

Перекрёстная ссылка на близкие заявки

Эта заявка является частичным продолжением совместной заявки на патент США № 08/711188, поданной 9 сентября 1996 г.

Область техники

Настоящее изобретение относится к устройству и способу пробивания отверстий в обсадной трубе и/или подземных формациях, и, конкретнее, к такому устройству и способу, в которых применяется топливо для двигателей внутреннего сгорания, чтобы значительно улучшить эффективность таких отверстий и одновременно стимулировать подземную(ые) формацию(и).

Существующий уровень техники

Отдельные отрезки металлических труб относительно большого диаметра скрепляются вместе, чтобы сформировать обсадную колонну, которая располагается внутри подземной скважины для повышения целостности скважины и обеспечения тракта для добываемых жидкостей на поверхность. Обычно обсадная труба прикрепляется цементом к поверхности скважины и затем в ней пробиваются отверстия подрывом сформированных взрывных зарядов. Эти отверстия проходят через обсадную трубу и цемент в формацию на небольшую глубину. В некоторых случаях желательно проводить такие операции по пробиванию отверстий при давлении в скважине, превышающем давление формации. При условии превышения скважинное давление превышает давление, при котором формация образует трещины, и следовательно, в окрестности отверстий происходит гидравлическое растрескивание. Например, отверстия могут проникнуть в формацию на глубину нескольких дюймов, а сеть трещин может углубиться в формацию на несколько футов. Таким образом, можно создать увеличенный проход для тока жидкости между формацией и скважиной, и производительность скважины может быть значительно увеличена путём намеренного создания трещин около отверстий.

Когда процесс пробивания отверстий завершён, давлению внутри скважины позволяют снизиться до желательного рабочего уровня давления для добычи или нагнетания жидкости. По мере снижения давления только что созданные трещины имеют тенденцию к закрытию под давлением покрывающих пластов. Для гарантии того, что трещины и отверстия остаются открытыми проходами для жидкостей, текущих из формации в скважину или скважины в формацию, в отверстия обычно внедряют состоящий из частиц материал или расклинивающий наполнитель, чтобы поддерживать трещины в открытом состоянии. Вдобавок состоящий из частиц материал или расклинивающий наполнитель может обдирать поверхность отверстий и/или трещин, тем самым расширяя сделанные проходы для усиленного тока жидкости. Расклинивающий наполнитель можно помещать

либо одновременно с пробиванием отверстий, либо позже посредством одного из различных способов. Например, нижняя часть скважины перед пробиванием отверстий может быть наполнена взвесью песка. Затем песок подаётся в отверстия и трещины с помощью сжатой жидкости в скважинном буре в течение обычных операций по пробиванию отверстий при превышающем давлении.

Поскольку насосы высокого давления, необходимые для достижения условия превышения давления в скважинном буре, относительно дороги, а использование их поглощает много времени, газовые топлива для двигателей внутреннего сгорания используются совместно с технологиями пробивания отверстий как более дешёвая альтернатива гидравлическому растрескиванию. Сформированные взрывные заряды подрываются для формирования отверстий, которые проходят через обсадную трубу и в подземную формацию, и топливо воспламеняется для оказания давления на проделанный подземный промежуток и для распространения трещин от него. Патенты США №№ 4633951, 4683943 и 4823875, выданные Hill et al., описывают способ растрескивания подземных формаций для добычи нефти и газа, в котором одно или более устройств, вырабатывающих газ и пробивающих отверстия, расположены на выбранной глубине в скважинном буре с помощью отрезка провода, который также может быть пригодным кабелем, передающим электрический сигнал, или детонатором типа провода поджига. Устройство, вырабатывающее газ и пробивающее отверстия, состоит из множества генераторных секций. Центральная секция включает в себя множество разделённых по оси и направленных в радиальном направлении сформированных зарядов, пробивающих отверстия, которые взаимно соединены быстро воспламеняющимся детонатором. Каждая секция выработки газа включает в себя элемент в виде цилиндрического тонкостенного внешнего контейнера. Каждая секция выработки газа снабжена практически твёрдой массой топлива, вырабатывающего газ, которое может включать в себя, если необходимо, быстро воспламеняющееся кольцо, расположенное рядом с элементом-контейнером, и относительно медленно воспламеняющуюся секцию сердечника внутри ограниченного кольца. Предусмотрена также удлиненная скважина, через которую может быть протянута проводная линия, провод - электрический проводник, или детонатор, которые ведут к центральной секции или секции пробивающего заряда. Детонаторы из детонирующего шнура или аналогичные поджигающие электроды расположены по окружности элементов-контейнеров. Каждая секция выработки газа одновременно зажигается для выработки выхлопных газов и пробивания обсадной трубы. Обсадная труба пробивается, чтобы сформиро-

вать отверстия, тогда как выработка газа начинается фактически одновременно. Подрыв пробивающих сформированных зарядов происходит примерно через 110 мс после зажигания блока выработки газа, и в период от 110 до 200 мс значительная часть общего потока через отверстия является газом, выработанным блоком выработки газа.

Патент США № 4391337, выданный Ford et al., раскрывает интегрированное устройство реактивного пробивания отверстий и управляемого топливом растрескивания и способ улучшения добычи в нефтяных и газовых скважинах. Контейнер содержит множество сформированных зарядных гранат, вокруг которых упакован газовый топливный материал, чтобы сформировать твёрдотопливную упаковку.

Патент США № 5355802, выданный Petjean, описывает способ и устройство пробивания отверстий в формации, окружающей скважинный бур, и инициирования и распространения трещин в формации для стимулирования добычи углеводорода из скважины. Устройство включает в себя, по меньшей мере, один ориентированный сформированный заряд, который соединён с детонатором через зажигательный шнур. По меньшей мере, один картридж выработки топлива также размещён внутри устройства и подключён к проводному кабелю через блок задержки по проводам и шнуру.

