один тип вещества-стимулятора 149 или смесь веществ двух или нескольких типов. Аналогично, исполнительный орган 154 может предусматривать один тип пропеллента или смесь пропеллентов двух или нескольких типов. Кроме того, в узле 126 газогенератора для интенсификации притока и исполнительном органе 154 могут использовать одно и то же вещество-пропеллент и одну и ту же смесь пропеллентов или разные пропелленты и/или различные смеси пропеллентов.

Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, контроллер 234 предусматривает источник 236 тока. Согласно некоторым другим вариантам осуществления, контроллер 234 не предусматривает никаких источников тока. Вместо этого применяют источник 236 тока, который является внешним по отношению к контроллеру 234.

В таблице 1 ниже перечислены некоторые неограничивающие примеры размеров описанного выше устройства 120 для интенсификации притока согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения, которые могут применять в 13,5 фунтовых-4,5 дюймовых обсадных трубах ствола скважины (со внутренним диаметром (ID) 3,92 дюйма):

Таблица 1 Размеры

Общая длина устройства 120 для интенсификации притока в скважину	приблизительно 132 дюйма (11 футов)
Наружный диаметр (OD) уплотнительного узла 128, находящегося в пассивном состоянии	приблизительно 3,75 дюйма
Наружный диаметр уплотнительного узла 128, находящегося в активном состоянии	приблизительно 3,92 дюйма
Длина уплотнительного узла 128 (ориентировочно)	приблизительно 16 дюймов
Длина соединительной тяги 132	приблизительно 100 дюймов

Наружный диаметр соединительной тяги 132	приблизительно 2 дюйма
Внутренний диаметр контейнера 134 с веществом-стимулятором	приблизительно 2 дюйма
Наружный диаметр контейнера 134 с веществом-стимулятором	приблизительно 3,75 дюйма
Объем контейнера 134 с веществом-стимулятором (ориентировочно)	приблизительно 790 кубических дюймов

Без ограничения какой-либо конкретной теорией, описанное в настоящем документе устройство 120 для интенсификации притока в скважину позволяет избежать использования большого количества воды для гидравлического разрыва пласта. Кроме того, за счет применения устройства 120 для интенсификации притока в скважину быстрое образование газа высокого давления вызывает локальную дизагрегацию и сдвиговое смещение вдоль плоскостей трещин. Следовательно, не требуется ни проппанта, ни песка.

Без ограничения какой-либо конкретной теорией, устройство 120 для интенсификации притока в скважину, описанное в настоящем документе, создает более длинные трещины за более длительное время быстрого горения (например, от приблизительно 10 миллисекунд до приблизительно 20 секунд), и оно пригодно для гидравлического разрыва пласта в горизонтальных стволах скважин. Устройство 120 для интенсификации притока в скважину, описанное в настоящем документе, по существу изолирует часть ствола скважины для фокусирования энергии изменения давления в намеченную часть геологической формации. Кроме того, для интенсификации притока из некоторого количества зон в стволе скважины за один проход на одной линии 108 могут последовательно располагать некоторое количество устройств 120.

Ниже в таблице 2 приведено сопоставление гидравлического разрыва известного уровня техники, известного уровня техники гидравлического разрыва с применением пропеллента и устройства 120 для интенсификации притока в скважину.

Таблица 2 Сопоставление процессов интенсификации притока

	Известный уровень техники гидравлического разрыва пласта	Известный уровень техники гидравлического разрыва с применением	Устройство 120 для интенсификации притока в скважину

		пропеллента	
Продолжительность изменения давления	Приблизительно от 1 до 20 часов	Приблизительно от 300 до 500 миллисекунд	Приблизительно от 10 миллисекунд до 20 секунд
Максимальное давление	Минимальное давление (приблизительно 5000 фунтов на квадратный дюйм) для преодоления геостатического давления толщи горных пород	20 000 фунтов на квадратный дюйм	приблизительно от 10 000 до приблизительно 50 000 фунтов на квадратный дюйм
Какие трещины открыты	Только трещины с наименьшим сцеплением	Трещины с высоким и низким сцеплением	Трещины с высоким и низким сцеплением, а также новые трещины
Характер распространения трещин	2 системы трещин в противоположных направлениях	от 4 до 8 радиальных направлений трещин	от 4 до 8 радиальных направлений трещин
Длина трещин	Длинные	Короткие	Длинные
Типы скважин	Вертикальные и горизонтальные скважины	Вертикальные скважины	Вертикальные и горизонтальные скважины
Применение	Новые скважины, повторно введенные в эксплуатацию (со специальной обсадной колонной)	Повторно введенные в эксплуатацию / повторная интенсификация притока	Новые скважины, повторно введенные в эксплуатацию и с повреждением заканчивания
Потребность в воде	В среднем 5 миллионов галлонов на скважину	Буровой раствор	Буровой раствор
Потребность в пропанте	300 000 ÷ 4 000 000 фунтов песка	Саморасклинивание за счет локальной дезагрегации	Саморасклинивание за счет локальной дезагрегации

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

1. Устройство интенсификации притока в скважину, которое предусматривает: соединительную тягу с первым концом и вторым концом; контейнер с веществом-стимулятором, рассчитанный на крепление вокруг соединительной тяги; и уплотнительный узел, который соединяют с первым концом соединительной тяги, при этом уплотнительный узел переводят из пассивного состояния в активное состояние для изоляции части ствола скважины.
2. Устройство интенсификации притока в скважину по п. 1, которое дополнительно предусматривает второй уплотнительный узел, который соединяют со вторым концом соединительной тяги.
3. Устройство интенсификации притока в скважину по п. 1 или п. 2, которое дополнительно предусматривает фиксатор для крепления первого уплотнительного узла и второго уплотнительного узла, соответственно, к первому концу и второму концу соединительной тяги.
4. Устройство интенсификации притока в скважину по п. 1 или п. 2, в котором контейнер с веществом-стимулятором предусматривает одну или несколько трубок, которые предусматривают помещение в них вещества-стимулятора.
5. Устройство интенсификации притока в скважину по п. 4, в котором вещество-стимулятор представляет собой быстро горящее вещество для создания изменения давления.
6. Устройство интенсификации притока в скважину по п. 5, в котором предусмотрено, что соединительная тяга выдерживает усилие растяжения, которое возникает за счет изменения давления.
7. Устройство интенсификации притока в скважину по п. 5, в котором при нахождении уплотнительных узлов в активном состоянии изменение давления направлено в радиальном направлении наружу из устройства интенсификации притока в скважину.
8. Устройство интенсификации притока в скважину по п. 5, в котором изменение давления имеет максимальное давление в диапазоне от приблизительно 10 000 фунтов на квадратный дюйм (psi) до 50 000 фунтов на квадратный дюйм.
9. Устройство интенсификации притока в скважину по любому из пп. с 1 по 8, которое дополнительно предусматривает по меньшей мере одно устройство запуска интенсификации притока для поджига вещества-стимулятора.

10. Устройство интенсификации притока в скважину по любому из пп. со 2 по 9, в котором каждый из первых уплотнительных узлов и вторых уплотнительных узлов предусматривает:

оправку;

некоторое количество уплотнительных элементов, расположенных вокруг оправки, при этом каждый из некоторого множества уплотнительных элементов предусматривает наружный край, который рассчитан на сцепление со внутренней стенкой ствола скважины или трубы в ней; и

исполнительный орган для приведения в действие некоторого количества уплотнительных элементов с целью их перевода из пассивного состояния в активное состояние.

11. Устройство интенсификации притока в скважину по п. 10, в котором исполнительный орган представляет собой по меньшей мере одно из перечисленного: генератор рабочего газа, механизм с гидравлическим приводом, механизм с пневматическим приводом, механическое устройство, например, пружина, электродвигатель, электромагнит или их сочетания.

12. Устройство интенсификации притока в скважину по п. 10, в котором некоторое количество уплотнительных элементов расположено стопкой на оправке под острым углом к продольному направлению устройства интенсификации притока в скважину.

13. Устройство интенсификации притока в скважину по любому из пп. с **Error! Reference source not found.** по 12, в котором некоторое количество уплотнительных элементов могут поворачивать из положения под углом естественного откоса α в пассивном состоянии в положение под углом атаки $\beta > \alpha$ в активном состоянии и обратно.

14. Устройство интенсификации притока в скважину по п. 13, в котором угол естественного откоса α находится в диапазоне от приблизительно 0° до приблизительно 75° .

15. Устройство интенсификации притока в скважину по п. 13 или 14, в котором угол атаки β находится в диапазоне от приблизительно 10° до приблизительно 80° .

