

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035533**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.06.30

(51) Int. Cl. *E21B 43/114* (2006.01)
E21B 29/08 (2006.01)

(21) Номер заявки
201691633

(22) Дата подачи заявки
2015.02.16

(54) **ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, СИСТЕМА И СПОСОБ ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРОРЕЗАНИЯ НАСКВОЗЬ ТРУБНОЙ СТЕНКИ В СКВАЖИНЕ, А ТАКЖЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЕЖУЩЕГО УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ**

(31) **20140209**

(56) US-A1-20040089450
US-A-4349073
EP-A1-0575116
US-A-2302567

(32) **2014.02.18**

(33) **NO**

(43) **2017.02.28**

(86) **PCT/NO2015/050033**

(87) **WO 2015/126258 2015.08.27**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ГИДРА ВЕЛЛ ИНТЕРВЕНШН АС
(NO)**

(72) Изобретатель:
**Мюре Мортен, Ларсен Арне Гуннар,
Енсен Рой Инге, Андерсен Патрик,
Энгельсгерд Эрлени, Иуэлль Маркус,
Даль Арит Олав, Хага Нильс Руне,
Эствольд Арнольд (NO)**

(74) Представитель:
**Рыбаков В.М., Липатова И.И.,
Новоселова С.В., Дощечкина В.В.,
Хмара М.В., Пантелеев А.С., Ильмер
Е.Г., Осипов К.В. (RU)**

(57) Изобретение включает в себя гидравлический режущий инструмент (24; 86), систему, способ, а также применения режущего инструмента (24; 86) и системы для гидравлического прорезания насквозь трубной стенки (26) трубного тела (8). Для этой цели режущий инструмент (24; 86) обеспечен по меньшей мере одной режущей секцией (52; 88, 90), содержащей по меньшей мере один выпускной элемент (54; 54'). Каждый указанный выпускной элемент (54; 54') содержит по меньшей мере два направленных наружу выпускных отверстия (76a, 78a; 76a', 78a'), имеющих непараллельные направления (70a, 72a; 70a', 72a') выхода, нацеленные в общую точку пересечения (74; 74'), расположенную за пределами выпускного элемента (54; 54'). Резку выполняют абразивным флюидом (32), который подают из удаленного места по проточной трубной колонне (30) по меньшей мере к одному выпускному элементу (54; 54'). При этом абразивные режущие струи (76b, 78b; 76b', 78b') будут выходить из выпускного элемента (54; 54') с высокой скоростью, встречаясь друг с другом и рассеиваясь в точке пересечения (74; 74'), после чего будет ослабляться способность режущих струй (76b, 78b, 76b', 78b') резать дальше.

B1**035533****035533****B1**

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к гидравлическому режущему инструменту для гидравлического прорезания насквозь трубной стенки трубного тела изнутри трубного тела с выполнением по меньшей мере одного сквозного отверстия в трубной стенке.

Изобретение также относится к системе и способу для управляемого гидравлического прорезания насквозь первого трубного тела в скважине с выполнением по меньшей мере одного сквозного отверстия в указанной трубной стенке и без прорезания насквозь трубной стенки второго трубного тела, расположенного в скважине снаружи и вокруг первого трубного тела.

Кроме того, изобретение относится к применению указанного гидравлического режущего инструмента, а также к применению указанной системы для выполнения по меньшей мере одного сквозного отверстия в трубной стенке трубного тела.

Указанная скважина может представлять собой подземную скважину любого типа, например нефтяную скважину, нагнетательную скважину, разведочную скважину, геотермальную скважину или водоносную скважину. Кроме того, скважина может быть расположена на суше или в море.

Кроме того, указанные трубные тела обычно могут быть выполнены в виде обсадных труб, хвостовиков, эксплуатационных насосно-компрессорных колонн, нагнетательных колонн или аналогичных трубных тел, размещенных в подземной скважине. Обычно такая скважина будет оснащена совокупностью имеющих разные диаметры и расположенных более или менее концентрически трубных тел (или трубных колонн), проходящих индивидуально и последовательно, с уменьшением диаметра трубы вниз все глубже в скважину.

Настоящее изобретение может быть применено также в качестве подготовительной меры при временном или постоянном тампонировании одного или более продольных участков в такой подземной скважине.

Предпосылки создания изобретения

При проведении многих внутрискважинных работ требуется формировать сквозные отверстия в трубной стенке одного или более трубных тел (или трубных колонн), расположенных в скважине с большей или меньшей концентричностью. То есть это может включать в себя выполнение сквозных отверстий в трубных стенках обсадных колонн, хвостовиков, эксплуатационных насосно-компрессорных колонн, нагнетательных колонн или аналогичных трубных тел. Это часто называется перфорированием трубного тела.

Для выполнения такого перфорирования принято использовать перфорационный инструмент, снабженный взрывными зарядами и опускаемый в конкретное трубное тело с поверхности скважины. После того как такой перфорационный инструмент будет опущен в трубное тело, его обычно устанавливают на нижнем конце соединительной линии, которая может состоять из электрического кабеля, колонны гибких труб или колонны бурильных труб. Обычно такой перфорационный инструмент не требуется ни закреплять, ни центрировать в трубной колонне перед активацией детонации зарядов.

Кроме того, такой перфорационный инструмент обычно будет оснащен так называемыми кумулятивными зарядами, которые обычно собирают и распределяют на перфорационном инструменте в определенном порядке расположения, чтобы при детонации эти заряды выполняли в окружающем трубном теле, по существу, круглые отверстия. Кроме этого, взрывные заряды перфорационного инструмента могут активировать и детонировать с помощью электрического сигнала или увеличения давления, сообщаемых инструменту с поверхности скважины. Такое перфорационное оборудование представляет собой широко известный уровень техники и поэтому здесь подробно не рассматривается.

При использовании таких взрывных зарядов для перфорационных работ в скважине может быть затруднительным управление с относительно высокой точностью глубиной радиального перфорирования наружу от перфорационного инструмента. Однако для некоторых внутрискважинных работ, например для перфорирования одного или более трубных тел для добычи или нагнетания, такое управление глубиной перфорирования не столь важно, так как в таких ситуациях зачастую нужна максимально возможная глубина перфорирования, позволяющая достичь хорошего сообщения по потоку с окружающими скважину породами.

С другой стороны, относительно точное управление глубиной перфорирования может быть очень важным в тех скважинах, где два или более трубных тел (или трубных колонн) расположены с большей или меньшей концентричностью относительно друг друга и когда требуется выполнить перфорацию (отверстия) только в самом внутреннем трубном теле такой трубчатой совокупности. Это может быть нужно, когда требуется очистка и/или введение технологического флюида, например флюидизированного тампонажного материала, через такую перфорацию в область кольцевого пространства, расположенную непосредственно снаружи самого внутреннего трубного тела, то есть между самым внутренним трубным телом и следующим трубным телом, размещенным с большей или меньшей степенью концентричности вокруг самого внутреннего трубного тела. Способы такого перфорирования, очистки и тампонирования раскрыты в WO 2012/096580 A1 и WO 2013/133719 A1.

Учитывая то, что перфорирование с помощью взрывных зарядов дает относительно плохое управление указанной радиальной глубиной перфорирования, в отрасли существует потребность в альтерна-

тивном техническом решении, простом, эксплуатационно-надежном и экономически эффективном, которое делало бы возможным управление указанной глубиной перфорирования в радиальном направлении наружу от соответствующего режущего инструмента, размещенного в трубном теле в скважине.

В частности, существует потребность в таком альтернативном техническом решении, которое делало бы возможным проделывание сквозных отверстий (перфорации) только в трубной стенке самого внутреннего трубного тела, без перфорирования или значительного повреждения трубной стенки второго трубного тела, окружающего в скважине первое трубное тело.

Уровень техники и его недостатки

Применение гидравлических режущих инструментов для гидравлической резки сквозь трубные стенки одного или более трубных тел представляет собой широко известный уровень техники. Такие известные режущие инструменты применяют в разнообразных технических контекстах, например для выполнения фигурных резов сквозь листовый металл, а также для прорезания одного или более трубных тел, например трубных колонн, в скважине. Во многих публикациях раскрываются разнообразные технические решения, основанные на такой гидравлической резке.

При такой гидравлической резке абразивный флюид под давлением обычно подают в гидравлический режущий инструмент и далее через одно или более выпускных отверстий в режущем инструменте. Обычно такие выпускные отверстия выполнены в виде сопел. Альтернативно выпускные отверстия могут быть оснащены сменными сопловыми вставками. В каждом таком выпускном отверстии/сопле абразивный флюид преобразуют в концентрированную абразивную режущую струю, выходящую с высокой скоростью и врезающуюся в объект, который нужно пройти насквозь, например в трубную стенку одного или более трубных тел.

Абразивный флюид может состоять из соответствующей жидкости, например воды, к которой можно примешивать соответствующий абразивный агент, например натуральные или синтетические твердые частицы износостойкого материала, так называемые абразивы. Такой износостойкий материал поэтому может состоять из частиц подходящего для этой цели материала, такого как, например, кварц, керамика, гранат, стекло, железо, оксид алюминия, карборунд или другой подходящий материал. Например, эти частицы могут иметь размер зерен песка.

При резке одного или более трубных тел в скважине абразивный флюид можно подавать вниз к режущему инструменту в скважине по проточной соединительной линии, идущей с поверхности скважины. Такая линия может быть выполнена в виде трубной колонны, например из бурильных труб, или колонны гибких труб, или гибкого рукава подходящего типа. В такой ситуации для закачки абразивного флюида с поверхности вниз в скважину обычно используют насосную технику.

В качестве альтернативы режущий инструмент может быть оснащен или связан с отдельной емкостью, содержащей абразивный флюид и соединенной с соответствующим приводным средством, например средством, использующим газ-вытеснитель, или насосным средством, для подачи флюида к выпускным отверстиям режущего инструмента и сквозь них.

Далее в настоящем документе рассматриваются некоторые патентные публикации, касающиеся гидравлической резки в скважинах, которые были сочтены имеющими отношение к данному изобретению. При рассмотрении в отдельности эти патентные публикации раскрывают один или более признаков настоящего изобретения, но ни одна из указанных патентных публикаций не раскрывает, будучи рассмотренной в отдельности, комбинации отличительных признаков, раскрытых в настоящем изобретении, и комбинация которых, по существу, относится к управляемому гидравлическому прорезанию насквозь трубной стенки трубного тела.

Публикация US 2004/0089450 A1 кажется представляющей наиболее близкий к настоящему изобретению уровень техники. Эта публикация относится к устройству и способу абразивного прорезания насквозь элемента конструкции, например трубной стенки трубного тела в скважине. Устройство является автономным в том смысле, что оно содержит все необходимое для выполнения такого процесса резки в скважине изнутри трубного тела. При этом устройство не соединено с проточной соединительной линией, идущей с поверхности скважины для подачи абразивного флюида для указанной резки.