Патент США № 4253523, выданный Ibsen, раскрывает способ и устройство для операций пробивания отверстий в скважине и растрескивания. Установка пробивающего орудия состоит из множества сформированных зарядов, расположенных по отдельности друг от друга в вытянутой цилиндрической несущей. Промежутки в несущей между сформированными зарядами заполнены вторичной взрывчаткой, такой как активированный нитрат аммония.

Патент США № 5005641, выданный Mohaupt, раскрывает устройство выработки газа для выработки большого количества сильно сжатых газов для стимулирования подземной формации. Устройство содержит носитель или корпус, имеющий ряд расположенных в шахматном порядке отверстий, отделённых друг от друга по длине трубчатого элемента. Носитель принимает заряд топливного материала, который имеет проход, через который вводится поджигающая трубка.

Однако ни одно из этих известных устройств, которые используют топлива вместе с устройствами пробивания отверстий, не доказало, что оно обеспечивает полностью удовлетворительные результаты. Таким образом, существует необходимость в устройстве и способе пробивания отверстий и стимулирования подземной формации, которые обеспечивают улучшенное сообщение между скважиной и подземной формацией, пронизанной этой скважиной.

Таким образом, целью настоящего изобретения является обеспечение устройства и способа пробивания отверстий и стимулирования подземной формации, которые обеспечивают улучшенное сообщение между скважиной и подземной формацией, пронизанной этой скважиной.

Также целью настоящего изобретения является обеспечение устройства и способа пробивания отверстий и стимулирования подземной формации, которые относительно просты по конструкции и могут быть легко использованы с множеством конструкций пробивающих орудий.

Ещё одной целью настоящего изобретения является обеспечение устройства и способа пробивания отверстий и стимулирования подземной формации, которые обеспечивают повторяемые воспламенения топливной составляющей устройства.

Ещё одной целью настоящего изобретения является обеспечение устройства и способа пробивания отверстий и стимулирования подземной формации, которые используют пробивающие заряды меньшей энергии, чем использованные ранее.

Ещё одной целью настоящего изобретения является обеспечение устройства и способа пробивания отверстий и стимулирования подземной формации, в которых топливо расположено между пробивающим зарядом и обсадной трубой скважины.

Краткое описание изобретения

Для достижения вышеперечисленных и других целей, и в соответствии с задачами настоящего изобретения, как оно воплощено и широко описано здесь, одно выполнение настоящего изобретения содержит устройство пробивания отверстий и стимулирования подземной формации, которая пронизана скважиной, имеющей обсадную трубу, расположенную так, чтобы установить жидкостную связь между формацией и скважиной. Устройство содержит один или более взрывных зарядов, топливо, расположенное между обсадной трубой и, по меньшей мере, одним из одного или более взрывных зарядов, и детонатор, баллистически соединённый с одним или более зарядами.

Другое выполнение настоящего изобретения содержит устройство пробивания отверстий в подземной формации, содержащее устройство пробивания отверстий и стимулирования подземной формации, которая пронизана скважиной, имеющей обсадную трубу, расположенную так, чтобы установить жидкостную связь между формацией и скважиной. Устройство содержит трубу, имеющую одно или более сквозных отверстий, один или более сформированных зарядов, расположенных внутри трубы, и топливо, расположенное между обсадной трубой и, по меньшей мере, одним из одного или более сформированных зарядов. Каждый из одного

или более сформированных зарядов совмещён с одним из одного или более отверстий.

Ещё одно выполнение настоящего изобретения содержит способ пробивания отверстий и стимулирования подземной формации, которая пронизана скважиной, имеющей обсадную трубу, расположенную так, чтобы установить жидкостную связь между формацией и скважиной. В соответствии со способом жидкое топливо расположено между, по меньшей мере, одним из одного или более взрывных зарядов и обсадной трубой. По меньшей мере, один пробивающий заряд подрывается так, чтобы сформировать отверстия через обсадную трубу и в формации. Подрыв пробивающего заряда поджигает жидкое топливо, тем самым формируя газы, которые прочищают отверстия и расширяют жидкостную связь между формацией и скважиной.

Ещё одним выполнением настоящего изобретения является набор для устройства пробивания отверстий и стимулирования подземной формации, которая пронизана скважиной, имеющей обсадную трубу, расположенную так, чтобы установить жидкостную связь между формацией и скважиной. Этот набор содержит устройство пробивания отверстий в подземной формации, которое имеет один или более сформированных зарядов, и топливо, приспособленное для того, чтобы находиться между, по меньшей мере, одним из сформированных зарядов и обсадной трубой, когда устройство расположено внутри скважины.

Краткое описание чертежей

Приложенные чертежи, которые включены в описание и составляют его часть, иллюстрируют выполнение настоящего изобретения, и вместе с описанием служат для объяснения принципов изобретения.