16. Устройство интенсификации притока в скважину по любому из пп. с 1 по 15, которое дополнительно предусматривает шарнир, который могут соединять с одним концом устройства интенсификации притока в скважину, при этом шарнир предусматривает:

центральную часть, которая имеют вращающееся соединение с устройством интенсификации притока в скважину посредством первого соединительного узла; и

присоединяемую часть, которая имеет вращающееся соединение с центральной частью посредством второго соединительного узла.

17. Уплотнительный узел для изоляции части ствола скважины, при этом уплотнительный узел предусматривает:

некоторое количество уплотнительных элементов, которые могут переводить из пассивного состояния в активное состояние; и

генератор рабочего газа для генерации потока газа с целью перевода некоторого количества уплотнительных элементов из пассивного состояния в активное состояние.

18. Шаровое соединение для соединения первого скважинного устройства со вторым скважинным устройством, при этом шаровое соединение предусматривает:

центральную часть, которая имеет вращающееся соединение с первым соединительным узлом и вторым соединительным узлом;

первую присоединяемую часть, которая имеет вращающееся соединение с центральной частью посредством первого соединительного узла; и

вторую присоединяемую часть, которая имеет вращающееся соединение с центральной частью посредством второго соединительного узла.

19. Шаровое соединение для соединения первого скважинного устройства с линией, проходящей с поверхности, при этом шаровое соединение предусматривает:

центральную часть, которая имеет вращающееся соединение с первым соединительным узлом и вторым соединительным узлом;

первую присоединяемую часть, которая имеет вращающееся соединение с центральной частью посредством первого соединительного узла; и

вторую присоединяемую часть, которая имеет вращающееся соединение с центральной частью посредством второго соединительного узла.

20. Система интенсификации притока в скважину, которая предусматривает:

множество, состоящее из n устройств интенсификации притока в скважину для изоляции множества из n скважинных частей ствола скважины, которые осуществляют интенсификацию притока в некоторое количество изолированных частей ствола скважины, при этом n представляет собой целое число, которое больше или равно 1, и каждое устройство интенсификации притока в скважину предусматривает пусковую цепь для приведения в действие по меньшей мере процесса интенсификации притока в скважину; и

контроллер для управления пусковыми цепями некоторого количества устройств интенсификации притока в скважину, при этом пусковые цепи нумеруют от забоя к устью как первая, вторая, ... n -я пусковая цепь;

при этом контроллер предусматривает n переключателей, приводимых в действие давлением, где 0-й переключатель представляет собой двухпозиционный переключатель с нормально разомкнутыми контактами, а переключатели с 1-го по $(n-1)$ -й представляют собой трехпозиционные переключатели,

при этом первая клемма 0-го переключателя соединена с источником тока, а вторая клемма соединена с клеммой общего провода 1-го переключателя,

при этом для k -го переключателя (k представляет собой целое число, и $0 < k < n-1$) его клемма общего провода соединена с клеммой $(k-1)$ -го переключателя с нормально разомкнутыми контактами $(k-1)$ -го переключателя, его клемма с нормально замкнутыми контактами соединена с k -ой пусковой цепью, и клемма с нормально разомкнутыми контактами в нем соединена с клеммой общего провода k -го переключателя, и

при этом для $(n-1)$ -го переключателя его клемма общего провода соединена с клеммой $(k-1)$ -го переключателя с нормально разомкнутыми контактами $(n-2)$ -го переключателя, его клемма с нормально замкнутыми контактами соединена с $(n-1)$ -й пусковой цепью, и клемма с нормально разомкнутыми контактами в нем соединена с n -й пусковой цепью.

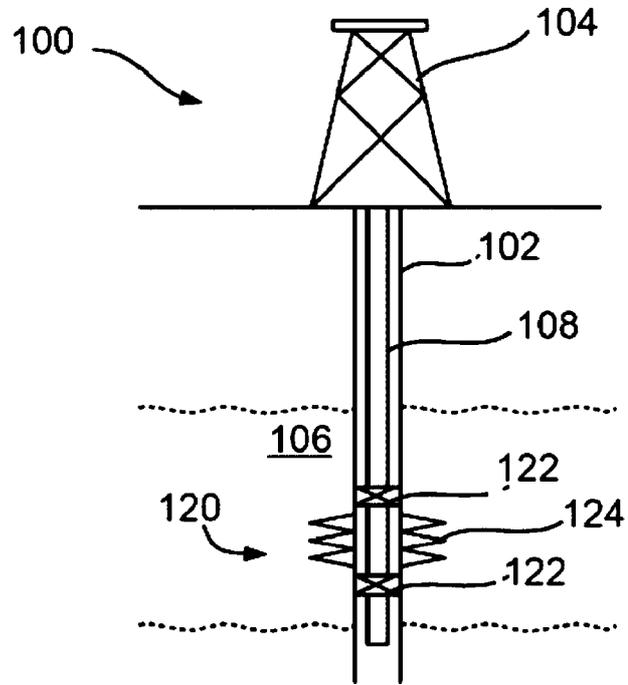
21. Система интенсификации притока в скважину по п. 20, в которой m -й переключатель допускает переключение при пороговом давлении переключения P_m , при этом m представляет собой целое число и $0 \leq m \leq n-1$; и при этом $P_0 < P_1 < \dots < P_{(n-1)}$.

22. Способ интенсификации притока из намеченной части геологической формации, при этом способ предусматривает следующие стадии:

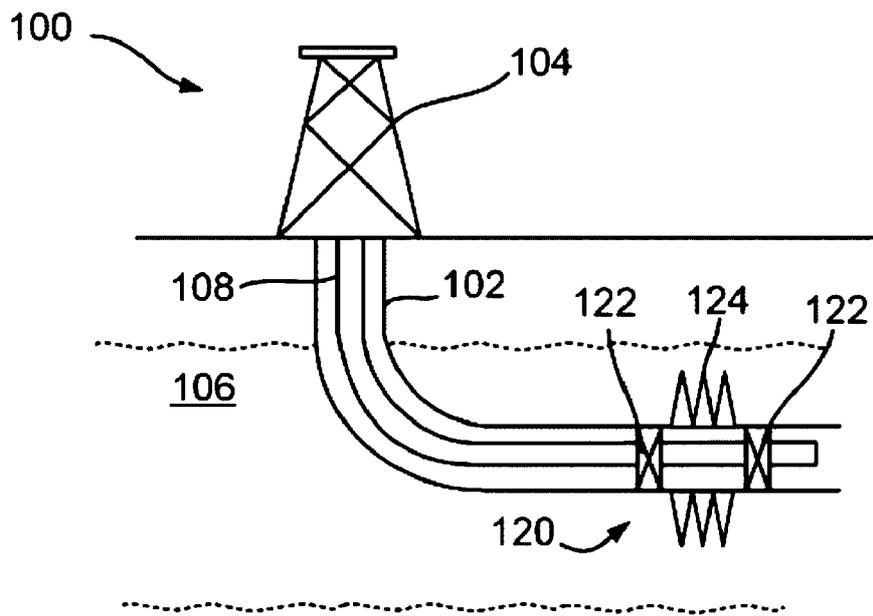
а. изоляция части ствола скважины, которая находится рядом с намеченной частью, путем перевода одного или нескольких уплотнительных элементов в активное состояние;

б. быстрое горение вещества-стимулятора для создания изменения давления; и

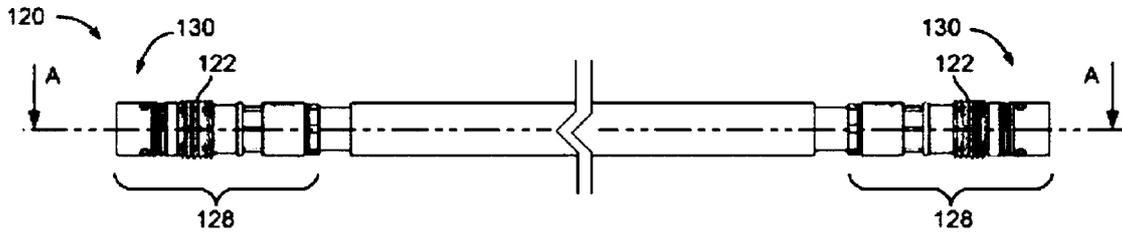
с. фокусирование по меньшей мере части энергии изменения давления в намеченную часть.