Устройство в соответствии с US 2004/0089450 A1 содержит газовый генератор, содержащий твердое топливо, которое, будучи активированным, генерирует газ-вытеснитель, подаваемый в сосуд высокого давления, содержащий абразивный флюид. Газ-вытеснитель заставляет абразивный флюид выходить из сосуда высокого давления и далее через сопла в отдельном сопловом узле, когда последний находится в своем рабочем положении в трубном теле, напротив указанной трубной стенки. Выходящие из сопел абразивные струи, которые концентрируются индивидуально и непрерывно, могут при этом прорезать трубную стенку трубного тела насквозь. Указанный сопловый узел может также быть выполнен с возможностью вращения, причем узел можно вращать вокруг продольной оси устройства. При этом можно выполнять полный периферический рез насквозь трубной стенки трубного тела и так, чтобы трубное тело оказалось полностью разрезанным. Это может быть полезным для того, чтобы можно было отделить верхнюю "свободную" часть трубного тела от нижней части трубного тела, "застывшей" в скважине, в чем и заключается основное предназначение устройства.

В соответствии с одним частным вариантом осуществления US 2004/0089450 A1 устройство также

может быть выполнено так, чтобы иметь ограниченную радиальную дальность резания (то есть эффективную дальность резания), чтобы предотвратить какое-либо повреждение, например, второго трубного тела, расположенного в скважине снаружи самого внутреннего трубного тела и окружающего его. Такая ограниченная дальность резания может достигаться за счет нацеливания нескольких абразивных струй в конкретное место (точку пересечения) снаружи устройства, предпочтительно вблизи наружного диаметра самого внутреннего трубного тела. До того как режущие струи пересекутся и столкнутся в конкретном месте, каждая струя будет сконцентрированной и непрерывной, то есть будет обладать концентрированной кинетической энергией. Это придаст отдельной режущей струе высокую режущую способность и будет полезным для эффективного прорезания насквозь трубной стенки самого внутреннего трубного тела. И наоборот, когда режущие струи будут пересекаться и сталкиваться в указанном месте снаружи устройства, они будут пытаться рассеяться во многих направлениях. При этом режущие струи также теряют значительную часть своей концентрированной кинетической энергии и способности резать в радиальном направлении относительно устройства. В этом контексте кинетическая энергия в противоположно направленных и "сталкивающихся" составляющих таких пересекающихся струй будет преобразовываться в тепловую энергию и в турбулентность и/или разнонаправленный поток. Это подразумевает, что оставшаяся и значительно уменьшившаяся часть кинетической энергии будет переноситься в основном радиальными, направленными наружу составляющими таких пересекающихся режущих струй. Кинетическая энергия и режущая способность, которыми располагают режущие струи для дальнейшей резки в радиальном направлении за указанным конкретным местом (точкой пересечения) поэтому будут значительно уменьшены относительно той кинетической энергии и режущей способности, которыми располагали режущие струи до пересечения в указанном месте. Это означает, что режущая способность струй в радиальном направлении за указанным местом (точкой пересечения) будет также значительно ослаблена, чем будет сокращена эффективная дальность резания устройства в радиальном направлении.

Так как устройство в соответствии с US 2004/0089450 A1 является автономным и содержит, помимо прочего, указанный содержащий твердое топливо газогенератор и сосуд высокого давления, содержащий абразивный флюид, устройство представляет собой относительно сложную конструкцию. Для воспламенения топлива устройство также должно быть оснащено воспламенителем, управляемым дистанционно, например радиочастотным оборудованием. Более того, устройство может содержать вращательное приспособление и вращательные соединения, чтобы указанный сопловый узел мог вращаться в процессе резки вокруг продольной оси устройства. То есть устройство содержит многие компоненты и оборудование, которые могут выйти из строя в процессе эксплуатации, что снижает эксплуатационную надежность устройства. Все это подразумевает, что устройство будет обременено относительно высокими затратами на его изготовление, эксплуатацию и техническое обслуживание. Кроме того, устройство является применимым только для специализированных и непродолжительных операций резания в скважине, что обусловлено тем, что устройство может нести в себе только определенные количества топлива и абразивного флюида. После израсходования топлива и абразивного флюида устройство придется поднимать из скважины для дозаправки. Все это подразумевает, что устройство в соответствии с US 2004/0089450 A1 не является простой и эксплуатационно-надежной конструкцией, а также то, что устройство непригодно для универсальной и управляемой сквозной резки трубного тела в скважине. Как было указано выше, основным предназначением устройства является отсоединение и высвобождение верхней "свободной" части трубного тела от нижней части трубного тела, "застрявшей" в скважине.

Далее к внутрискважинному режущему инструменту и системе для гидравлического прорезания насквозь трубной стенки трубного тела в скважине относится документ US 6155343 A. Режущий инструмент является частично автономным и содержит среди прочего режущий блок и силовой агрегат. Режущий блок оснащен соплом, которое при эксплуатации выпускает в сторону трубного тела струю режущего флюида. Режущий флюид можно либо подавать с поверхности скважины по питающей линии, либо режущий флюид может представлять собой флюид, отбираемый в режущий инструмент непосредственно из скважины. Также говорится о том, что режущий флюид может быть представлен абразивным флюидом. Отличительным признаком этого режущего инструмента является то, что он содержит указанный силовой агрегат, предназначенный для ступенчатого повышения давления в режущем флюиде перед тем, как выпускать флюид из сопла в режущем устройстве, а затем, возможно, в виде пульсирующей струи. Режущий инструмент также содержит секцию прицеливания, содержащую приспособление для нацеливания сопла и установки его в требуемое пространственное положение в скважине, чтобы можно было выполнять точное прорезание насквозь трубной стенки. Более того, режущий блок и его сопло могут быть выполнены с возможностью вращения вокруг продольной оси режущего инструмента, так что сквозь трубную стенку можно было выполнять частичный или полный периферический рез. Режущий инструмент также может содержать внешние стабилизаторы, гарантирующие, что в процессе резки инструмент будет минимально перемещаться в радиальном направлении. Операцией резки предпочтительно управляют дистанционно посредством беспроводных телеметрических сигналов, которыми обмениваются блок управления на поверхности и секция управления в режущем инструменте.

Режущий инструмент в соответствии с US 6155343 A также представляет собой относительно сложную конструкцию с многочисленными компонентами, включая электронные компоненты, которые,

возможно, могут выйти из строя в процессе эксплуатации, что снижает эксплуатационную надежность режущего инструмента. Это подразумевает, что режущий инструмент будет обременен относительно высокими затратами на его производство, эксплуатацию и техническое обслуживание.

Кроме того, в US 6155343 А ничего не говорится о пересечении режущих струй или об ограничении радиальной дальности резания и глубины резания режущих струй.

Далее документ US 6564868 В1 относится к режущему инструменту и способу гидравлического прорезания насквозь трубной стенки трубного тела в скважине. Этот режущий инструмент, однако, предназначен для присоединения к нижнему концу трубной колонны для дистанционной подачи режущего флюида, который может представлять собой абразивный флюид. Режущий инструмент содержит трубчатый корпус, имеющий внутренний проходной канал, сообщающийся по потоку по меньшей мере с одним обращенным наружу выпускным отверстием, расположенным в нижней части корпуса. Это выпускное отверстие может быть снабжено сопловой вставкой, причем корпус может иметь, например, противоположно направленные выпускные отверстия. После закачивания указанного режущего флюида вниз в скважину по указанной трубной колонне, а затем через режущий инструмент, режущая струя выпускается по меньшей мере из одного выпускного отверстия/сопловой вставки инструмента в направлении трубного тела для прорезания насквозь трубной стенки. Режущий инструмент может также содержать мотор с гидроприводом, соединенный с возможностью вращения с трубчатым корпусом для вращения корпуса вокруг продольной оси режущего инструмента, причем режущая струя вращается вокруг указанной продольной оси. Таким образом, режущий инструмент имеет возможность выполнения полных или частичных периферических резов и, возможно, перфораций, сквозь трубную стенку трубного тела.

В отличие от рассмотренных выше режущих инструментов, режущий инструмент в соответствии с US 6564868 В1 имеет относительно простую конструкцию и принцип работы.

В US 6564868 В1 также ничего не говорится о пересечении режущих струй или об ограничении радиальной дальности резания и глубины резания режущих струй.

Документ US 5765756 А также относится к режущему инструменту и способу для гидравлического прорезания насквозь трубной стенки трубного тела в скважине. Этот режущий инструмент также предназначен для присоединения к нижнему концу трубной колонны, состоящей, например, из бурильных труб или колонны гибких труб для дистанционной подачи абразивного режущего флюида. Режущий инструмент также содержит трубчатый корпус, имеющий по меньшей мере один внутренний проходной канал для подачи абразивного флюида на одно или более сопел, расположенных с возможностью вращения относительно корпуса. При этом сопло можно поворачивать из пассивного, убранного положения в корпусе инструмента в активное, нацеленное наружу, режущее положение, в котором режущая струя выходит из сопла и врезается в указанную трубную стенку. Такое сопло может быть выполнено в виде подвижного и телескопически выдвигаемого сопла, убираемого в корпус инструмента в пассивном положении, а в активном режущем положении выдвигаемого телескопически наружу и нацеливаемого на трубную стенку трубного тела для абразивного прорезания насквозь трубной стенки. Инструмент для абразивной резки можно применять для отрезания продольной секции трубного тела, или для выполнения одного или более фигурных сквозных резов в трубной стенке, или для выполнения сквозных отверстий (перфораций) в трубной стенке.

Режущий инструмент в соответствии с US 5765756 А также представляет собой относительно сложную конструкцию с многочисленными движущимися элементами, которые могут выйти из строя в процессе использования, что снижает эксплуатационную надежность режущего инструмента. Это также подразумевает, что режущий инструмент будет обременен относительно высокими затратами на его производство, эксплуатацию и техническое обслуживание.

В US 5765756 А также ничего не говорится о пересечении режущих струй или об ограничении радиальной дальности резания и глубины резания режущих струй.