На чертежах

фиг. 1 является видом в поперечном сечении устройства по настоящему изобретению, расположенного внутри скважины, проникающей в подземную формацию;

фиг. 2 является видом в поперечном сечении устройства по одному выполнению настоящего изобретения;

фиг. 3 является видом в поперечном сечении, сделанном по линии 3-3 на фиг. 2, иллюстрирующим пространственные связи между определёнными составляющими частями устройства по настоящему изобретению;

фиг. 4 является частичным видом в поперечном сечении пробивающего заряда, соединённого с детонирующим шнуром;

фиг. 5 является видом в перспективе одного выполнения топливной втулки устройства по настоящему изобретению, показанного на фиг. 2;

фиг. 6 является поперечным сечением части системы детонации, подходящей для использования в настоящем изобретении;

фиг. 7 является видом в перспективе другого выполнения топливной втулки устройства

по настоящему изобретению, показанного на фиг. 2;

фиг. 8 является видом в поперечном сечении топливной втулки, сделанном по линии 8-8 на фиг. 7;

фиг. 9 является видом в поперечном сечении другого выполнения топливной втулки, используемого в устройстве по настоящему изобретению, которое показано на фиг. 2;

фиг. 10 является видом в разрезе выполнения топливной втулки, показанного на фиг. 9, который показывает внутреннюю стенку втулки;

фиг. 11 является видом в поперечном сечении другого выполнения устройства по настоящему изобретению;

фиг. 12 является видом в поперечном сечении другого выполнения топлива, использованного совместно с устройством по настоящему изобретению;

фиг. 13 является видом в перспективе выполнения топлива, используемого совместно с устройством по настоящему изобретению, которое также показано на фиг. 12;

фиг. 14 является схематическим видом другого выполнения настоящего изобретения, в котором жидкое топливо вводится в подземную скважину; и

фиг. 15 является схематическим видом выполнения, показанного на фиг. 14, иллюстрирующим пробивающее орудие, расположенное внутри жидкого топлива в подземной скважине.

Описание предпочтительных выполнений

Как показано на фиг. 1, скважина 10 с обсадной трубой 12, которая закреплена в ней посредством цемента 13, вытянута от поверхности земли 14, по меньшей мере, в подземную формацию 16. Одно или более пробивающих отверстия и топливных устройств 20 по настоящему изобретению прикреплены к нижнему концу колонны 18 обсадных труб и опущены в скважину 10. Самое верхнее устройство 20, расположенное в скважине 10, может быть прикреплено прямо к концу колонны 18 обсадных труб. Тандемный переходник 60 может быть использован для скрепления устройств 20 друг с другом, тогда как коническая пробка 66 может быть прикреплена к нижнему краю самого нижнего устройства 20. Любое пригодное средство, такое как пакер 21, может быть использовано для изоляции части бура 10 от прилегающего промежутка 16, если необходимо. Колонна обсадных труб может быть использована для расположения и поддержки устройства по настоящему изобретению внутри скважины. Обсадные трубы предпочтительно могут использоваться для несения нескольких устройств 20 в одной скважине. Альтернативно, проводная линия, выравнивающая линия, трубы в виде катушки или любое другое подходящее средство, как будет очевидно для специалиста, может быть исполь-

зовано для расположения и поддержки одного или более устройств 20 внутри скважины.

Ссылаясь теперь на фиг. 2, пробивающее отверстие и топливное устройство по настоящему изобретению показано в общем виде как позиция 20, и один его конец прикреплен к тандемному переходнику 60, тогда как другой его конец прикреплен к конической пробке 66. Несущая 22 пробивающего заряда расположена между тандемным переходником 60 и конической пробкой 66 и прикреплена к ним любыми пригодными средствами, такими как ответные винтовые резьбы 23 и 24, которые предусмотрены на внутренней поверхности несущей 22 рядом с концом каждого из них, и соответствующей резьбы 61 и 67 тандемного переходника 60 и конической пробки 66 соответственно. Уплотнительные кольца 70 обеспечивают непроницаемое для жидкости уплотнение между несущей 22 и тандемным переходником 60, тогда как уплотнительные кольца 74 обеспечивают непроницаемое для жидкости уплотнение между несущей 22 и конической пробкой 66. Носитель 22 может быть коммерчески доступным носителем для пробивающих зарядов и содержать, по меньшей мере, один обычный пробивающий заряд 40, способный создавать отверстие в стенке 30 носителя, обсадной трубе 12 и в промежутке 16 прилегающей подземной формации. Трубка 34 пробивающего заряда расположена внутри носителя 22 и имеет, по меньшей мере, одно относительно большое отверстие 35 и множество меньших отверстий 36. Отверстия 35 в стенке трубки 34 могут быть разнесены как по вертикали вдоль оси трубки, так и под углом к ней. Носитель 22 заряда и трубка 34 пробивающего заряда имеют вытянутую трубчатую конфигурацию. Облицованный пробивающий заряд 40 имеет малый конец 46, прикрепленный внутри отверстия 36 в трубке 34 пробивающего заряда, как описано ниже, а большой конец совмещен с отверстием 35 в трубке 34 и выступает из него. По меньшей мере, один облицованный пробивающий заряд 40 прикреплен в трубке 34 пробивающего заряда. Детонирующий шнур подключен к детонатору над тандемным переходником 60, к маленькому концу 46 каждого пробивающего заряда 40 и к конечной крышке 68 в конической пробке 66. Одна или более дополнительных комбинаций носителя пробивающего заряда, бустерной передачи и тандемного переходника может быть установлена над носителем 22. Конечные пластины 50 выравнивания трубок работают для выравнивания трубки 34 заряда с носителем 22 так, чтобы передний конец каждого заряда находился по соседству с углублением 27 на стенке носителя 22.

Если имеется множество зарядов, они могут быть разнесены по вертикали вдоль оси трубки и под углом к ней. Плотность заряда является нужной плотностью, определяемой способами, известными специалистам. Общий

диапазон плотностей зарядов составляет от 2 до 24 на фут. Детонирующий шнур 86 соединяет бустерную передачу (не показан) в тандемном переходнике 60 на носителе 22, все заряды 40 и концевую крышку 68 в конической пробке 66.

Как показано на фиг. 3, скобы 80 на малом конце 46 линейного пробивающего заряда вытянуты через отверстие 36 в трубке 34 заряда. Зажим 82 прикрепляет пробивающий заряд 40 к трубке 34 заряда. Детонирующий шнур протянут через пространство 84 между скобами 80 и зажимом 82. Трубка 34 заряда установлена в носителе 22 так, что малый конец 46 заряда 40 находится рядом с углублением 27 в носителе 22.