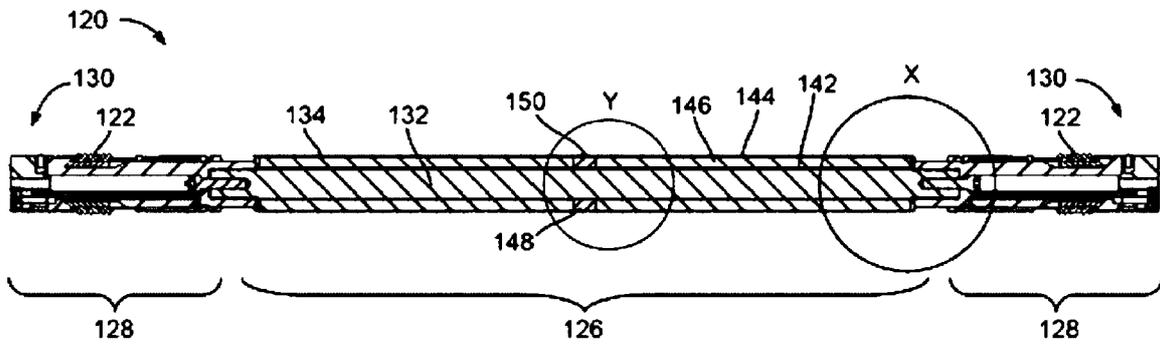
Фиг. 1



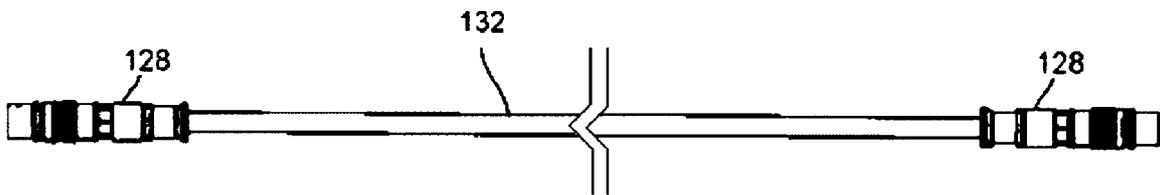
Фиг. 2



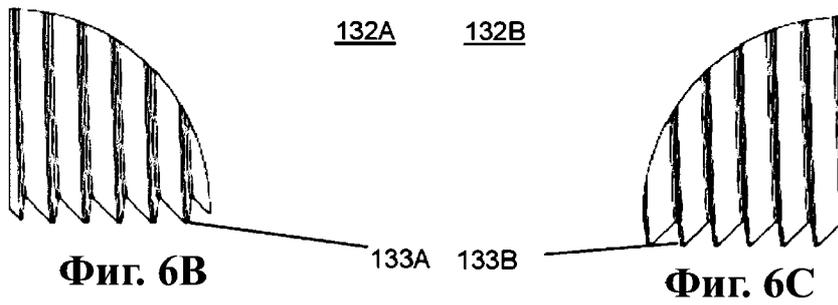
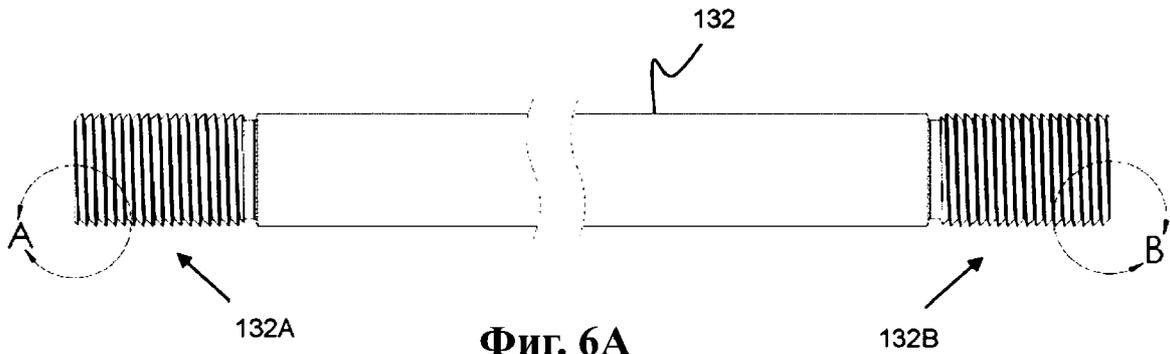
Фиг. 3