Кроме того, к режущему инструменту и способу для гидравлического прорезания насквозь трубной стенки трубного тела в скважине относится каждый из документов US 2012/0279706 А1 и US 2012/0305251 А1 (один и тот же заявитель). После прорезания гидравлическим методом одного или более продольных отверстий в трубной стенке скважину закупоривают, вводя через данные отверстия в трубной стенке трубного тела затвердевающую массу в трубное тело и далее наружу во внешнее кольцевое пространство. Таким образом формируют пробку по всему поперечному сечению скважины. Также данный режущий инструмент предназначен для присоединения к нижнему концу трубной колонны, например, колонны гибких труб, для дистанционной подачи режущего флюида. Режущий инструмент содержит съемное крепление и аксиально-подвижную сопловую головку, способную вращаться вокруг продольной оси скважины для резки и выполнения в трубной стенке указанного отверстия (отверстий). Такие отверстия, возможно, могут выполняться по конкретной схеме их расположения. Для указанной цели резки сопловая головка содержит нацеленное наружу режущее сопло и, возможно, очищающие сопла для промывки трубного тела. После того как указанное крепление помещают в трубное тело и упирают в его внутреннюю сторону, режущий флюид закачивают вниз в скважину по указанной трубной колонне и далее наружу через режущее сопло в режущей головке. При этом создается режущая струя,

прорезающая трубную стенку насквозь. Путем одновременного манипулирования сопловой головкой в аксиальном и периферическом направлении каждому продольному отверстию может быть придана специфическая геометрическая форма, а несколько таких отверстий можно расположить по специфической схеме расположения.

Режущий инструмент в соответствии с US 2012/0279706 A1 и US 2012/0305251 A1 также представляет собой относительно сложную конструкцию с многочисленными движущимися элементами, которые могут выходить из строя в процессе эксплуатации, что снижает эксплуатационную надежность режущего инструмента. Это также подразумевает, что режущий инструмент будет обременен относительно высокими затратами на его производство, эксплуатацию и техническое обслуживание.

В US 012/0279706 A1 и US 2012/0305251 A1 также ничего не говорится о пересечении режущих струй или об ограничении радиальной дальности резания и глубины резания режущих струй.

Упомянем также документы US 5381631 A и GB 2288350 A, каждый из которых относится к гидравлическому режущему инструменту, предназначенному для вставления в трубное тело и закрепления в нем. Оба режущих инструмента оснащены способным вращаться сопловым элементом для абразивного прорезания насквозь трубной стенки трубного тела с полным отрезанием трубного тела. Дополнительно каждый режущий инструмент содержит вращательное приспособление и поворотные соединения для того, чтобы указанный сопловый элемент мог вращаться вокруг продольной оси инструмента в процессе отрезания трубного тела.

При этом режущий инструмент в соответствии с US 5381631 A и GB 2288350 A также представляет собой относительно сложную конструкцию с многочисленными движущимися элементами, которые могут выйти из строя в процессе эксплуатации, что снижает эксплуатационную надежность режущего инструмента. Это также подразумевает, что режущий инструмент будет обременен относительно высокими затратами на его производство, эксплуатацию и техническое обслуживание.

В US 5381631 A и GB 2288350 A также ничего не говорится о пересечении режущих струй или об ограничении радиальной дальности резания и глубины резания режущих струй.

Наконец, в документе US 5445220 A раскрывается устройство для повышения продуктивности скважины за счет прорезания отверстий в обсадной колонне, окружающем цементе и пластовой породе. Устройство содержит перфоратор, включающий в себя телескопические сопла, через которые, для того чтобы выполнять вышеуказанную резку, прокачивают и выбрасывают с высокой скоростью абразивную жидкость.

В US 5445220 A также ничего не говорится о пересечении режущих струй или об ограничении радиальной дальности резания и глубины резания режущих струй.

Цели изобретения

Основной целью настоящего изобретения является полное или частичное устранение по меньшей мере одного недостатка уровня техники или, по меньшей мере, обеспечение полезной альтернативы уровню техники.

Другой целью изобретения является обеспечение технического решения, составляющего альтернативу внутрискважинной сквозной перфорации трубной стенки трубного тела изнутри трубного тела с помощью взрывных зарядов.

Кроме того, целью изобретения является обеспечение такой технической альтернативы, которая была бы относительно простой, эксплуатационно надежной и экономически эффективной.

В дополнение к вышесказанному целью изобретения является обеспечение технического решения, обеспечивающего возможность управляемого и относительно точного прорезания насквозь трубной стенки указанного трубного тела изнутри трубного тела.

При этом целью изобретения является обеспечение технического решения, обеспечивающего возможность управления радиальной дальностью резания и глубиной прорезания насквозь (глубиной перфорации) трубной стенки трубного тела изнутри трубного тела.

В частности, целью является обеспечение технического решения, обеспечивающего возможность выполнения по меньшей мере одного сквозного отверстия в трубной стенке первого, самого внутреннего трубного тела в скважине, без прорезания или значительного повреждения трубной стенки второго трубного тела, расположенного в скважине снаружи и вокруг первого трубного тела.

Еще одной целью изобретения является обеспечение гидравлического режущего инструмента, системы, способа, а также применений указанных режущего инструмента и системы для гидравлического прорезания насквозь трубного тела.

Общее раскрытие изобретения и того, как достигаются цели изобретения

Цели изобретения достигаются за счет отличительных признаков, раскрываемых в нижеследующих описании и формуле изобретения.

В соответствии с первым аспектом изобретения обеспечен гидравлический режущий инструмент для гидравлического прорезания насквозь трубной стенки трубного тела изнутри трубного тела, содержащий оправку, имеющую следующую комбинацию элементов:

первый конец;

второй конец, предназначенный для присоединения к проточной трубной колонне для избиратель-

ной дистанционной подачи абразивного флюида;

внутренний проходной канал, сообщающийся по потоку, по меньшей мере, с указанным вторым концом;

по меньшей мере одну крепежную секцию, снабженную, каждая, по меньшей мере одним радиально подвижным захватным элементом, предназначенным для избирательной активации и закрепления на внутренней стороне трубного тела;

по меньшей мере одну режущую секцию, имеющую каждая направленные наружу выпускные отверстия, сообщающиеся по потоку с указанным внутренним проходным каналом для подачи указанного абразивного флюида, причем каждое выпускное отверстие выполнено с возможностью создания выходной режущей струи абразивного флюида для прорезания насквозь трубной стенки, при этом такая режущая секция также содержит по меньшей мере один выпускной элемент.

Отличительной характеристикой гидравлического режущего инструмента является то, что каждый такой выпускной элемент содержит по меньшей мере два направленных наружу выпускных отверстия, имеющих непараллельные направления выхода, нацеленные в общую точку пересечения, расположенную за пределами выпускного элемента.

При этом абразивные режущие струи, выходящие с высокой скоростью из указанных выпускных отверстий в каждом выпускном элементе, предназначены для врезания в трубную стенку трубного тела и ее прорезания насквозь, чтобы таким образом выполнить по меньшей мере одно сквозное отверстие в трубной стенке. При этом указанные абразивные режущие струи также предназначены для схождения и рассеивания в указанной точке пересечения, что ослабляет дальнейшую режущую способность.

Таким образом, гидравлический режущий инструмент может иметь ограниченную дальность резания (например, эффективную дальность резания) из выпускных отверстий в каждом выпускном элементе. При этом также можно предотвратить или ограничить возможность какого-либо повреждения объекта, находящегося снаружи указанного трубного тела и, возможно, на относительно коротком расстоянии от трубного тела, например в 1-5 см от трубного тела. Например, таким объектом может быть второе трубное тело, окружающее вышеуказанное (и самое внутреннее) трубное тело.

До того как по меньшей мере две режущих струи из каждого выпускного элемента пересекутся и столкнутся на высокой скорости в указанной общей точке пересечения за пределами данного режущего инструмента, каждая режущая струя будет сконцентрирована и непрерывна, то есть будет иметь сконцентрированную и высокую кинетическую энергию. Это наделяет каждую отдельную режущую струю высокой режущей способностью и полезно для эффективного врезания в трубную стенку трубного тела с целью выполнения отверстия в трубной стенке.

Затем, когда режущие струи из выпускного элемента пересекутся и столкнутся с высокой скоростью в указанной точке пересечения, они будут пытаться рассеяться во многих направлениях. Наибольшее рассеяние будет происходить в зонах, где окружающая обстановка позволит режущим струям рассеяться относительно беспрепятственно, например в заполненном жидкостью отверстии трубы или кольцевом пространстве в скважине. Тем не менее, если режущие струи пересекутся внутри указанной трубной стенки, у них будет иметься ограниченное пространство для рассеивания внутри трубной стенки и, следовательно, они будут создавать турбулентный и/или разнонаправленный поток в относительно ограниченной полости в трубной стенке. Поэтому картина потоков, возникающая после указанного столкновения режущих струй, зависит от местоположения точки пересечения относительно трубной стенки, сквозь которую нужно проникнуть. В результате этого пересечения и столкновения режущие струи потеряют значительную часть своей сконцентрированной кинетической энергии и режущей способности в радиальном направлении наружу от режущего инструмента. Это относится к направленным в противоположных направлениях и "сталкивающимся" компонентам таких пересекающихся режущих струй, то есть наиболее аксиально направленным компонентам, взаимодействующим друг с другом и сильно устраняющим свои противоположенные траектории потока. Часть кинетической энергии, переносимой такими противоположно направленными и "сталкивающимися" компонентами режущих струй, преобразуется главным образом в тепловую энергию и в турбулентный и/или разнонаправленный поток. Находясь в полости трубной стенки, такой турбулентный и/или разнонаправленный поток будет иметь тенденцию врезаться вбок и по окружности полости, что увеличит поперечный размер/диаметр отверстия, формируемого пересекающимися режущими струями. При этом остаточная и значительно уменьшенная часть кинетической энергии переносится в основном радиальными, направленными наружу компонентами таких пересекающихся режущих струй. Поэтому кинетическая энергия и режущая способность, имеющиеся у режущих струй для дальнейшего резания в радиальном направлении за указанной точкой пересечения, будут значительно пониженными по сравнению с кинетической энергией и режущей способностью, имевшимися у режущих струй до пересечения в точке пересечения. За счет этого за точкой пересечения также значительно снижается способность режущих струй резать в радиальном направлении, что будет ограничивать эффективную дальность резания режущего инструмента в радиальном направлении.

Кроме того, угол между двумя или более непараллельными направлениями выхода (то есть и между режущими струями) из выпускного элемента, встречающимися в точке пересечения, может быть острым, прямым (перпендикулярным) или тупым. Для возможности врезания в трубное тело угол обязательно

должен быть меньше 180° . Острый угол подразумевает, что пересекающиеся режущие струи имеют большую способность резания в радиальном направлении, чем пересекающиеся режущие струи, имеющие тупой угол между собой. Противоположное верно для аксиальной режущей способности пересекающихся режущих струй, то есть способности врезаться в поперечном и окружном направлениях, тем самым расширяя отверстие, формируемое пересекающимися режущими струями. Кроме того, каждое непараллельное направление выхода (и связанная с ним режущая струя) из выпускного элемента не обязательно должно иметь одинаковый выходной угол, измеряемый относительно наружной стороны оправки режущего инструмента. В зависимости от того, как непараллельные направления выхода (и режущие струи) ориентированы в оправке и относительно указанного трубного тела, угол выхода может иметь аксиальную, радиальную и/или периферическую составляющие направления. То есть направления выхода (и режущие струи) могут лежать в плоскости, проходящей главным образом в радиальном направлении относительно продольной оси сквозь данный режущий инструмент, или в плоскости, проходящей главным образом аксиально относительно указанной продольной оси, или в плоскости, имеющей как радиальную, так и аксиальную составляющие относительно продольной оси. Этим подразумевается, что получающееся сквозное отверстие в трубной стенке трубного тела может иметь радиальную, аксиальную и/или периферическую продольную составляющие. Углы и направления, выбираемые в данном контексте, определяют исходя из существующих условий и требований резания и, возможно, исходя из предварительных испытаний, в которых моделируют разнообразные условия и требования резания.