На фиг. 4 обычный пробивающий заряд показан в общем случае как ссылочная позиция 40. Сильно сжатая взрывчатка 41 частично заполняет корпус 42 пробивающего заряда. Прокладка 43 покрывает открытую поверхность взрывчатки. Прокладка 43 обычно металлическая и служит для фокусировки энергии заряда и для того, чтобы заставить заряд пробить обсадную трубу.

В соответствии с настоящим изобретением, втулка 90, которая имеет в общем случае трубчатую конструкцию (фиг. 5), располагается вокруг носителя 22 пробивающего заряда в процессе изготовления пробивающего отверстия и топливного устройства 20 по настоящему изобретению, или в процессе его конечной сборки, которая может происходить на месте в скважине. В собранном виде (фиг. 2) втулка 90, расположенная вокруг носителя 22 пробивающего заряда, прикреплена на одном конце тандемным переходником 60, и конической пробкой 66 на другом конце. Тандемный переходник 60 и коническая пробка 66 могут иметь такие размеры, чтобы иметь внешний диаметр больше, чем втулка 90, чтобы препятствовать повреждению втулки 90 в процессе расположения в скважине. Альтернативно, в процессе изготовления или конечной сборки устройства по настоящему изобретению для того, чтобы препятствовать повреждению втулки 90, между тандемным переходником 60, конической пробкой 66 и втулкой 90 могут быть введены защитные кольца или нечто подобное (не показано), которые имеют больший внешний диаметр, чем втулка 90. Втулка 90 может занимать все расстояние между тандемным переходником 60 и конической пробкой 66 или только его часть. Втулка 90 сконструирована из водоотталкивающего или водонепроницаемого топливного материала, на который физически не действуют гидростатические давления, обычно наблюдаемые в процессе пробивания отверстий в подземной(ых) формации(ях) и который не реагирует или инертен почти ко всем жидкостям, в частности, к жидкостям, находящимся в скважине. Предпочтительно, топливо является отвержденной эпоксидной смолой или пластиком, имеющим окислитель,

включенный в него, такой как коммерчески доступный пластик от компании NTN Technical Services, Inc., расположенной в городе Coeur d'Alene, штат Айдахо.

Любая пригодная детонирующая система может использоваться совместно с пробивающим отверстием и топливным устройством 20 по настоящему изобретению, что будет очевидно для специалиста. Пример такой пригодной детонирующей системы показан на фиг. 6. Вентиляционный корпус 210 способен прикрепляться к концу колонны 211 обсадных труб или к проводной линии (не показана). Вентиляционный канал 212 прикреплён к соединительному стержню 214 внутри вентиляционного корпуса 210 и уплотняет проход 216 для жидкости. Стержень 214 находится в контакте с поршнем 218. Кольцевая камера 220 между поршнем 218 и внутренней стенкой корпуса 210 заполнена воздухом при атмосферном давлении. Рядом с дном поршня 218 срезные штифты 222 прикреплены в срезном наборе 224, и воспламеняющий штифт 226 вытянут вниз от дна поршня 218. Замок 228 скрепляет вентиляционный корпус 210 и тандемный переходник 60. Ударный детонатор 230 закреплён в замке 228 в воспламеняющей головке 236, которая прикреплена к вентиляционному корпусу 210 и способна прикрепляться к тандемному переходнику 60. Переходник 60 прикреплён к носителю 22 пробивающего заряда. Передача 232 поджига на верху переходника 60 находится в контакте с детонирующим шнуром 86, проходящим через центральный канал 234 и носитель 22 заряда, как описано выше. Бустерная передача расположена в каждом тандемном переходнике 60, связывая детонирующие шнуры в носителях зарядов над и под тандемным переходником.

После приложения достаточного гидравлического давления на верх поршня 218 вентиляционный канал 212 и поршень 218 одновременно двигаются вниз, открывая проход 214 для жидкости и заставляя воспламеняющий стержень 226 входить в контакт с ударным детонатором 230. Зажигание ударного детонатора 230 вызывает вторичный подрыв в передаче 232 поджига, которая, в свою очередь, зажигает детонирующий шнур 86.

Детонирующий шнур 86 содержит взрывчатку и находится между концами каждого носителя заряда, проходя между задними концами зарядов и замками зарядов, удерживающих заряды в носителе. Шнур 86 зажигает сформированные заряды 40 в носителе 22 заряда и бустерную передачу, которая содержит более сильную взрывчатку, чем детонирующий шнур 86.

Как описано выше и показано на фиг. 6, ударный детонатор обеспечивает первичный подрыв. Если пробивающее отверстие устройства находится на проводной линии, первичный детонатор может альтернативно быть электрическим детонатором. Первичный детонатор за-

жигает чувствительный к давлению химикат в передаче 232 поджига, которая, в свою очередь, зажигает детонирующий шнур. Детонирующий шнур затем одновременно зажигает один или более зарядов в носителе 22. Каждая бустерная передача также содержит взрывчатку для подрыва шнура 86 в соседнем носителе. Система может быть подорвана сверху, снизу или с обеих сторон.