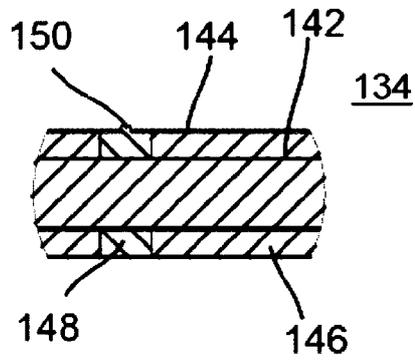
Фиг. 4



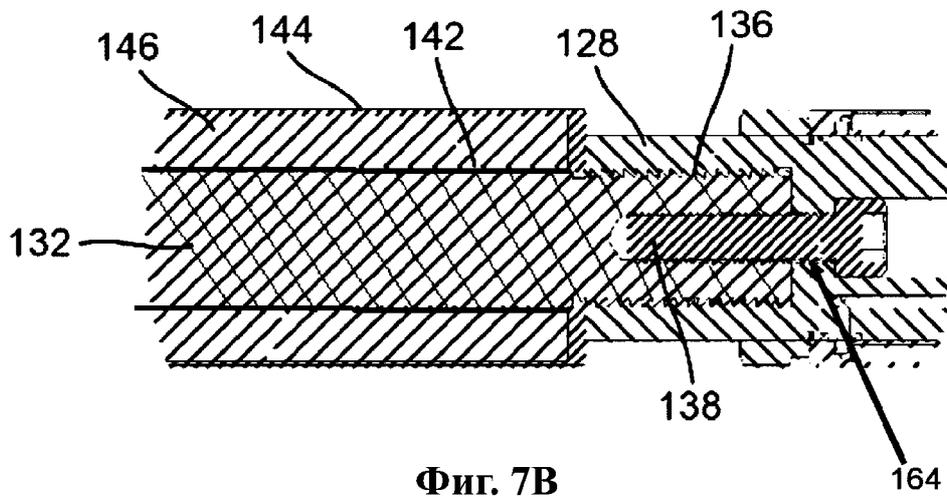
Фиг. 5



Фиг. 6



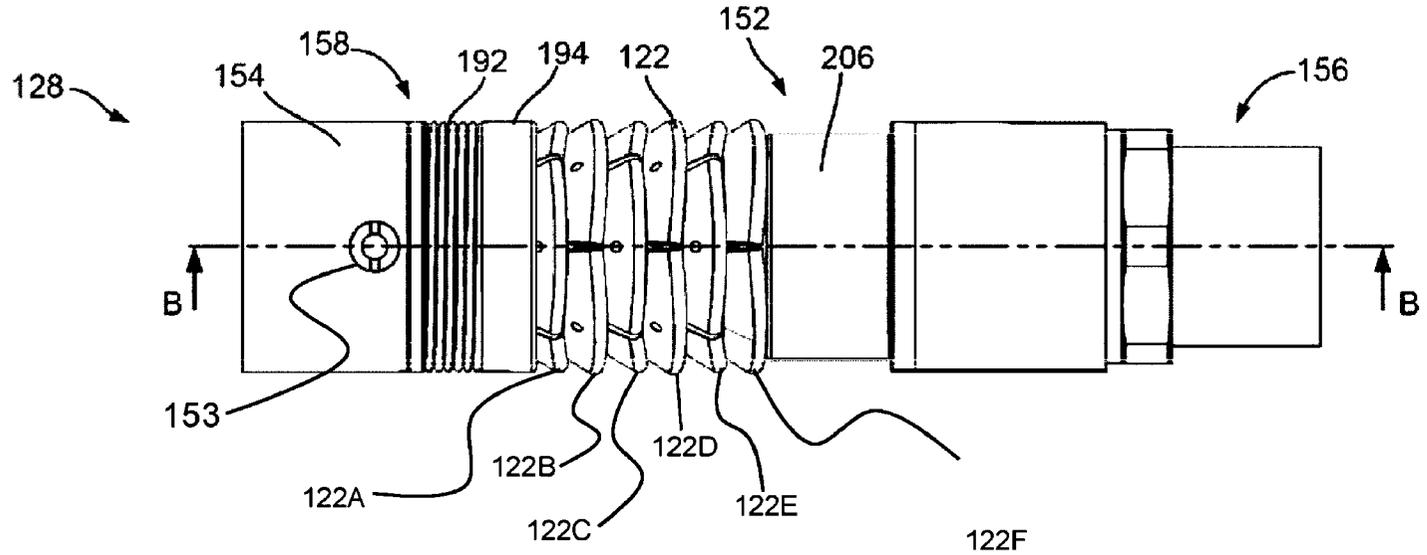
Фиг. 7А



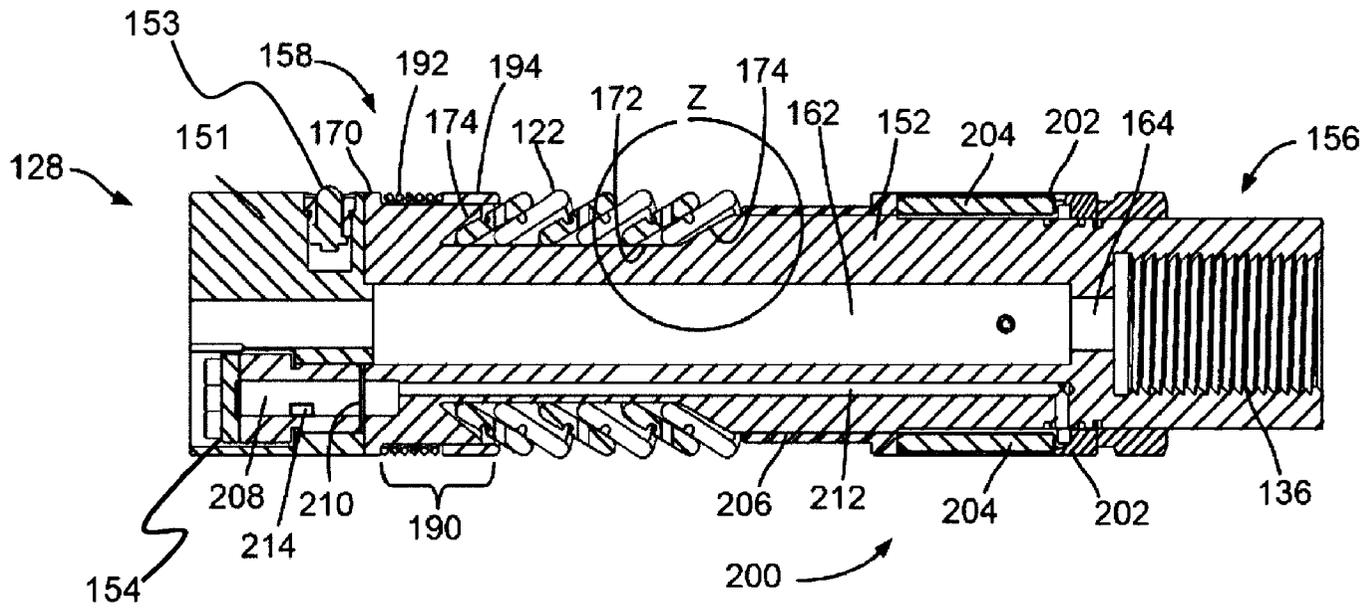
Фиг. 7В

Фиг. 7

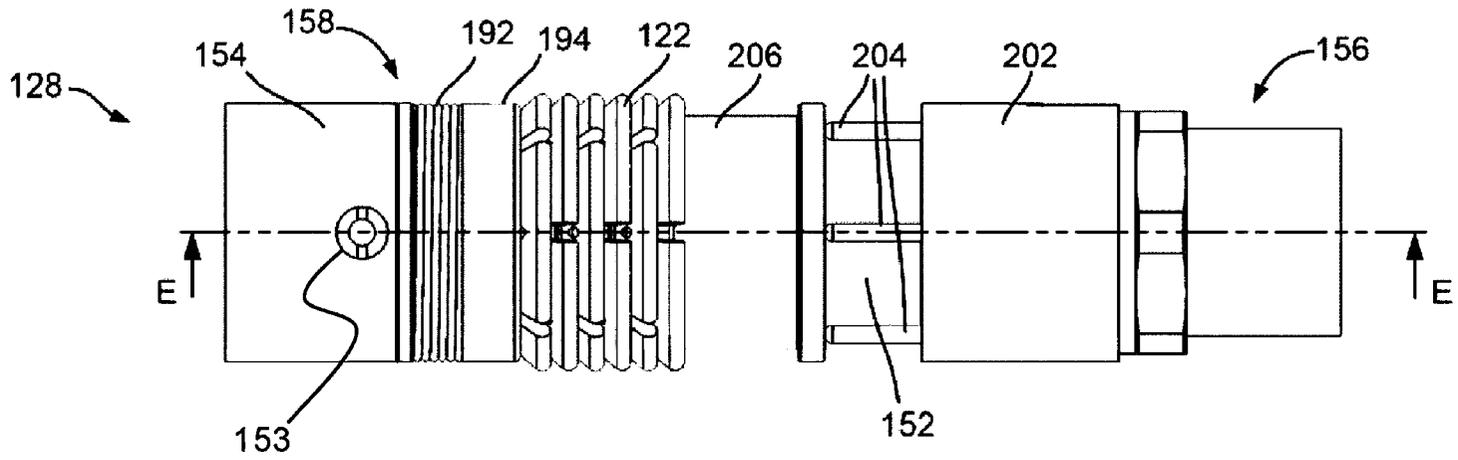
Фиг. 8



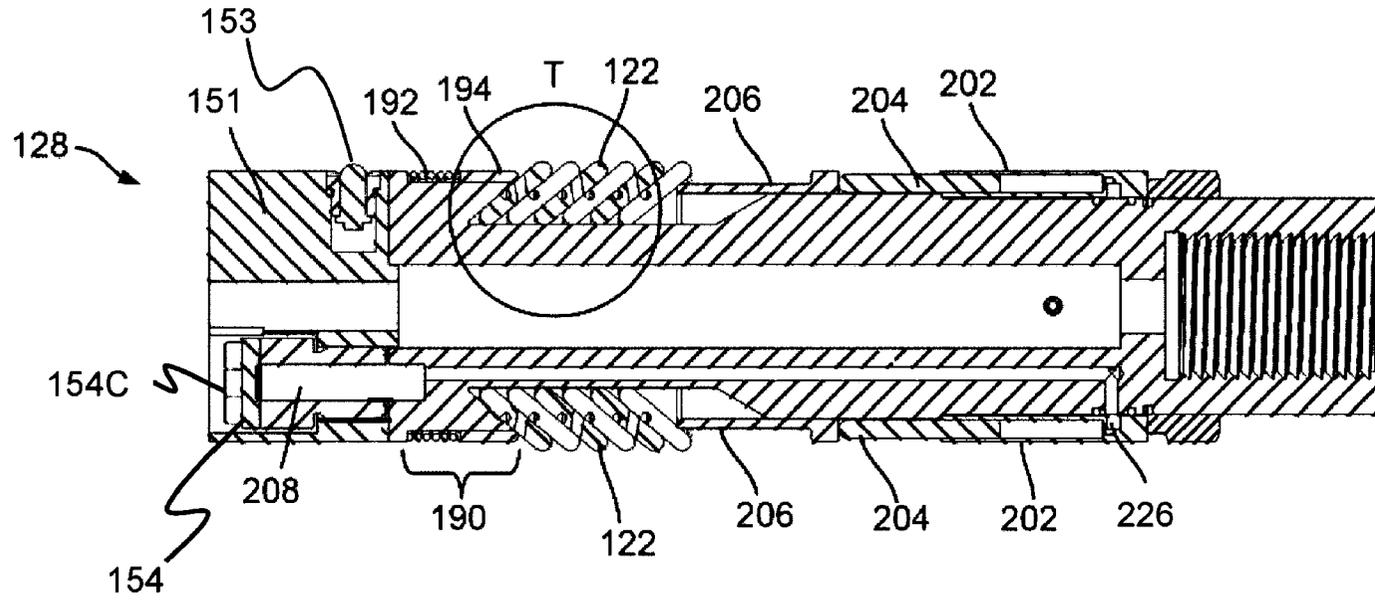
Фиг. 9