С другой стороны, термин "аксиальный" в данном применении относится к направлению указанной продольной оси через данный гидравлический инструмент и трубное тело, то есть относится к продольной оси потенциально связанной с ними скважины. Термин "радиальный" в данном применении относится к направлению, образующему угол и, возможно, прямой (перпендикулярный) угол с этой продольной осью. Этот угол, тем не менее, не обязательно должен быть прямым и, возможно, может иметь аксиальную составляющую направления. Также термин "периферический" в данном применении относится к направлению по окружности режущего инструмента и/или трубного тела. Это периферическое направление также не обязательно должно образовывать прямой угол с указанной продольной осью и, возможно, может иметь аксиальную составляющую направления. То есть направленные радиально режущие струи, подаваемые из выпускного элемента режущего инструмента, могут также иметь аксиальную и/или периферическую составляющую направления.

Абразивная резка с помощью пересекающихся режущих струй, а также связанный с ней режущий эффект сами по себе известны при изолированном рассмотрении одного конкретного осуществления устройства в соответствии с вышеуказанным документом US 2004/0089450 A1 (см. вышеприведенное рассмотрение уровня техники). Это устройство, однако, автономно и поэтому конструктивно не предназначено для присоединения к проточной трубной колонне для избирательной дистанционной подачи указанного абразивного флюида.

Кроме того, в каждой из других патентных публикаций, рассмотренных выше, раскрывается один или более отличительных признаков данного гидравлического режущего инструмента. Тем не менее, ни в одной из этих патентных публикаций не раскрывается при рассмотрении отдельно комбинация отличительных признаков, определяющих данный режущий инструмент. То есть ни одна из этих патентных публикаций не раскрывает, ни отдельно, ни в комбинации, гидравлический режущий инструмент, предназначенный для сквозного прорезания (перфорирования) трубной стенки трубного тела посредством абразивных и пересекающихся режущих струй, причем данный режущий инструмент с этой целью также выполнен с возможностью присоединения к проточной трубной колонне для избирательной дистанционной подачи абразивного флюида для выполнения указанных абразивных режущих струй.

Кроме всего прочего, в отличие от большинства режущих инструментов, раскрытых в указанных патентных публикациях, данный гидравлический инструмент представляет собой относительно простую конструкцию с несколькими движущимися деталями или вообще без них. Это подразумевает, что данный режущий инструмент обеспечивает повышенную эксплуатационную надежность и экономическую эффективность по сравнению с указанными известными режущими инструментами.

Посредством режущего инструмента такого типа также можно управляемо и относительно точно прорезать насквозь трубную стенку трубного тела изнутри трубного тела. При этом также можно управлять радиальной дальностью резания и глубиной резания (глубиной перфорации) сквозь трубную стенку трубного тела.

Простая и эксплуатационно-надежная конструкция режущего инструмента является результатом того, что режущий инструмент не содержит, помимо всего прочего, самого абразивного флюида и средств приведения его в движение, а также средств управления средствами приведения флюида в движение. Это разительно отличается от конструкции и принципа работы устройства в соответствии с документом US 2004/0089450 A1, которое является автономным и имеет относительно усложненную конструкцию (см. вышеприведенное рассмотрение этого устройства).

При использовании данного режущего инструмента, хранение и подачу абразивного инструмента, а также управление его подачей выполняют из удаленного места, например с поверхности скважины. Это дает отличную гибкость применения в том, что и объем, и состав абразивного флюида, а также объемный

расход, давление флюида и длительность его подачи можно регулировать из удаленного места избирательно и лучшим образом.

Более того, оправка режущего инструмента может быть выполнена в виде сборного узла из нескольких трубных элементов и т.п. То есть каждый элемент такой оправки может, например, быть связан с режущей секцией и/или крепежной секцией режущего инструмента.

Что касается указанного трубного тела, то оно может включать в себя, например, обсадную колонну, хвостовик, эксплуатационную насосно-компрессорную колонну, нагнетательную колонну в скважине. Альтернативно трубное тело может содержать любой иной трубчатый объект, имеющий подлежащую резанию трубную стенку.

Кроме того, по меньшей мере один выпускной элемент режущего инструмента может быть расположен в трубной стенке оправки. Эта трубная стенка, возможно, может быть утолщена в одной или более зонах, в которых расположен выпускной элемент, чтобы обеспечить достаточно места для размещения выпускного элемента в трубной стенке.

Также внутренний проходной канал в оправке может быть представлен центральным проходом трубы. Это наиболее распространенный и простой способ изготовления такого внутреннего проходного канала.

В соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения внутренний проходной канал в оправке может проходить от первого конца до второго конца оправки, при этом оправка имеет сквозную конструкцию;

причем оправка содержит по меньшей мере одно средство перекрытия потока, предназначенное для избирательной активации и закрытия проходного канала;

при этом указанное средство перекрытия потока расположено между по меньшей мере одним выпускным элементом и первым концом оправки.

Таким образом, режущий инструмент можно опускать в трубное тело с обеспечением возможности протекания флюида в трубном теле по внутреннему проходному каналу. Это гарантирует возможность опускания режущего инструмента в скважину без какого-либо значительного сопротивления со стороны флюида в трубном теле.

В последнем варианте осуществления изобретения средство перекрытия потока может быть выполнено в виде кольцеобразного принимающего седла, образующего сквозное отверстие, причем принимающее седло расположено вокруг внутреннего проходного канала в оправке;

причем кольцеобразное принимающее седло предназначено для избирательного герметизирующего приема отдельной заглушки.

Такая заглушка может быть выполнена в виде шара или продолговатого стреловидного тела ("дротика"), предназначенного для сбрасывания вниз по указанному проходному каналу для того, чтобы герметично сесть в указанное кольцеобразное принимающее седло. При этом проходной канал в оправке режущего инструмента закрывается для сквозного протока. Если рассматривать их отдельно, то такие шары и стреловидные тела известны из уровня техники.

Альтернативно или дополнительно по меньшей мере одно средство перекрытия потока может быть выполнено в виде клапана подходящего типа, например клапана с механическим или гидравлическим приводом.

Также по меньшей мере один выпускной элемент в режущем инструменте может содержать износостойкий материал, например карбид вольфрама или другой пригодный материал. Это может быть полезным для снижения износа указанного выпускного элемента, происходящего, когда режущие струи отражаются от трубного тела в процессе резания и разбрызгиваются в сторону выпускного элемента, подвергая его износу.

Также по меньшей мере один выпускной элемент может содержать амортизирующий материал. То есть такой выпускной элемент может быть снабжен амортизирующим материалом в области разбрызгивания, находящейся между направленными наружу выпускными отверстиями в выпускном элементе. Например, амортизирующий материал может представлять собой эластомерный материал или другой подходящий материал, дающий амортизирующий эффект, когда его подвергают воздействию внешних сил или влияний. Это может быть полезным для смягчения ударов абразивного флюида о выпускной элемент, когда брызги такого абразивного флюида летят назад к выпускному элементу в процессе резки трубного тела.

Кроме того, каждое направленное наружу выпускное отверстие в выпускном элементе может содержать сопловую вставку, предназначенную для создания указанной режущей струи абразивного флюида.

Опционально такая сопловая вставка может быть съемно установлена в выпускном отверстии посредством, например, соответствующего резьбового соединения, быстроразъемного соединения или аналогичного съемного соединения. Это позволяет быстро заменять сопловую вставку, например в случае износа или повреждения вставки или сопла. При этом можно также легко заменить одну сопловую вставку с соплом одного размера и/или конфигурации на другую вставку с соплом другого размера и/или конфигурации. То есть выпускные отверстия в одном или более выпускных элементах могут иметь один и тот же диаметр, в то время как соответствующие сопловые вставки могут иметь различные размеры

и/или конфигурации сопла. При этом можно легко адаптировать режущий инструмент к различным условиям и требованиям резки.

Такая сопловая вставка может также содержать износостойкий материал, например карбид вольфрама или другой пригодный материал. Это может быть полезным для снижения износа сопловой вставки, происходящего, когда режущие струи отражаются от трубного тела в процессе резания и разбрызгиваются в сторону сопловой вставки, подвергая ее износу. Кроме того, сопловая вставка опционально может содержать амортизирующий материал указанного типа.

Кроме того, режущий инструмент может содержать по меньшей мере одно центрирующее устройство, предназначенное для позиционирования оправки по центру внутри трубного тела. Это может быть полезным для размещения нескольких выпускных элементов на максимально возможно одинаковом и заданном расстоянии от внутренней стороны трубного тела перед началом гидравлической резки. Таким образом, гидравлический инструмент может быть выполнен с возможностью удерживания направленных наружу выпускных отверстий в нескольких выпускных элементах на конкретном радиальном расстоянии от внутренней стороны трубного тела, чем достигается правильное и адаптированное прорезание насквозь трубной стенки. Это также может быть полезным и даже необходимым для установки местоположения указанной общей точки пересечения режущих струй с относительно высокой точностью, позволяющей достигнуть требуемого результата резания.

Чтобы так разместить оправку по центру в трубном теле, по меньшей мере один радиально подвижный захватный элемент в указанной режущей секции может быть выполнен с возможностью центрирования оправки в трубном теле при нахождении захватного элемента в его радиально выдвинутом закрепляющем положении. Это подразумевает то, что если режущий инструмент будет закреплен в трубном теле, то оправка будет отцентрована в трубном теле.

Альтернативно или дополнительно указанное центрирующее устройство может содержать по меньшей мере один стабилизатор, установленный на наружной стороне режущего инструмента для расположения оправки по центру в трубном теле. К таким стабилизаторам относятся известные центрирующие устройства, которые обычно съемно крепятся к наружной поверхности какого-либо объекта, подлежащего расположению по центру в трубном теле.

Когда режущий инструмент содержит одно или более центрирующих устройств, по меньшей мере один выпускной элемент режущего инструмента может быть установлен в оправке стационарно. Это означает, что, когда режущий инструмент будет отцентрован в трубном теле, направленные наружу выпускные отверстия выпускного элемента будут расположены на конкретном радиальном расстоянии от внутренней стороны трубного тела, что также определит местоположение общей точки пересечения режущих струй одного или более выпускных элементов в режущем инструменте.