При работе желательное количество носителей 22 пробивающих зарядов загружено зарядами 40 и соединено с детонирующим средством, таким как детонирующий шнур 86. Колонна устройств 20, разделенных тандемными переходниками 60, собирается на месте в скважине, когда блоки опускаются в скважину 10 на конце колонны обсадных труб, на проводной линии, на выравнивающей линии, на трубах в виде катушки или любом другом подходящем средстве, как будет очевидно для специалиста. Топливная втулка 90 может быть отрезана от отрезка топливной трубки и расположена вокруг несущей 22 пробивающего заряда на месте в скважине. Устройство 20 затем размещается в скважине с пробивающими зарядами, находящимися рядом с промежутком 16 формации, подлежащей пробиванию. Пробивающие заряды 40 затем подрываются. При подрыве каждый пробивающий заряд 40 взрывается через углубление 27 в носителе 22, проникает через топливную втулку 90, создаёт отверстие в обсадной трубе 12 и проникает в формацию 16, формируя в ней отверстия. Топливная втулка 90 разбивается на части и зажигается из-за удара, нагрева и давления подорванного сформированного заряда 40. Когда один или более пробивающих зарядов проникает в формацию, сжатый газ, выработанный от горения топливной втулки 90, входит в формацию 16 через только что сформированные отверстия, тем самым прочищая эти отверстия от обломков. Эти топливные газы также стимулируют формацию 16 путём удлинения соединения формации 16 со скважиной 10 посредством давления топливных газов, растрескивающих формацию.

Расклинивающий наполнитель, такой как песок, может быть введён в скважину 10 практически одновременно с зажиганием пробивающего отверстия и топливного устройства 20 по настоящему изобретению с помощью любого подходящего средства, такого как обычный носитель пробивающего заряда, который снабжён пробивающими зарядами, наполненными песком и последовательно соединёнными с детонирующим шнуром 86, такими как коммерчески доступные заряды под товарным знаком POWR*PERF от компаний Haliburton Energy Services или Advance Completion Technologies Inc. Когда такие газы, выработанные воспламенением топливной втулки 90, выходят из скважины и входят в отверстия, сформированные в формации 16, песок, который вводится в отвер-

стия топливными газами, сдирает или обдирает стенки отверстий и трещин, тем самым увеличивая проходы для тока жидкости между формацией и скважиной 10. Часть песка может остаться в трещинах как расклинивающий наполнитель, тем самым предотвращая закрытие трещин, когда ослабевает давление жидкости.

Для помощи в зажигании втулка 90 может быть снабжена одной или более канавками или прорезьями 92, которые могут тянуться через всю толщину втулки 90 (фиг. 7), и которые могут тянуться по значительной части её длины. Прорезь(и) расположена рядом со сформированным зарядом 40, так что при зажигании сформированный заряд 40 воздействует на прорезь 92, которая обеспечивает большую площадь поверхности для зажигания и воспламенения втулки 90. Предпочтительно, прорезь(и) 92 имеет скошенную форму, так что прорезь шире на внутренней поверхности втулки 90, чем на её внешней поверхности. Для достижения одинакового и повторяющегося воспламенения внутренняя поверхность втулки 90 может быть снабжена канавками или каналами 94 (фиг. 9 и 10), чтобы помочь топливной втулке 90 одинаково разломиться при воздействии сформированного заряда 40. Канавки или каналы 94 могут иметь различную или одинаковую толщину или глубину и могут быть сформированы в равномерном или случайном порядке.

На фиг. 11 другое выполнение пробивающего отверстия и топливного устройства по настоящему изобретению показано в общем случае как ссылочная позиция 120 и имеет носитель 122 пробивающего заряда, расположенный между двумя тандемными переходниками 160 или между тандемным переходником 160 и конической пробкой 166. В этом выполнении носитель 122 сконструирован из водоотталкивающего или водонепроницаемого топливного материала, на который физически не действуют гидростатические давления, обычно наблюдаемые в процессе пробивания отверстий в подземной(ых) формации(ях) и который не реагирует или инертен почти ко всем жидкостям, в частности, к жидкостям, находящимся в подземной скважине. Предпочтительно, топливо является отверждённой эпоксидной смолой или углеволоконным композитом, имеющим окислитель, включённый в него, такой как коммерчески доступный композит от компании НТН Technical Services, Inc., расположенной в городе Coeur d'Alene, штат Айдахо. Носитель 122 содержит, по меньшей мере, один обычный пробивающий заряд 140, способный создавать отверстие в стенке 130 носителя, обсадной трубе 12 и в промежутке 16 прилегающей подземной формации. Каждый пробивающий заряд 140 прикреплен к отверстию 136 в трубке 134 пробивающего заряда с помощью зажима. Предпочтительно, тандемный переходник 160, коническая пробка 166 и трубка 134 заряда сконст-

руированы из материала, который в значительной степени полностью ломается или разлагается, например, из тонкостенной стали, материала, который в значительной степени растворяется, например углеволокно, эпоксидный композит, при подрыве зарядов 140, или из материала, который может полностью выгореть, такого как эпоксидная смола, топливо окислителя, аналогичное тому, что использовано для втулки 90. Если используется больше чем один сформированный заряд, то они могут быть разнесены как по вертикали вдоль оси несущей, так и под углом к ней. Плотность заряда является нужной плотностью, определяемой способами, известными специалистам. Общий диапазон плотностей зарядов составляет от 6 до 12 на фут. Детонирующий шнур 186 соединяет бустерную передачу в тандемном переходнике 160 над носителем 122, все заряды 140 и концевую крышку 168 в конической пробке 166. Как было обсуждено ранее по отношению к выполнению, показанному на фиг. 2, одно или более сочетаний дополнительного тандемного переходника и дополнительного носителя пробивающего заряда может быть установлено под носителем 122. Детонирующий шнур 186 может затем быть подключён к бустерной передаче в тандемном переходнике 160 под каждым дополнительным носителем пробивающего заряда. В этом выполнении удаление любой части орудия из скважины 10 после подрыва устраняется, так как носитель поджигается и трубка заряда разрушается и/или разлагается при подрыве заряда(ов) 140. Это преимущество особенно явно в случаях, когда существует очень малое пространство, если вообще существует, под промежуток формации 16, в котором пробиваются отверстия.