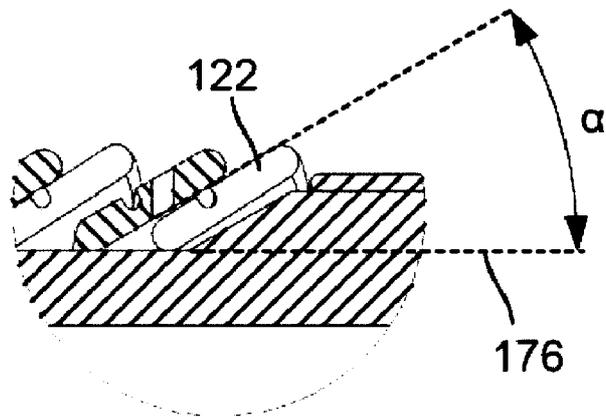


Фиг. 10

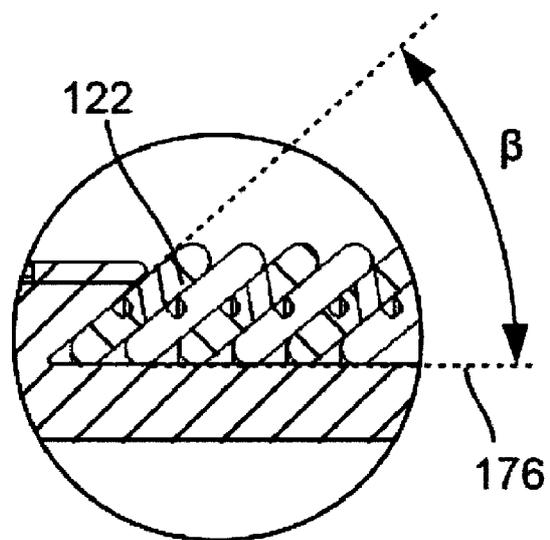


Фиг. 11

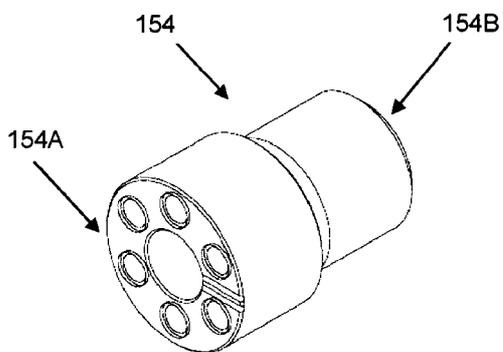




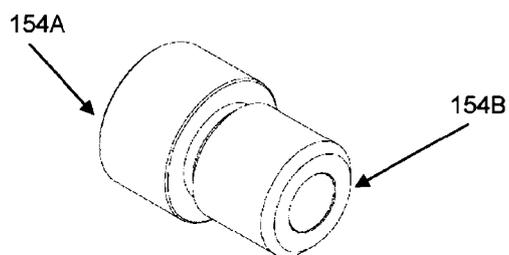
Фиг. 12



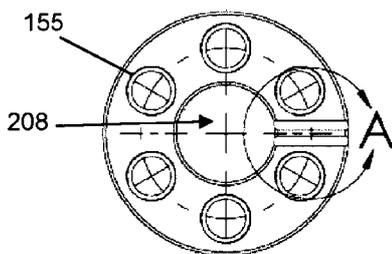
Фиг. 13



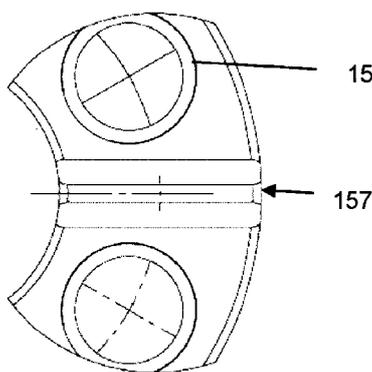
Фиг. 14А



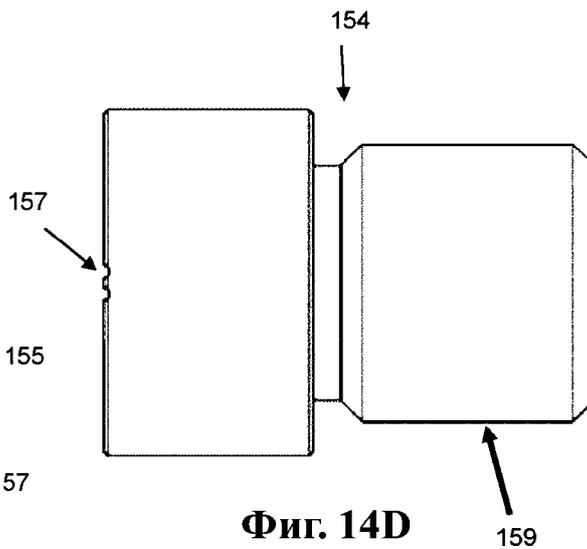