В этом контексте по меньшей мере один выпускной элемент можно фиксировано встроить в оправку режущего инструмента, например, выполнив выпускной элемент непосредственно в оправке.

Альтернативно по меньшей мере один выпускной элемент в оправке может быть установлен съемным образом, например посредством подходящего для этой цели резьбового соединения, быстроразъемного соединения или аналогичного подходящего съемного соединения. Это может оказаться полезным для замены одного выпускного элемента на другой, например, при износе выпускного элемента или когда нужно использовать выпускной элемент другого типа, размера и/или конфигурации. Это облегчает техническое обслуживание режущего инструмента и адаптацию режущего инструмента под разнообразные условия и требования резания. Это придает режущему инструменту отличную универсальность применения.

В соответствии с другим, альтернативным вариантом осуществления изобретения по меньшей мере один выпускной элемент режущего инструмента может быть выполнен радиально подвижным для избирательного перемещения выпускного элемента между убранном исходным положением и радиально выдвинутым режущим положением. Это может быть полезным для удерживания указанного выпускного элемента в убранном и безопасном положении при вставлении режущего инструмента в трубное тело. После вставления, в определенном месте резания в скважине выпускной элемент может быть перемещен радиально наружу в его радиально выдвинутое положение для выполнения гидравлического прорезания насквозь трубного тела. Такой вариант осуществления подразумевает, что при нахождении выпускного элемента в его радиально выдвинутом режущем положении направленные наружу выпускные отверстия выпускного элемента будут расположены на определенном радиальном расстоянии от внутренней стороны трубного тела, что будет также определять местоположение общей точки пересечения режущих струй для одного или более из таких выпускных элементов в режущем инструменте. Также в данном варианте осуществления режущий инструмент опционально может содержать по меньшей мере одно центрирующее устройство для расположения оправки по центру в трубном теле. Более того, выпускной элемент и/или оправка могут содержать соответствующие полки, углубления и уплотнения для обеспечения возможности радиальных перемещений выпускного элемента.

В этом альтернативном варианте осуществления по меньшей мере один радиально подвижный выпускной элемент может быть установлен в оправке съемным образом. Это дает те же самые преимущества, что были раскрыты выше для стационарного выпускного элемента.

Для этой цели такой радиально подвижный выпускной элемент может с возможностью скольжения установлен в окружающей втулке, съемным образом установленную в оправке. Втулка может быть съемно присоединена к оправке посредством соответствующего резьбового соединения, быстроразъемного соединения или аналогичного съемного соединения. Например, такая съемная втулка может состоять из втулкообразного кольца из подходящего материала, которое съемно прикреплено к соответствующему боковому отверстию/проходу в оправке. При этом может использоваться цилиндрическая втулка с наружной резьбой, вкручиваемой во внутреннюю резьбу бокового отверстия/прохода оправки. Втулка также может содержать износостойкий и/или амортизирующий материал.

Кроме того, такой радиально подвижный выпускной элемент может содержать поршневую поверхность для направленного наружу радиального перемещения выпускного элемента при подаче на поршневую поверхность приводящего в движение давления флюида;

при этом выпускной элемент также подпружинен для направленного внутрь возвратного радиального перемещения выпускного элемента после прекращения подачи приводящего в движение давления флюида на поршневую поверхность.

Указанная поршневая поверхность и подпружинивание могут быть настроены таким образом, что выпускной элемент будет перемещаться из своего исходного положения радиально наружу в свое режущее положение при подаче на поршневую поверхность определенного давления флюида. Предпочтительно, чтобы это давление флюида подавалось и прилагалось указанным абразивным флюидом. При нахождении выпускного элемента в своем радиально выдвинутом режущем положении давление абразивного флюида поднимают до конкретного давления резания для обеспечения того, что абразивные режущие струи будут выходить из выпускного элемента с требуемой для резания скоростью. По завершении процесса резания давление флюида снижают до значения, меньшего указанного приводящего в движение давления флюида на поршневую поверхность. При этом сила пружины пересилит пониженное давление флюида, чтобы обеспечить возврат выпускного элемента обратно в его радиально убранное положение в режущем инструменте. В этом контексте выпускной элемент может быть подпружинен посредством одной или более упругих пружин и/или посредством по меньшей мере одного эластично упругого устройства, например эластичного кольца или бруска из подходящего резинового материала, включая эластомерный материал. Более того, выпускной элемент, поршневая поверхность и/или оправка могут содержать соответствующие полки, углубления и уплотнения для того, чтобы были осуществимы активация давлением, подпружинивание и радиальное перемещение выпускного элемента.

Кроме того, такой радиально подвижный выпускной элемент может содержать дистанционирующее устройство, предназначенное для того, чтобы при радиально выдвинутом режущем положении радиально подвижного выпускного элемента, его направленные наружу выпускные отверстия находились на определенном радиальном расстоянии от внутренней стороны трубного тела. Так как такое дистанционирующее устройство в процессе резания будет подвергаться воздействию абразивного флюида, это дистанционирующее устройство может также содержать износостойкий и/или амортизирующий материал.

При этом дистанционирующее устройство может содержать по меньшей мере один дистанционирующий элемент определенной длины, отходящий радиально наружу от радиально подвижного выпускного элемента. Такой дистанционирующий элемент может состоять из байпасируемого и, возможно, сквозного дистанционирующего штифта, втулочного элемента или дистанционирующей конструкции, например решетчатой конструкции из соответствующего материала, отходящей наружу от выпускного элемента.

Использование таких дистанционирующих устройств может оказаться полезным в ситуациях, когда затруднено центрирование режущего инструмента в трубном теле, при этом режущий инструмент занимает в трубном теле более или менее внецентровое положение. Например, такая ситуация может произойти в невертикальном трубном теле в наклонной или горизонтальной скважине. В контексте такого внецентрового размещения нижняя сторона режущего инструмента расположится ближе к трубной стенке трубного тела, чем противоположная ей верхняя сторона режущего инструмента. При этом радиально подвижные выпускные элементы на верхней стороне могут перемещаться радиально дальше наружу от режущего инструмента, чем радиально подвижные выпускные элементы на нижней стороне режущего инструмента. Неравномерное радиальное продвижение выпускных элементов, тем не менее, не повлияет на результат выполняемой резки, если каждое дистанционирующее устройство будет обеспечивать нахождение выпускных отверстий в соответствующем выпускном элементе на определенном расстоянии от трубного тела, таким образом становится доступным управляемое и, возможно, одинаковое прорезание отверстий в трубной стенке.

При использовании одного или более дистанционирующих устройств данного типа один или более, а возможно, и все радиально подвижные выпускные элементы в режущем устройстве можно удерживать на определенном расстоянии от трубной стенки в процессе прорезания отверстий в ней. Возможно, и если это требуется, радиально подвижные выпускные элементы могут быть выполнены так, чтобы иметь разные радиальные расстояния от трубной стенки трубного тела. Это позволит надлежащим образом регулировать и определять местоположение общей точки пересечения режущих струй для одного или более радиально подвижных выпускных элементов с возможностью индивидуальной настройки. Это может

быть полезным при необходимости выполнения в трубной стенке отверстий различного профиля и/или размера или опционально, когда в трубной стенке требуется проделать, по существу, одинаковые.

Такое дистанционирующее устройство может быть также съемно присоединено к радиально подвижному выпускному элементу. Это может быть полезным для замены одного дистанционирующего устройства на другое, например, когда дистанционирующее устройство изнашивается или когда потребуется изменить указанное радиальное расстояние для выпускного элемента. Это облегчает техническое обслуживание режущего инструмента и одновременно облегчает адаптацию режущего инструмента под разнообразные условия и требования резания. Это придает режущему инструменту отличную универсальность применения.

Режущий инструмент может также содержать по меньшей мере одно устройство ограничения перемещения для ограничения радиального перемещения выпускного элемента наружу от оправки. Это может быть полезным для обеспечения того, чтобы радиально подвижный выпускной элемент, находящийся в радиально-выдвинутом режущем положении, можно было переместить наружу от оправки максимально только на определенное расстояние. Если режущий инструмент может быть достаточно хорошо отцентрирован в трубном теле, например посредством расположенных снаружи стабилизаторов, это может быть хорошим способом расположения выпускного элемента на определенном радиальном расстоянии от внутренней стороны трубного тела.

Такое устройство ограничения перемещения может быть выполнено в виде сдерживающего элемента или сдерживающей конструкции, отходящей наружу от оправки режущего элемента и ограничивающей максимальный ход выпускного элемента радиально наружу от оправки.

Альтернативно или дополнительно такое устройство ограничения перемещения может также содержать по меньшей мере одно стопорное устройство, установленное в радиально подвижном выпускном элементе. Устройство ограничения перемещения при этом может содержать одно или более стопорных колец или аналогичных деталей, присоединенных к выпускному элементу, чтобы не давать ему перемещаться радиально наружу от оправки дальше определенного расстояния.

Кроме того, по меньшей мере одна режущая секция в режущем инструменте может содержать узел по меньшей мере из двух выпускных элементов, распределенных вокруг режущей секции. При этом каждый выпускной элемент предназначен для выполнения в трубной стенке трубного тела соответствующего сквозного отверстия.

Таким образом, по меньшей мере одна режущая секция может содержать узел из нескольких выпускных элементов, распределенных в заданном порядке расположения вокруг режущей секции, причем несколько выпускных элементов предназначены для выполнения заданным образом расположенных сквозных отверстий в трубной стенке трубного тела. В этом контексте заданным образом расположенные сквозные отверстия могут располагаться на протяжении периферического и аксиального направлений вокруг режущей секции. Таким образом, режущий инструмент может быть предназначен для прорезания отверстий, имеющих заданную плотность расположения и распределения по трубной стенке.

Кроме того, оправка режущего инструмента может содержать по меньшей мере две режущие секции, расположенные последовательно по длине оправки. Это может быть полезным в случае, когда нужно, чтобы режущие секции имели различные типы, конфигурации и/или схемы расположения выпускных элементов в каждой режущей секции. Это может быть также полезным для замены изношенной режущей секции на другую, следующую режущую секцию. В этом контексте может иметься в виду износ из-за протекания абразивного режущего флюида через проточные каналы, выпускные элементы и, возможно, сопла в предыдущей режущей секции. Встраивая таким образом в режущий инструмент две или более режущие секции, можно избежать выполнения нескольких спусков, возможно, сократить количество спусков в скважину для выполнения операции резки в скважине. Это особенно важно на морских скважинах, обремененных чрезвычайно высокими эксплуатационными затратами.

В этом контексте между соседними режущими секциями вдоль оправки может быть расположено средство перекрытия потока, причем такое средство перекрытия потока предназначено для избирательной активации и закрытия проходного канала между указанными соседними режущими секциями. Это позволяет избирательно активировать последовательно расположенные вдоль оправки режущие секции.