Хотя топливо, используемое в настоящем изобретении, описано выше как втулка, раковина или кожух, который в основном является жёстким, топливо может использоваться в различных формах и/или конфигурациях до тех пор, пока топливо находится между обсадной трубой, которая располагается в подземной скважине, и, по меньшей мере, одним пробивающим зарядом, который расположен внутри обсадной трубы. Например, топливо 190, как показано на фиг. 13, может быть в значительной степени винтовым или спиральным по форме, и расположено вокруг носителя 22 пробивающего заряда в процессе изготовления пробивающего отверстия и топливного устройства 20 по настоящему изобретению или в процессе его конечной сборки, которая может происходить на месте в скважине. В собранном виде (фиг. 12) топливо 190, расположенное вокруг носителя 22 пробивающего заряда, прикреплено на одном конце тандемным переходником 60, а на другом конце конической пробкой 66. Тандемный переходник 60 и коническая пробка 66 могут иметь такие размеры, чтобы внешний диаметр был

больше, чем топливо 190, чтобы препятствовать повреждению топлива 190 в процессе расположения в скважине. Альтернативно, в процессе изготовления или конечной сборки устройства по настоящему изобретению для того, чтобы препятствовать повреждению втулки 90, между тандемным переходником 60, конической пробкой 66 и топливом 190 могут быть введены защитные кольца или нечто подобное (не показано), которые имеют больший внешний диаметр, чем топливо 190. Топливо 190 может занимать всё расстояние между тандемным переходником 60 и конической пробкой 66 или только часть. Топливо 190, как и втулка 90, сконструирована из водоотталкивающего или водонепроницаемого топливного материала, на который физически не действуют гидростатические давления, обычно наблюдаемые в процессе пробивания отверстий в подземной(ых) формации(ях) и который не реагирует или инертен почти ко всем жидкостям, в частности, к жидкостям, находящимся в скважине. Предпочтительно, топливо является отверждённой эпоксидной смолой или пластиком, имеющим окислитель, включённый в него, такой как коммерчески доступный пластик от компании NTN Technical Services, Inc., расположенной в городе Coeur d'Alene, штат Айдахо. Альтернативно, топливо 190 может иметь форму одной или более полос или форму одной или более в основном линейных или в основном арочных полос, которые расположены вокруг носителя 22 заряда так, чтобы находиться, по меньшей мере, между одним пробивающим зарядом 40 и обсадной трубой 12. Полосы топлива 190 могут быть в основном кольцевыми и могут иметь зазор, чтобы быть U-образными или C-образными в поперечном сечении. В качестве другого примера, топливо 190 может быть гибким и обернуто вокруг всего или вокруг части носителя 22 заряда в любой форме или любом порядке, чтобы находиться между, по меньшей мере, одним пробивающим зарядом 40 и обсадной трубой 12. В обоих этих выполнениях топливо 190 может быть прикреплено к носителю заряда любым пригодным средством, что будет очевидно для специалиста, таким как коммерчески доступное клеящее вещество. Согласно ещё одной альтернативе, топливо 190 имеет относительно тонкую, дискретную форму, имеющую любую подходящую периферийную конструкцию, например многоугольную или в виде замкнутой плоской кривой, такой как круг, и прикреплено к внешней поверхности носителя 22 заряда любым пригодным средством, например клеящим веществом или винтовой резьбой, чтобы находиться между, по меньшей мере, одним пробивающим зарядом 40 и обсадной трубой 12.

В ещё одном выполнении настоящего изобретения жидкое топливо 290, такое как изготавливаемое под торговой маркой Re-flo 403 компанией Hercules, Inc. в городе Wilmington,

штат Делавэр, впрыскивается в скважину 10 через обсадную трубу 12 и формирует первую верхнюю поверхность 291 жидкости внутри скважины 10. Одно или более обычных пробивающих орудий 320 затем опускается в скважину 10 на конце колонны обсадных труб, выравнивающей линии, на трубах в виде катушки или на любом другом подходящем средстве, как будет очевидно для специалиста. Пробивающие орудия расположены по соседству с интересующей подземной формацией, которой является формация 16, как показано на фиг. 14. После установки таким образом, жидкое топливо, впрыснутое ранее в скважину 10, замещается пробивающим(и) орудием(ями) 320, так что жидкое топливо находится напротив, по меньшей мере, одного самого нижнего пробивающего заряда 322, находящегося в самом нижнем пробивающем орудии 320. Предпочтительно, чтобы объём жидкого топлива 290, впрыснутого ранее в скважину 10, был достаточным для накрывания всех пробивающих зарядов в каждом пробивающем орудии 320, опущенном в скважину 10. При вытеснении в пространство над пробивающим(и) орудием(ями) 320 жидкое топливо формирует вторую верхнюю поверхность 292 жидкости, которая находится выше предыдущей поверхности 291. Пробивающие заряды затем подрываются с помощью пригодной детонирующей системы, как описано выше. При подрыве каждый пробивающий заряд 322 проникает через жидкое топливо 290, создаёт отверстие в обсадной трубе 12 и проникает в формацию 16, формируя в ней отверстия. Жидкое топливо 290 загорается из-за удара, нагрева и давления подорванного(ых) сформированного(ых) заряда(ов) 322. Когда один или более пробивающих зарядов проникает в формацию, сжатый газ, выработанный от горения жидкого топлива 290, входит в формацию 16 через только что сформированные отверстия, тем самым прочищая эти отверстия от обломков. Эти газы также стимулируют формацию 16 путём удлинения соединения формации 16 с скважиной 10 посредством давления газов, растрескивающих формацию. Альтернативно, жидкое топливо может быть впрыснуто в скважину 10 одновременно с погружением пробивающего орудия 320 в скважину, или после того, как пробивающее орудие размещено в скважине 10.