Фиг. 14В



Фиг. 14С

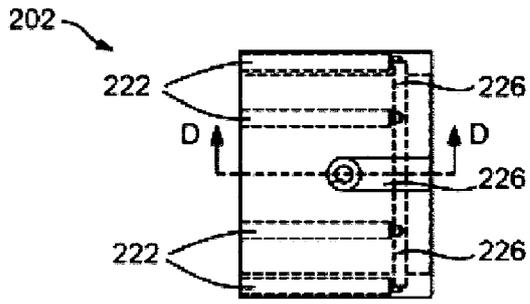


Фиг. 14Е

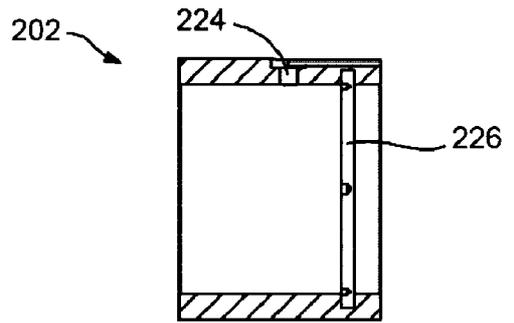


Фиг. 14D

Фиг. 14

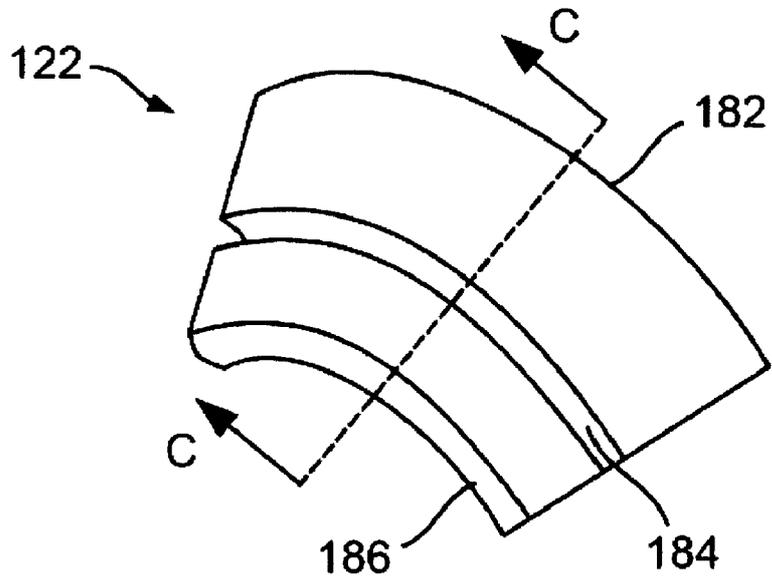


Фиг. 15А

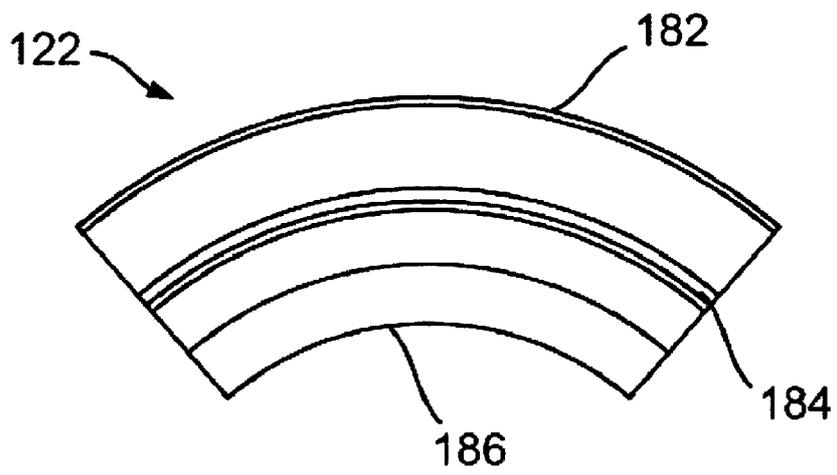


Фиг. 15В

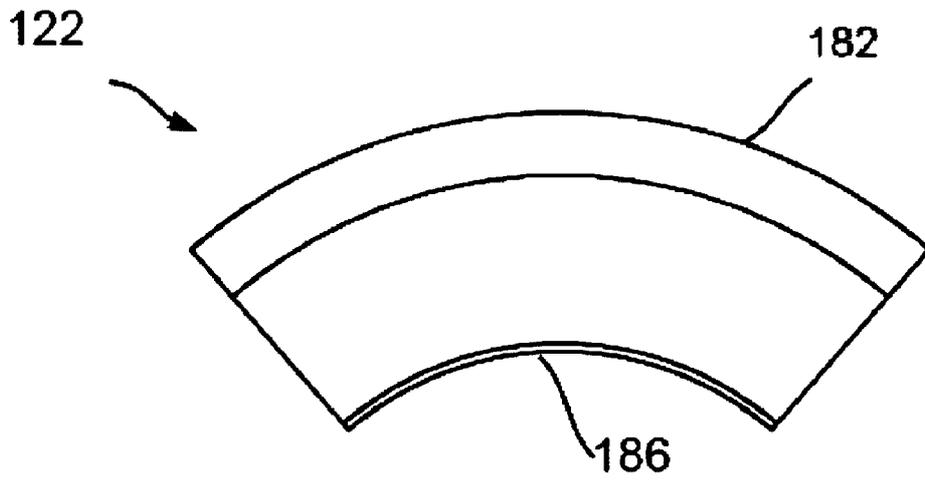
Фиг. 15