В соответствии с одним вариантом осуществления изобретения средство перекрытия потока может содержать кольцеобразное принимающее седло, образующее сквозное отверстие, причем принимающее седло расположено вокруг внутреннего проходного канала в оправке, причем кольцеобразное принимающее седло предназначено для избирательного герметизирующего приема отдельной заглушки.

Как было указано, такая заглушка может быть выполнена в виде шара или продолговатого стреловидного тела, предназначенного для сбрасывания вниз по указанному проходному каналу для того, чтобы герметично сесть в указанное кольцеобразное седло между соседними режущими секциями. Тем самым проходной канал между этими режущими секциями закрывают для сквозного протекания.

Альтернативно или дополнительно по меньшей мере одно средство перекрытия потока может быть выполнено в виде клапана подходящего типа, например клапана с механическим или гидравлическим приводом.

Для оправки, оснащенной более чем двумя последовательными режущими секциями, проходной

канал между каждой парой таких соседних режущих секций может быть связан с таким средством перекрытия потока. Если средство перекрытия потока выполнено в виде кольцеобразного принимающего седла указанного типа, тогда и принимающее седло, и связанная с ним отдельная заглушка, очевидно, должны иметь все больший диаметр для каждой последующей вышележащей пары соседних режущих секций вдоль оправки. Здесь, термин "вышележащий" означает расположение ближе к поверхности по сравнению с "нижележащим" расположением.

Каждое такое принимающее седло также может быть установлено во втулке или в аналогичной детали с возможностью аксиального перемещения в указанном проходном канале, причем втулка изначально закрывает и не допускает сообщения по потоку с выпускными элементами в непосредственно вышележащей режущей секции. Находясь в таком изолирующем флюид положении, втулка может быть съемно соединена с оправкой посредством, например, срезных штифтов или аналогичных разъемных соединений. После того как отдельная заглушка будет сброшена вниз по проходному каналу и герметично сядет в принимающее кольцеобразное седло втулки, давление флюида в проходном канале может быть поднято до срезания указанных срезных штифтов. Затем давление флюида переместит втулку с ее принимающим седлом с заглушкой аксиально вниз на стопорное седло или аналогичный элемент, выполненный в оправке. При этом втулка раскрывает выпускные элементы в непосредственно вышележащей режущей секции, открывая сообщение по потоку с выпускными элементами. Таким образом, можно последовательно открывать для резания новые вышележащие режущие секции, закрывая для протекания флюида использованные и нижележащие режущие секции.

Кроме того и в соответствии с одним из осуществлений изобретения, по меньшей мере одна крепежная секция в режущем инструменте может содержать узел по меньшей мере из двух радиально подвижных захватных элементов, распределенных вокруг крепежной секции. В предпочтительном варианте по меньшей мере два захватных элемента могут быть распределены на одинаковом периферическом расстоянии вокруг крепежной секции. Это может быть полезным для достижения максимально возможных центрирования и закрепления оправки в трубном теле в процессе резания.

Такой радиально подвижный захватный элемент может содержать по меньшей мере один скользящий сегмент, такого типа и формы, которые сами по себе известны.

Альтернативно или дополнительно такой радиально подвижный захватный элемент может содержать гибкое и расширяемое захватное тело. При этом гибкое и расширяемое захватное тело может быть выполнено в виде надувного тела, такого как баллон.

Кроме того, по меньшей мере два радиально-подвижных захватных элемента могут быть выровнены вдоль по общей окружной линии вокруг такой крепежной секции.

В соответствии с другим, альтернативным вариантом осуществления по меньшей мере одна крепежная секция в режущем инструменте может содержать радиально подвижный захватный элемент в виде и гибкого и расширяемого захватного тела, окружающего собой такую крепежную секцию. При этом захватное тело может быть выполнено в виде надувного тела, например наподобие баллона, полностью окружающего крепежную секцию.

При использовании по меньшей мере двух радиально подвижных захватных элементов, выровненных вдоль общей окружной линии, или при использовании радиально подвижного захватного элемента в виде гибкого расширяемого и окружающего захватного тела, такая крепежная секция может быть размещена вблизи режущей секции. При этом крепежная секция и режущая секция образуют узел. Это может быть полезным, если радиально подвижные захватные элементы или расширяемое и окружающее захватное тело предназначены для гидравлической активации и перемещения в радиальном направлении посредством соответствующего флюида, который подают к захватным элементам или захватному телу. Предпочтительно данный флюид является абразивным флюидом, при этом один и тот же флюид используют и для закрепления режущего инструмента, и для последующего резания с его помощью.

Кроме того, по меньшей мере одна крепежная секция в режущем инструменте может быть расположена между по меньшей мере одной режущей секцией и первым концом оправки. Когда режущий инструмент закреплен внутри трубного тела в скважине, это подразумевает, что указанная крепежная секция будет расположена в нижней части режущего инструмента и ниже указанной режущей секции. При этом один или более радиально выдвинутых захватных элементов в крепежной секции не смогут препятствовать течению флюида между режущим инструментом и трубным телом в процессе резания в скважине. Такой вариант осуществления может быть полезным, когда режущий инструмент содержит одну или более режущих секций, которые активируют одновременно для прорезания насквозь трубной стенки трубного тела.

Кроме того, альтернативно или дополнительно, по меньшей мере одна крепежная секция в режущем инструменте может быть расположена между по меньшей мере одной режущей секцией и вторым концом оправки. Когда режущий инструмент закреплен внутри трубного тела в скважине, это подразумевает, что данная крепежная секция будет находиться в верхней части режущего инструмента и выше указанной режущей секции. При этом один или более радиально выдвинутых захватных элементов в крепежной секции могут препятствовать течению флюида между режущим инструментом и трубным телом в процессе резания в скважине. В этом контексте важно, чтобы по меньшей мере один захватный

элемент был бы выполнен с возможностью в процессе резания пропускать флюид сквозь себя и/или далее себя. Этот вариант осуществления может быть полезным, когда по меньшей мере один захватный элемент крепежной секции активируют и перемещают гидравлически, и когда режущий инструмент содержит несколько последовательных режущих секций, активируемых отдельно для прорезания насквозь трубной стенки трубного тела (см. вышеизложенное). В соответствии с таким вариантом осуществления подача соответствующего флюида, например абразивного флюида, должна быть разрешена по меньшей мере к одному захватному элементу крепежной секции для гидравлического закрепления и высвобождения каждой из используемых последовательных и отдельных режущих секций. Такая подача флюида, тем не менее, будет невозможна, если крепежная секция будет находиться в нижней части режущего инструмента, и если проходной канал над крепежной секцией будет закрываться с помощью указанного средства перекрытия потока. В такой ситуации, крепежную секцию нужно размещать над последовательными режущими секциями в режущем инструменте.

В соответствии со вторым аспектом изобретения обеспечена система для управляемого гидравлического прорезания насквозь трубной стенки, содержащая следующую комбинацию элементов:

скважина;

первое трубное тело, расположенное в скважине и содержащее указанную трубную стенку;

второе трубное тело, расположенное в скважине и находящееся снаружи и вокруг первого трубного тела;

трубная колонна, расположенная внутри первого трубного тела;

источник абразивного флюида, сообщающийся по потоку с верхней частью трубной колонны.

Отличительной характеристикой системы является то, что она также содержит гидравлический режущий инструмент в соответствии с первым аспектом изобретения, соединенный с нижней частью трубной колонны для выполнения по меньшей мере одного сквозного отверстия в трубной стенке трубного тела,

причем указанная общая точка пересечения для непараллельных направлений выхода из по меньшей мере одного выпускного элемента в режущем инструменте в его режущем положении расположена между минимальным и максимальным расстояниями, измеренными в радиальном направлении от направленных наружу выпускных отверстий в каждом таком выпускном элементе, при этом указанное минимальное расстояние определено средней точкой между указанными выпускными отверстиями и внутренней стороной первого трубного тела, а указанное максимальное расстояние определено средней точкой между наружной стороной первого трубного тела и внутренней стороной второго трубного тела.

При этом система предназначена для избирательной дистанционной подачи абразивного флюида из указанного источника флюида в гидравлический режущий инструмент. При этом система также предназначена для создания абразивных режущих струй, выходящих с высокой скоростью из указанных выпускных отверстий в каждом выпускном элементе и врезающихся в и прорезающих насквозь трубную стенку первого трубного тела с выполнением по меньшей мере одного сквозного отверстия в трубной стенке. Это также подразумевает, что система предназначена для создания абразивных режущих струй, встречающихся и рассеивающихся в указанной точке пересечения с ослаблением дальнейшей режущей способности режущих струй на втором трубном теле после выполнения указанного сквозного отверстия в трубной стенке первого трубного тела.

В той мере, в которой настоящая система использует гидравлический режущий инструмент в соответствии с первым аспектом изобретения, все вышеприведенные комментарии и конструктивные особенности данного режущего инструмента также применимы и для данной системы.

Указанные первое и второе трубные тела могут состоять, например, из обсадных колонн, хвостовиков, эксплуатационных насосно-компрессорных колонн, нагнетательных колонн и т.п.

Конкретное местоположение (радиальное расстояние от выпускного элемента), выбираемое для общей точки пересечения режущих струй относительно трубной стенки первого трубного тела, определяют на основе существующих требований, условий и окружения, и опционально выполняя предварительные испытания, моделирующие существующие в скважине условия и элементы.

Кроме того, минимальное радиальное расстояние между наружной стороной первого трубного тела и внутренней стороной второго трубного тела можно определить по радиальной толщине трубной соединительной муфты для первого трубного тела. Это может быть важным для определения указанного максимального расстояния от точки пересечения непараллельных направлений выхода по меньшей мере из одного выпускного элемента. Такая трубная соединительная муфта с внутренней резьбой расположена на одном конце трубного тела, в то время как на другом конце трубного тела имеется наружная резьба. Это позволяет свинчивать друг с другом несколько таких трубных тел и соединять друг с другом последовательно, формируя из этих трубных тел трубную колонну. Такие трубные соединительные муфты и такой способ соединения трубных тел широко известны из уровня техники. При расположении трубной колонны из первых трубных тел максимально внецентрово в трубной колонне из вторых трубных тел, радиальная толщина трубной соединительной муфты первого трубного тела определит минимальное радиальное расстояние между первым и вторым трубными телами в скважине. Например, такая трубчатая совокупность может существовать в наклонной или горизонтальной скважине. Радиальная толщина

указанной трубной соединительной муфты может составлять величину порядка 1-2 см для обычно используемых в скважинах трубных тел. В контексте такого внецентрового расположения первого трубного тела толщина указанной трубной соединительной муфты, следовательно, может быть чрезвычайно важной для определения максимального расстояния для точки пересечения.

В соответствии с одним из вариантов осуществления указанная общая точка пересечения может располагаться в месте между указанным минимальным расстоянием и наружной стороной первого трубного тела.