Пробивающее отверстие и топливное устройство по настоящему изобретению может быть использовано с обсадными трубами или с проводной линией. Увеличенная прочность обсадных труб по сравнению с проводной линией позволяет использовать более долговременные пробивающие отверстия и топливные устройства, тем самым позволяя пробить отверстия и простимулировать больший промежуток в течение одного прохода в скважину. Устройство, несомненно обсадными трубами, также совместимо с использованием пакеров для изоляции одной

или более частей скважины от прилегающих одного или более промежутков формации. Таким образом, способ может быть использован там, где это желательно по какой-либо другой причине, чтобы ограничить давление, которому подвергается другая часть скважины, например, в скважине, где одна или более зон уже выработаны. Далее, если скважина имеет большой угол отклонения от вертикали или она горизонтальная, обсадная труба может быть использована для проталкивания устройства пробивания отверстий и топлива в скважину.

В многочисленных промежутках подземной формации могут быть пробиты отверстия и созданы трещины за одну операцию путём сочетания двух или более пробивающих отверстий и топливных устройств 20 и/или 120 по настоящему изобретению в одной колонне обсадных труб отдельным образом, как будет очевидно специалисту. При использовании пробивающего отверстия и топливного устройства по настоящему изобретению могут быть использованы сформированные заряды, содержащие меньшее количество сильно сжатой взрывчатки, чем в обычных зарядах, поскольку сформированному заряду необходимо только пробить отверстие в обсадной трубе 12, когда газы, выработанные путём воспламенения топлива, выходят в отверстия и трещины в подземную формацию. Соответственно, в устройстве по настоящему изобретению может быть использовано большее количество сформированных зарядов, чем в обычном устройстве пробивания отверстий, и/или в устройстве по настоящему изобретению могут быть использованы сформированные заряды, которые производят отверстия большего диаметра, чем отверстия, производимые обычными сформированными зарядами. Далее, топливная втулка 90 или носитель 122 могут иметь расклинивающий наполнитель, распыляемый изнутри них, или нанесённый на их внешние поверхности. Этот расклинивающий наполнитель также может содержать радиоактивные метки, чтобы помочь определить рассеивание расклинивающего наполнителя в отверстия в подземной(ых) формации(ях).

Хотя различные выполнения устройства по настоящему изобретению были описаны как содержащие несколько составляющих частей, которые скреплены вместе в жёсткой жидкостной связи, в объём настоящего изобретения входит изготовление устройства 20 или 120 из общей части топливного материала, которая открыта для тока жидкостей из скважины и в котором закреплены сформированные заряды.

Как обсуждено выше, средством зажигания может быть детонирующий материал, такой как детонирующий шнур 28. Альтернативно, средством зажигания может быть возгораемый материал или шнур. Например, трубка, содержащая чёрный порох, может быть использована как система зажигания для зажигания топлива в

устройстве и способе по настоящему изобретению.

Хотя описаны и показаны вышеприведённые предпочтительные выполнения, должно быть понятно, что можно делать альтернативы и модификации, предложенные и другие, попадающие в объём изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство пробивания отверстий и стимулирования подземной формации, которая пронизана скважиной, имеющей обсадную трубу, расположенную так, чтобы установить жидкостную связь между формацией и скважиной, содержащее

один или более взрывных зарядов;

топливо, расположенное между упомянутой обсадной трубой и, по меньшей мере, одним из упомянутых одного или более взрывных зарядов; и

детонатор, баллистически соединённый с упомянутым одним или более зарядами.

2. Устройство по п.1, в котором упомянутое топливо практически жесткое.

3. Устройство по п.1, в котором упомянутое топливо имеет в основном спиральную конфигурацию.

4. Устройство по п.1, в котором упомянутое топливо состоит из одной или более полос.

5. Устройство по п.4, в котором упомянутые одна или более полосы являются линейными.

6. Устройство по п.4, в котором упомянутые одна или более полосы являются арочными.

7. Устройство по п.1, в котором упомянутое топливо имеет конфигурацию кольцевой полосы.

8. Устройство по п.1, в котором упомянутое топливо имеет многоугольную конфигурацию.

9. Устройство по п.1, в котором упомянутое топливо имеет конфигурацию замкнутой плоской кривой.

10. Устройство по п.1, в котором упомянутое топливо является жидкостью.

11. Устройство пробивания отверстий и стимулирования подземной формации, которая пронизана скважиной, имеющей обсадную трубу, расположенную так, чтобы установить жидкостную связь между формацией и скважиной, содержащее

трубу с одним или более сквозными отверстиями;

один или более сформированных зарядов, расположенных внутри упомянутой трубы, причем каждый из упомянутых одного или более сформированных зарядов совмещен с одним из упомянутых одного или более отверстий; и

топливо, расположенное между упомянутой обсадной трубой и, по меньшей мере, одним

из упомянутых одного или более сформированных зарядов.

12. Устройство по п.11, в котором упомянутое топливо расположено между упомянутой обсадной трубой и всеми из упомянутых одного или более взрывных зарядов.

13. Устройство по п.11, в котором упомянутое топливо прикреплено к внешней поверхности упомянутой трубы.