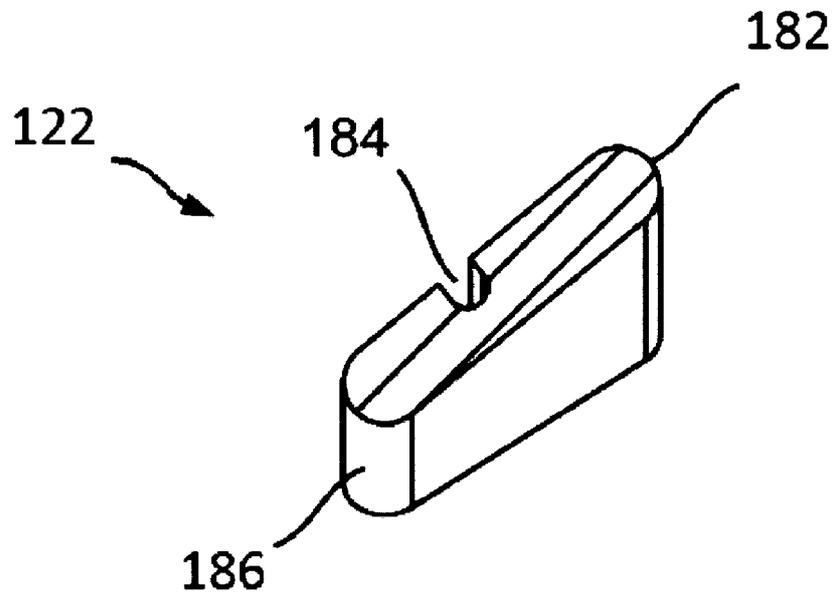
Фиг. 16



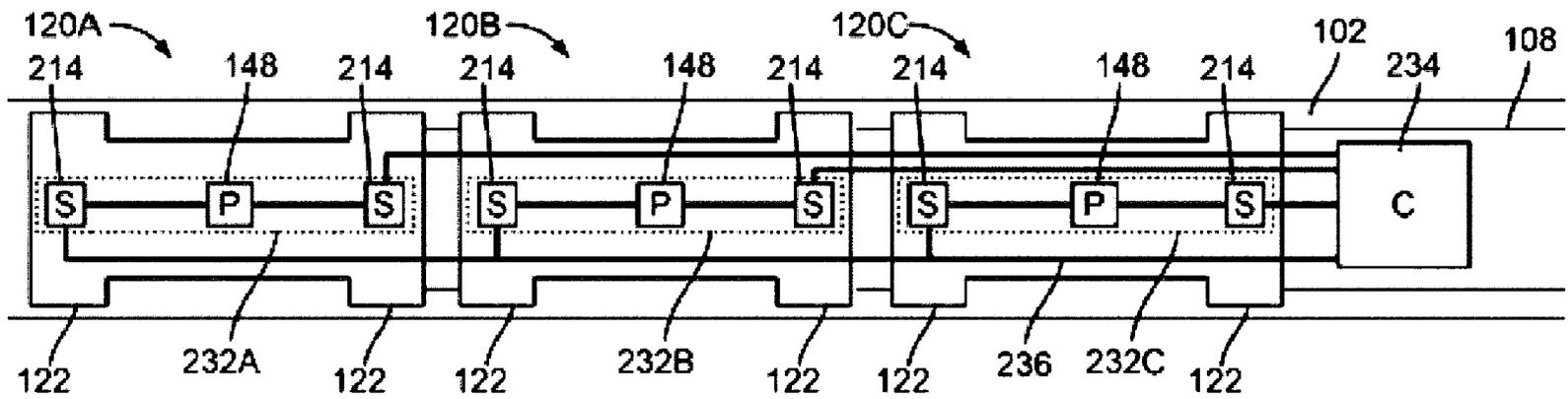
Фиг. 17



Фиг. 18

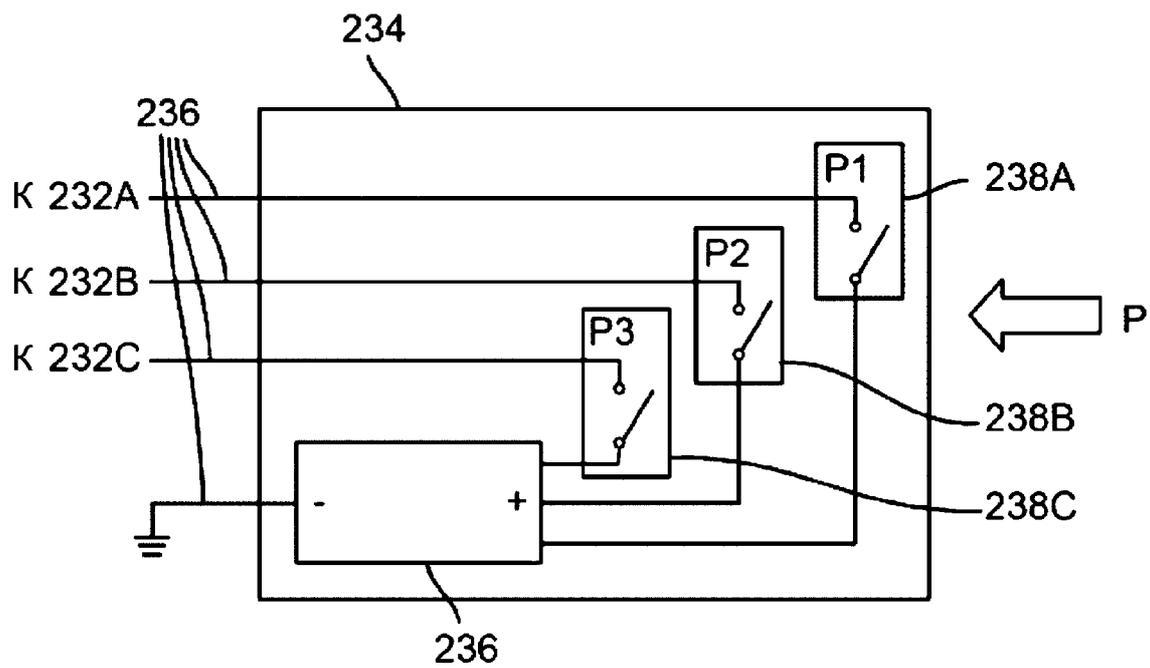


Фиг. 19



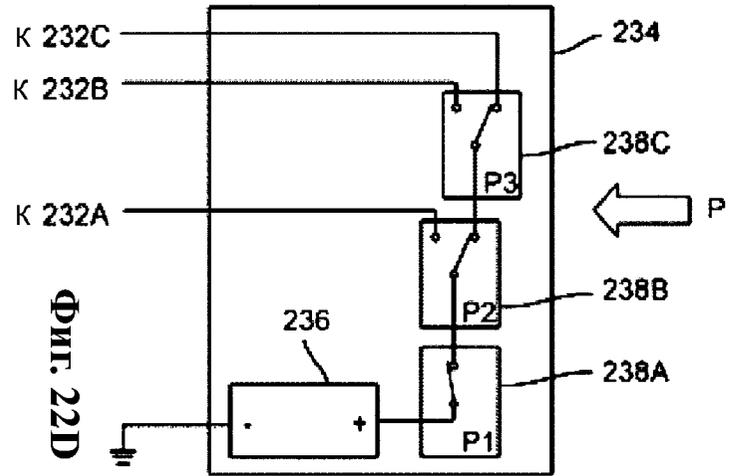
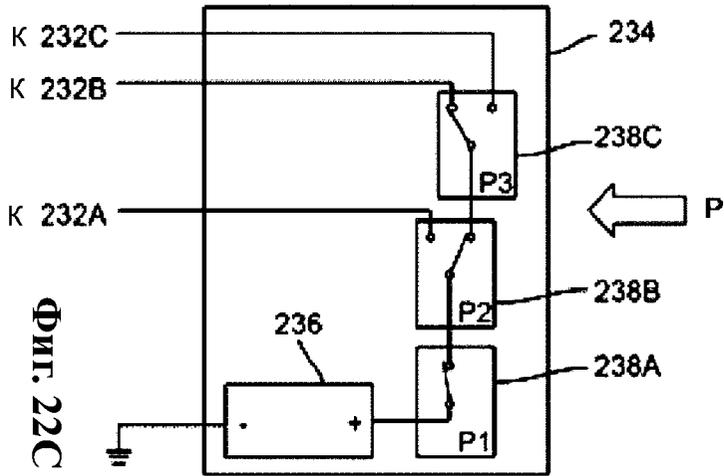
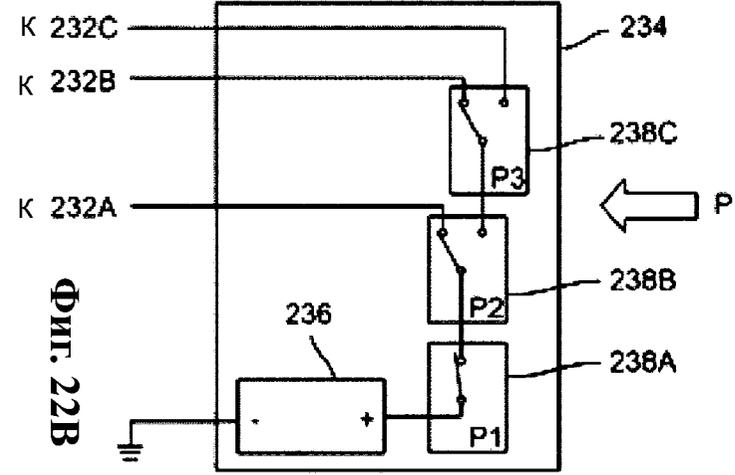
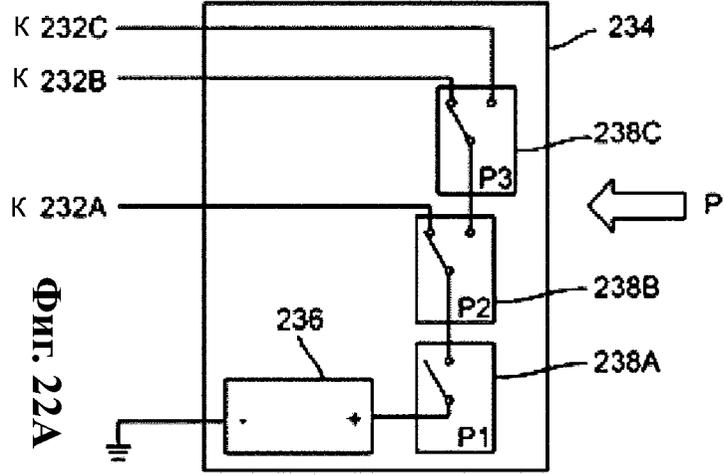
12/19