Этим подразумевается, что точка пересечения в первом варианте данного осуществления может располагаться в месте между указанным минимальным расстоянием и внутренней стороной первого трубного тела. Такое местоположение точки пересечения может быть подходящим для прорезания насквозь первого трубного тела, имеющего относительно тонкую трубную стенку, и/или сквозь трубную стенку, выполненную из материала (не из стали), который сравнительно легко прорезается насквозь, например, из алюминия или другого легкого металла или металлического сплава. После того как для режущих струй таким образом будет обеспечена возможность пересечения и столкновения перед соударением с трубной стенкой, способность резания в радиальном направлении у режущих струй будет снижена до их соударения с трубной стенкой. При этом достигается более мягкое и медленное режущее воздействие по сравнению с соответствующим случаем, когда точка пересечения находится внутри трубной стенки или ее наружной стороне. Кроме того, выполненные таким образом в трубной стенке сквозные отверстия имеют тенденцию иметь более или менее постоянное поперечное сечение в трубной стенке, то есть потенциально иметь более или менее цилиндрическую форму. Такая замедленная резка также дает больше времени для управления сквозным резанием в трубной стенке, а также для того, чтобы завершить резку до того, как режущие струи прорежут трубную стенку второго, окружающего первое, трубного тела.

Во втором варианте данного осуществления общая точка пересечения может находиться в трубной стенке первого трубного тела, то есть между внутренней стороной и внешней стороной этого трубного тела. Такое местоположение точки пересечения может быть подходящим для прорезания насквозь первого трубного тела из стали, имеющего, возможно, стандартную толщину трубной стенки. Чем дальше в трубной стенке находится это точка пересечения, тем дальше в трубное тело смогут врезаться абразивные режущие струи с полной силой резания и режущей способностью до того, как столкнутся и ослабятся в точке пересечения. При движении режущих струй к столкновению в точке пересечения, так как они будут направлены по касательной к трубной стенке, они будут отражаться от трубной стенки, эффективно удаляя трубный материал с трубной стенки. После столкновения ослабленные режущие струи образуют турбулентный и/или разнонаправленный поток в ограниченной полости в трубной стенке, поэтому они будут стремиться врезаться в стенки полости вбок и по кругу. Это режущее воздействие и способ резания поэтому могут привести к тому, что выполняемое в трубной стенке сквозное отверстие будет иметь и уменьшающееся в направлении вниз по потоку поперечное сечение, и более или менее коническую форму в точке пересечения в трубной стенке, а затем далее вглубь трубной стенки будет принимать более или менее цилиндрическую форму. Это означает, что отверстие будет иметь тенденцию становиться более коническим, чем глубже в трубной стенке будет расположена указанная точка пересечения. Это также означает, что расположение точки пересечения вблизи внутренней стороны трубной стенки приведет к выполнению более или менее цилиндрического отверстия по всей толщине трубной стенки. Второй вариант осуществления также гарантирует относительно хорошее управление процессом сквозного резания трубной стенки.

Таким образом, общая точка пересечения может быть расположена приблизительно посередине в трубной стенке трубного тела. Результатом такого центрального расположения точки пересечения должно быть эффективное режущее действие режущих струй, при этом отверстие в трубной стенке будет иметь относительно постоянное поперечное сечение по всей глубине стенки.

В другом альтернативном варианте осуществления указанная общая точка пересечения может быть расположена между наружной стороной первого трубного тела и указанным максимальным расстоянием. Такое местоположение точки пересечения может быть подходящим для прорезания насквозь первого трубного тела, выполненного из стали, имеющего, возможно, большую, чем стандартная, толщину трубной стенки. Такое местоположение может быть подходящим, если кольцевое пространство между первым и вторым трубными телами содержит твердые частицы, например цемент, породу и/или осажденные частицы бурового раствора. Так как точка пересечения находится снаружи первого трубного тела, абразивные режущие струи перед тем, как столкнуться и ослабиться в точке пересечения, будут прорезать трубную стенку насквозь при полной режущей силе и полной режущей способности. Такое режущее воздействие главным образом имеет тенденцию к тому, чтобы выполняемое таким образом в трубной стенке сквозное отверстие принимало более или менее коническую форму с уменьшающимся вниз по потоку поперечным сечением. Поэтому такое внешнее расположение точки пересечения обеспечивает режущие струи с очень эффективным режущим воздействием сквозь трубную стенку первого трубного тела. Одновременно столкновение режущих струй в кольцевом пространстве между первым и вторым трубными телами обеспечит достаточное ослабление режущей способности струй в кольцевом пространстве, чтобы

не прорезать или значительно не повредить трубную стенку второго трубного тела, окружающего первое.

В соответствии с третьим аспектом настоящего изобретения обеспечен способ управляемого гидравлического прорезания насквозь трубной стенки расположенного в скважине первого трубного тела изнутри первого трубного тела без прорезания трубной стенки второго трубного тела, расположенного в скважине снаружи и вокруг первого трубного тела.

Отличительной характеристикой способа является то, что он включает в себя следующую комбинацию шагов:

(А) используют гидравлический режущий инструмент в соответствии с первым аспектом изобретения;

(В) соединяют второй конец оправки режущего инструмента и, таким образом, режущий инструмент с нижней частью проточной трубной колонны;

(С) опускают трубную колонну и соединенный с ней режущий инструмент в первое трубное тело до тех пор, пока режущий инструмент не окажется на том продольном участке скважины, где нужно выполнить по меньшей мере одно сквозное отверстие в трубной стенке первого трубного тела;

(D) избирательно активируют по меньшей мере один захватный элемент в крепежной секции режущего инструмента так, чтобы переместить указанный захватный элемент радиально наружу до вхождения в контакт с внутренней стороной первого трубного тела, чтобы таким образом закрепить режущий инструмент в первом трубном теле;

(Е) располагают направленные наружу выпускные отверстия по меньшей мере одного выпускного элемента по меньшей мере в одной режущей секции режущего инструмента на заданном радиальном расстоянии от внутренней стороны первого трубного тела, причем заданное радиальное расстояние выбирают таким образом, чтобы указанная общая точка пересечения для непараллельных направлений выхода из указанного выпускного элемента в режущем положении, находилась бы между минимальным расстоянием и максимальным расстоянием, измеренными в радиальном направлении от направленных наружу выпускных отверстий в каждом таком выпускном элементе, причем указанное минимальное расстояние определено средней точкой между указанными выпускными отверстиями и внутренней стороной первого трубного тела, а указанное максимальное расстояние определено средней точкой между наружной стороной первого трубного тела и внутренней стороной второго трубного тела;

(F) избирательно закачивают абразивный флюид из источника абразивного флюида, сообщаемого по потоку с верхней частью трубной колонны, вниз сквозь трубную колонну и оправку режущего инструмента, чтобы выпускать указанный флюид в виде абразивных режущих струй из указанных выпускных отверстий в указанном выпускном элементе по меньшей мере одной режущей секции в режущем инструменте;

причем указанные абразивные струи, выходящие с высокой скоростью из указанных выпускных отверстий каждого выпускного элемента, врезаются в и прорезают насквозь трубную стенку первого трубного тела, выполняя по меньшей мере одно сквозное отверстие в трубной стенке;

при этом абразивные режущие струи также встречаются и рассеиваются в указанной точке пересечения, что снижает дальнейшую режущую способность режущих струй на втором трубном теле после выполнения указанного сквозного отверстия в трубной стенке первого трубного тела;

(G) прекращают закачивание абразивного флюида после истечения заданного периода времени, соответствующего, по меньшей мере, времени, требующемуся для прорезания по меньшей мере одного сквозного отверстия в трубной стенке первого трубного тела при существующих условиях в скважине;

(H) избирательно деактивируют по меньшей мере один захватный элемент таким образом, чтобы переместить указанный захватный элемент радиально внутрь от первого трубного тела, тем самым выводя режущий инструмент из контакта с первым трубным телом.

При завершении закачивания абразивного флюида на шаге (G), по истечении указанного заданного периода времени, способ обеспечивает очень простой путь, а также простой критерий принятия решения для того, чтобы определить, когда указанные отверстия были прорезаны насквозь в первом трубном теле без одновременного перфорирования или значительного повреждения трубной стенки в окружающем втором трубном теле в скважине. При этом способ также обеспечивает очень простой путь управления глубиной перфорирования в радиальном направлении наружу от режущего инструмента.

Касательно шага (G) способа к указанным существующим в скважине условиям может быть отнесен ряд факторов, таких как давление и температура в месте резания в скважине; угол наклона скважины; состав и свойства используемого для резания абразивного флюида; давление и скорость нагнетания насоса; свойства выпускных отверстий и, возможно, установленных в них сопел выпускного элемента; угол между выпускными отверстиями выпускного элемента; количество выпускных элементов; радиальное расстояние от выпускного элемента до первого трубного тела; местоположение общей точки пересечения режущих струй; а также тип материала и толщина первого трубного тела.

В той мере, в которой данный способ использует гидравлический режущий инструмент в соответствии с первым аспектом изобретения, а также систему в соответствии со вторым аспектом изобретения, все вышеприведенные комментарии и конструктивные особенности данного режущего инструмента и системы также действительны и для способа.

Кроме того, способ может включать в себя на шаге (G) определение заданного периода времени путем по меньшей мере одного предварительного испытания, отражающего существующие в скважине условия. При этом указанный период времени можно определить путем одного или более испытаний, выполняемых на поверхности, в которых моделируют существующие в скважине условия. Альтернативно или дополнительно период времени для выполнения гидравлического резания на более глубоком горизонте скважины можно определить, используя режущий инструмент для прорезания сквозного отверстия в трубной стенке первого трубного тела на неглубоком горизонте скважины, например на спуске в скважину.

Момент времени, когда трубная стенка будет прорезана насквозь (перфорирована) регистрируют, следя за изменением давления в кольцевом пространстве непосредственно снаружи первого трубного тела. Вышеуказанным методом для соответствующего трубного тела можно определить период времени, требующийся для его перфорирования при существующих в скважине условиях. Такая перфорация на неглубоких горизонтах не должна влиять на целостность скважины, если, например, это и, возможно, другие трубные тела в последующем будут извлекаться в процессе тампонирования и ликвидации скважины (P&A). Более того, оба способа определения могут быть полезными для проверки того, что указанный период времени максимально точен для выполнения конкретных режущих работ в скважине.

Кроме того, минимальное радиальное расстояние между наружной стороной первого трубного тела и внутренней стороной второго трубного тела можно определять по радиальной толщине трубной соединительной муфты для первого трубного тела. Как отмечалось в контексте настоящей системы, радиальная толщина указанной трубной соединительной муфты может составлять величину порядка 1-2 см для обычно используемых в скважинах трубных тел. Это может быть важным для определения указанного максимального расстояния для точки пересечения для непараллельных направлений выхода по меньшей мере из одного выпускного элемента, и особенно тогда, когда первое трубное тело во втором трубном теле расположено максимально внецентрово.