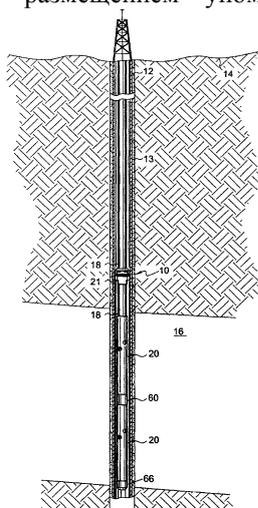
14. Способ пробивания отверстий и стимулирования подземной формации, которая пронизана скважиной, имеющей обсадную трубу, расположенную так, чтобы установить жидкостную связь между формацией и скважиной, содержащий следующие операции:

размещение жидкого топлива между, по меньшей мере, одним пробивающим зарядом в упомянутой скважине и упомянутой обсадной трубой; и

подрыв упомянутого, по меньшей мере, одного пробивающего заряда, чтобы сформировать отверстия в упомянутой обсадной трубе и в упомянутой формации, причем упомянутый подрыв упомянутого пробивающего заряда поджигает упомянутое жидкое топливо, тем самым формируя газы, которые прочищают упомянутые отверстия и которые расширяют жидкостную связь между упомянутой формацией и упомянутой скважиной.

15. Способ по п.14, в котором упомянутая операция размещения содержит впрыскивание жидкого топлива в упомянутую скважину до того, как упомянутый, по меньшей мере, один пробивающий заряд располагается внутри скважины.

16. Способ по п.14, в котором упомянутая операция размещения содержит впрыскивание жидкого топлива в упомянутую скважину одновременно с размещением упомянутого, по



Фиг. 1

меньшей мере, одного пробивающего заряда внутри скважины.

17. Набор для устройства пробивания отверстий и стимулирования подземной формации, которая пронизана скважиной, имеющей обсадную трубу, расположенную так, чтобы установить жидкостную связь между формацией и скважиной, содержащий

устройство пробивания отверстий в подземной формации, которое имеет один или более сформированных зарядов; и

топливо, приспособленное для того, чтобы находиться между обсадной трубой, которая расположена в скважине, пронизывающая подземную формацию, и, по меньшей мере, одним из упомянутых одного или более сформированных зарядов, когда упомянутое устройство расположено внутри упомянутой скважины.

18. Набор по п.17, в котором упомянутое топливо является практически жестким.

19. Набор по п.17, в котором упомянутое топливо имеет в основном спиральную конфигурацию.

20. Набор по п.17, в котором упомянутое топливо состоит из одной или более полос.

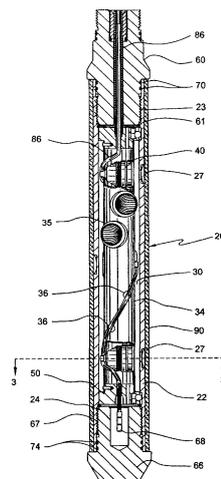
21. Набор по п.20, в котором упомянутые одна или более полосы являются линейными.

22. Набор по п.17, в котором упомянутое топливо имеет конфигурацию кольцевой полосы.

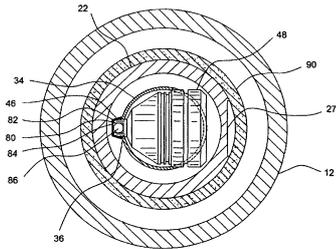
23. Набор по п.17, в котором упомянутое топливо имеет многоугольную конфигурацию.

24. Набор по п.17, в котором упомянутое топливо имеет конфигурацию замкнутой плоской кривой.

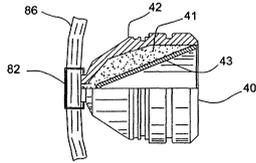
25. Набор по п.17, в котором упомянутое топливо является жидкостью.



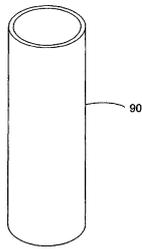
Фиг. 2



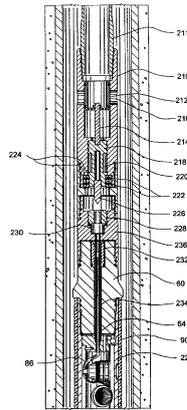
Фиг. 3



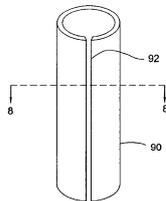
Фиг. 4



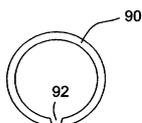
Фиг. 5



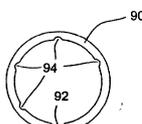
Фиг. 6



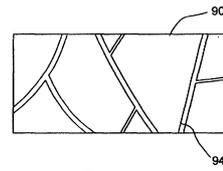
Фиг. 7



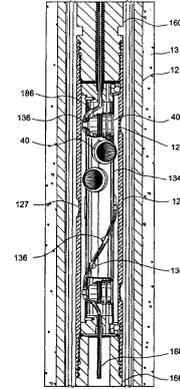
Фиг. 8



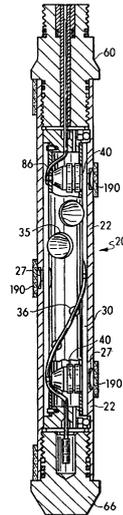
Фиг. 9



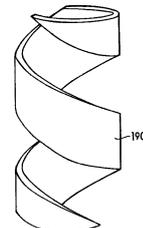
Фиг. 10



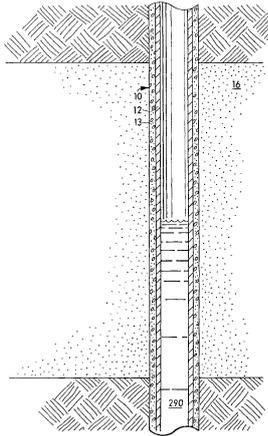
Фиг. 11



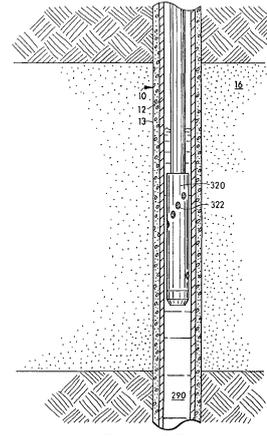
Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14



Фиг. 15