FIG. 20

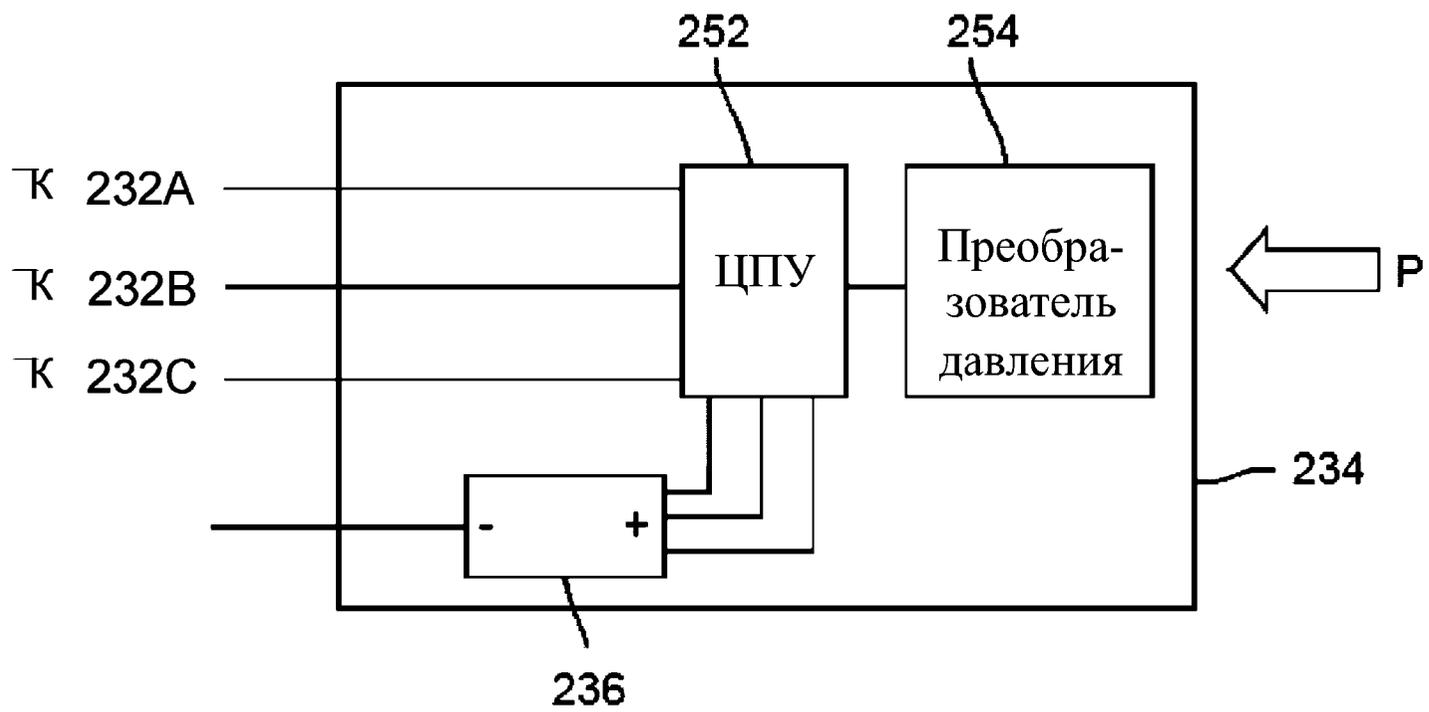


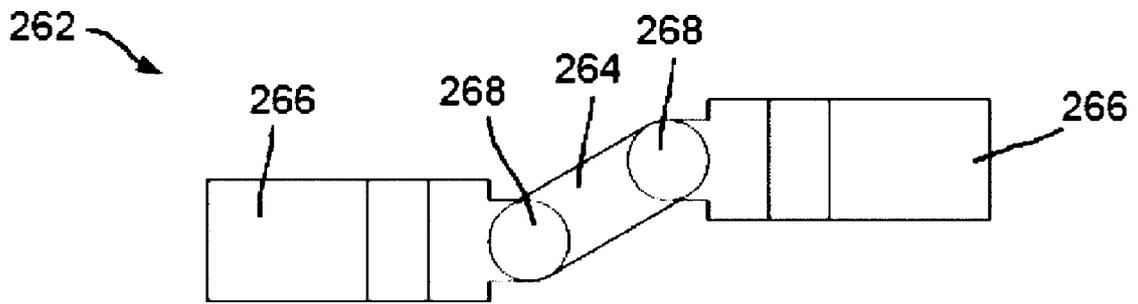
Фиг. 21

Фиг. 22

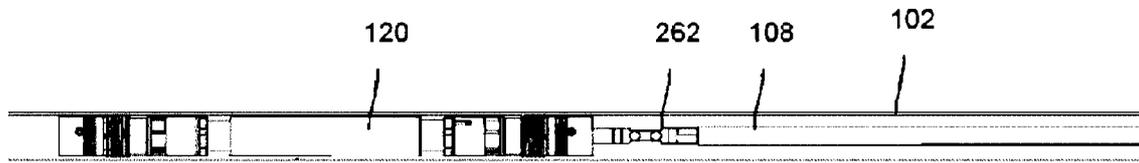


Фиг. 23

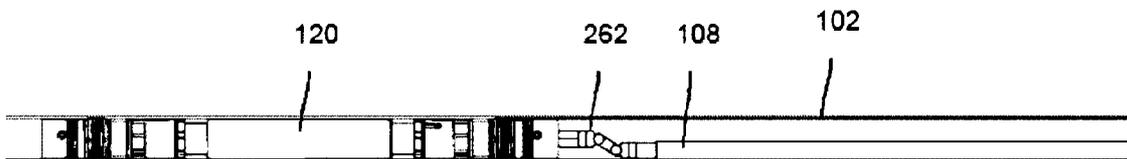




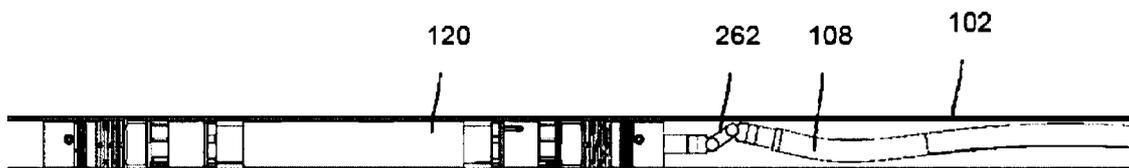
Фиг. 24



Фиг. 25А

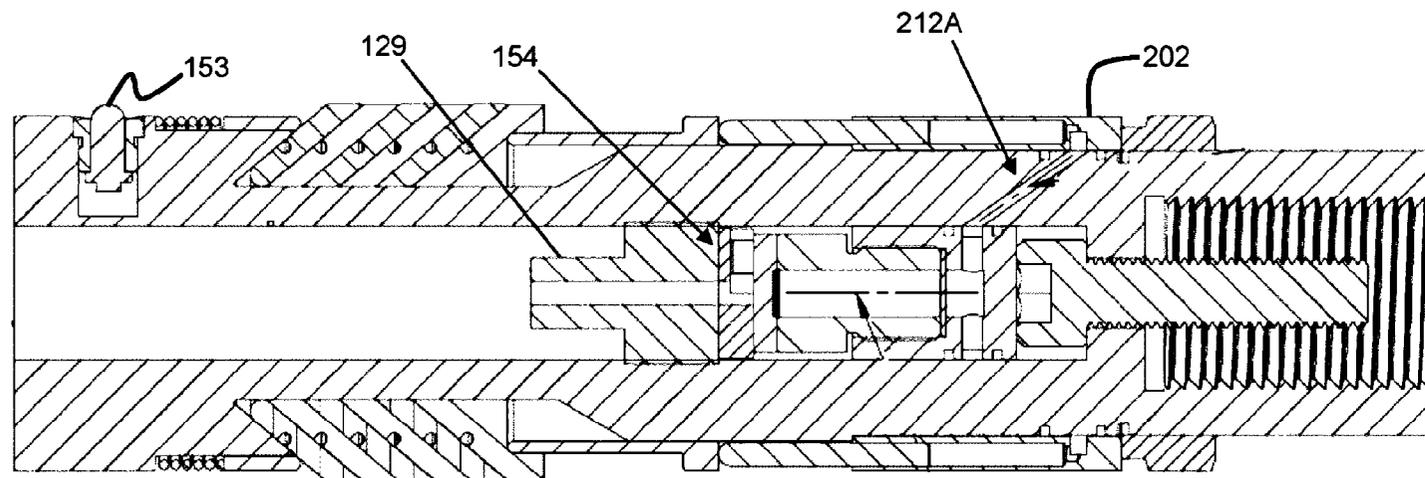
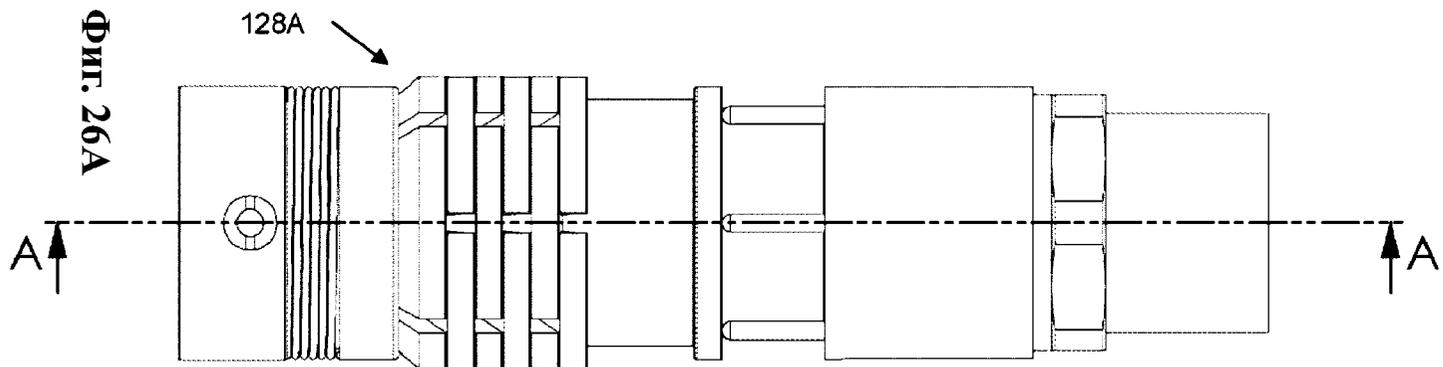


Фиг. 25В



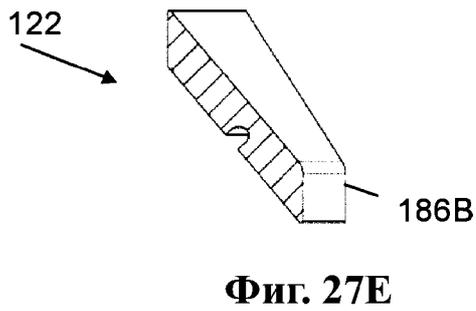
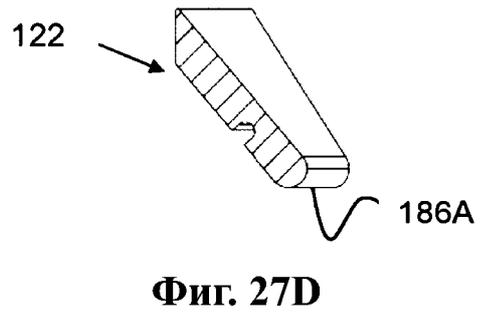
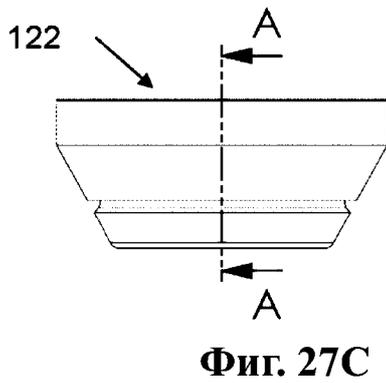
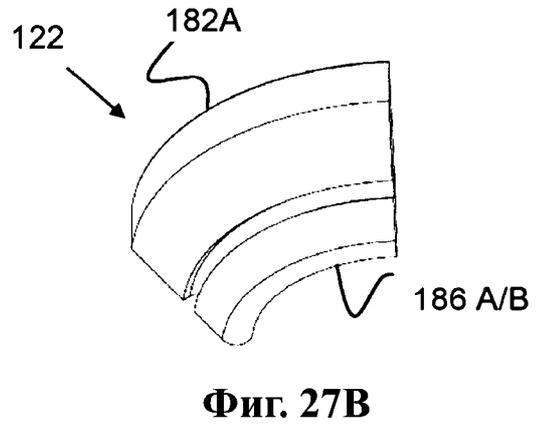
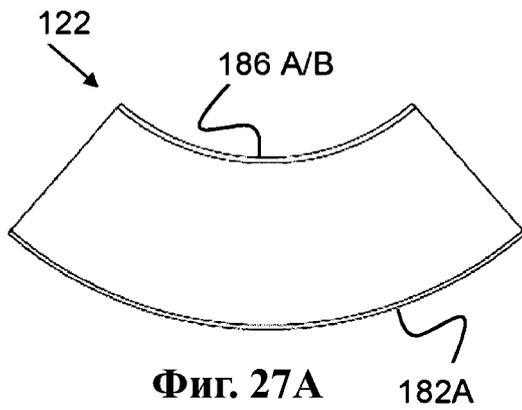
Фиг. 25С

Фиг. 25



Фиг. 26

Фиг. 26Б



Фиг. 27