В соответствии с одним из осуществлений, данная общая точка пересечения может располагаться между указанным минимальным расстоянием и наружной стороной первого трубного тела.

В первом варианте данного осуществления общая точка пересечения может располагаться между указанным минимальным расстоянием и внутренней стороной первого трубного тела, которое может иметь относительно тонкую трубную стенку, выполненную из отличного от стали материала, который мягче. При этом, как уже было указано, достигается более мягкое и медленное режущее воздействие, которое также будет иметь тенденцию к выполнению отверстия, по существу, с постоянным поперечным сечением по всей толщине трубной стенки первого трубного тела и с потенциально цилиндрической формой.

Во втором варианте данного осуществления общая точка пересечения может находиться в трубной стенке первого трубного тела, которое может быть стандартным стальным трубным телом. При этом, как уже было отмечено, можно достичь относительно эффективного удаления трубного материала из трубной стенки одновременно с тем, что сквозное отверстие в трубной стенке сможет принимать коническую и/или цилиндрическую форму. Этот второй вариант осуществления также гарантирует относительно хорошую управляемость процессом прорезания насквозь трубной стенки первого трубного тела.

Таким образом, общая точка пересечения может быть расположена приблизительно посередине в трубной стенке первого трубного тела. Как уже было указано, результатом такого центрального расположения точки пересечения может быть эффективное режущее воздействие режущих струй, при этом отверстие в трубной стенке будет иметь относительно постоянное поперечное сечение по всей глубине стенки.

В другом альтернативном варианте осуществления указанная общая точка пересечения может быть расположена между наружной стороной первого трубного тела и указанным максимальным расстоянием. При этом, как уже было сказано, может быть достигнуто очень эффективное прорезающее воздействие на трубную стенку первого трубного тела, которое, возможно, может иметь относительно толстую трубную стенку из стали. Такое местоположение может быть подходящим, если кольцевое пространство между первым и вторым трубными телами содержит твердые частицы, например цемент, породу и/или осажденные частицы бурового раствора.

Кроме того, внутренний проходной канал в указанной оправке может проходить от первого конца до второго конца оправки, при этом оправка будет иметь сквозной проход;

причем оправка содержит по меньшей мере одно средство перекрытия потока, предназначенное для избирательной активации и закрытия проходного канала;

причем указанное средство перекрытия потока расположено между по меньшей мере одним выпускным элементом и первым концом оправки;

причем способ также содержит

спуск на шаге (C) трубной колонны и соединенного с ней режущего инструмента в первое трубное тело с внутренним проходным каналом, открытым для сквозного прохода; и

избирательные активацию и закрытие перед шагом (F) внутреннего проходного канала с помощью средства перекрытия потока.

Таким образом, и как было отмечено, режущий инструмент можно опускать в находящееся в скважине первое трубное тело с обеспечением возможности протекания флюида в трубном теле по внутреннему проходному каналу. Это гарантирует, что режущий инструмент можно опускать в скважину без какого-либо значительного сопротивления со стороны флюида в трубном теле.

В соответствии с одним из вариантов осуществления по меньшей мере один выпускной элемент может быть выполнен стационарным. Это подразумевает, как было отмечено, при отцентрованном положении режущего инструмента в трубном теле, что направленные наружу выпускные отверстия выпускного элемента будут расположены на определенном радиальном расстоянии от внутренней стороны трубного тела, что также определяет местоположение общей точки пересечения режущих струй для одного или более выпускных элементов в режущем инструменте.

В соответствии с другим альтернативным вариантом осуществления по меньшей мере один выпускной элемент выполнен радиально-подвижным;

причем способ содержит на шаге (E) избирательное перемещение выпускного элемента до тех пор, пока он не займет положение на указанном заданном радиальном расстоянии от первого трубного тела.

Помимо прочего, это может быть полезным для удерживания указанного выпускного элемента в убранном и безопасном положении при вставлении режущего инструмента в трубное тело. Здесь делается ссылка на вышеприведенное рассмотрение режущего инструмента для дополнительных подробностей, относящихся к такому радиально-подвижному выпускному элементу и принципу его работы.

Кроме того, по меньшей мере одна режущая секция в режущем инструменте может содержать узел по меньшей мере из двух выпускных элементов, распределенных вокруг режущей секции. Используя это, на шагах (F) и (G) способа выполняют по меньшей мере два соответствующих сквозных отверстия в трубной стенке первого трубного тела.

Таким образом, по меньшей мере одна режущая секция может содержать узел из нескольких выпускных элементов, распределенных вокруг режущей секции в заданном порядке расположения. Используя это, на шагах (F) и (G) способа выполняют соответствующим образом расположенные сквозные отверстия в трубной стенке первого трубного тела.

Кроме того, оправка режущего инструмента может содержать по меньшей мере две режущие секции, расположенные последовательно вдоль оправки;

причем между соседними режущими секциями, расположенными вдоль оправки, находится средство перекрытия потока; и

причем способ содержит перед шагом (F) избирательные активацию и закрытие указанного проходного канала между такими соседними режущими секциями с использованием для этого соответствующего средства перекрытия потока, которое позволяет индивидуально активировать последовательные режущие секции вдоль оправки.

Также в этом контексте сделана ссылка на вышеприведенное рассмотрение режущего инструмента, где раскрыты подробности его конструкции и принцип работы.

Кроме того, абразивный флюид может включать в себя буровой раствор с примесью абразивных частиц, при этом трубные стенки первого трубного тела и второго трубного тела выполнены из стали;

причем способ содержит на шаге (F) закачивание абразивного флюида с расходом, обеспечивающим создание абразивных режущих струй, выходящих из указанных выпускных отверстий в по меньшей мере одном выпускном элементе с выходной скоростью порядка 90-140 м/с.

Эти выходные скорости получены эмпирическим путем по результатам серии испытаний, в которых для выполнения сквозных отверстий в трубных стенках, выполненных из стали, использовали абразивный буровой раствор.

В этом контексте абразивный флюид можно закачивать с расходом, обеспечивающим создание абразивных режущих струй со скоростью потока после столкновения режущих струй в указанной общей точке пересечения, составляющей менее 75 м/с. При такой скорости потока неблагоприятное воздействие на окружающее второе трубное тело будет минимальным или будет отсутствовать. По результатам вышеуказанных испытаний был сделан вывод о том, что предпочтительной скоростью потока (после столкновения режущих струй) является скорость потока порядка 55-75 м/с.

По завершении гидравлической резки и после шага (H) способ также может содержать следующие шаги:

(I) закачивают промывочный флюид вниз в первое трубное тело на указанный продольный участок скважины, где в трубной стенке первого трубного тела было выполнено по меньшей мере одно сквозное отверстие;

(J) промывают посредством промывочного флюида первое трубное тело, а также кольцевое пространство, расположенное между первым трубным телом и вторым трубным телом, по меньшей мере через одно отверстие в пределах, по меньшей мере, указанного продольного участка скважины.

Таким образом очищают и первое трубное тело, и указанное кольцевое пространство вдоль, по меньшей мере, указанного продольного участка скважины.

Альтернативно или дополнительно способ может содержать после шага (H) следующие шаги:

(K) закачивают флюидизированный тампонажный материал вниз в первое трубное тело на указан-

ный продольный участок скважины, где в трубной стенке первого трубного тела было выполнено по меньшей мере одно сквозное отверстие;

(L) помещают флюидизированный тампонажный материал первое трубное тело, а также и в кольцевое пространство, расположенное между первым трубным телом и вторым трубным телом, по меньшей мере через одно отверстие в пределах, по меньшей мере, указанного продольного участка скважины.

Тем самым закупоривают и первое трубное тело, и указанное кольцевое пространство вдоль, по меньшей мере, указанного продольного участка скважины.

Таким образом, в первом трубном теле в указанном кольцевом пространстве может быть выполнена пробка. Флюидизированный тампонажный материал может быть выполнен в виде цементного раствора, представляющего собой наиболее часто используемый для выполнения пробки в скважине тампонажный материал. В качестве отличающейся от обычно применяемого материала альтернативы флюидизированный тампонажный материал может содержать флюидизированную массу из частиц, раскрытую в WO 01/25594 A1 и в 02/081861 A1.

Кроме того, такая скважинная пробка может быть установлена с помощью способа и промывочного инструмента, представленного и раскрытого в заявке на патент Норвегии № 20111641 "Способ для совмещенной очистки и установки пробки в скважине, моечный инструмент для направленной мойки, а также использование моечного инструмента" (Method for combined cleaning and plugging in a well, a washing tool for directional washing, and also use of the washing tool). Документ № 20111641 соответствует международной публикации WO 2012/096580 A1, а способ и промывочный инструмент представлены на рынке под названием HydraWash™.

Такая скважинная пробка также может быть установлена с помощью способа и смывочного инструмента, представленного и раскрытого в заявке на патент Норвегии № 20120277 "Способ для совмещенной очистки и установки пробки в скважине, смывочный инструмент для смывки в скважине" (Method for combined cleaning and plugging in a well, and also a flushing tool for flushing in a well). Документ № 20120277 соответствует международной публикации WO 2013/133719 A1, а способ и смывочный инструмент представлены на рынке под названием HydraNemera™ или просто Nemera™.

В соответствии с четвертым аспектом изобретения обеспечено применение гидравлического режущего инструмента в соответствии с первым аспектом изобретения для гидравлического прорезания насквозь трубной стенки трубного тела с выполнением при этом по меньшей мере одного сквозного отверстия в трубной стенке.

В соответствии с пятым аспектом изобретения обеспечено применение системы в соответствии со вторым аспектом изобретения для управляемого гидравлического прорезания насквозь трубной стенки первого трубного тела в скважине и без прорезания насквозь трубной стенки второго трубного тела, расположенного в скважине снаружи и вокруг первого трубного тела, с выполнением при этом по меньшей мере одного сквозного отверстия в трубной стенке первого трубного тела.

Краткое описание чертежей

Далее по тексту раскрываются неограничивающие примеры вариантов осуществления настоящего способа.

На фиг 1-7 показан вариант осуществления первого гидравлического режущего инструмента в соответствии с изобретением, помещенного в нефтяную скважину и оснащенного стационарными и сменными выпускными элементами, расположенными только в одной продольной режущей секции режущего инструмента.

На фиг. 8-16 показан вариант осуществления второго гидравлического режущего инструмента в соответствии с изобретением, помещенного в нефтяную скважину и оснащенного радиально-подвижными и сменными выпускными элементами, расположенными в двух последовательных продольных режущих секциях режущего инструмента.

На указанных фигурах чертежей, в частности, изображено следующее:

на фиг. 1 показан вид спереди в частичном разрезе первого гидравлического режущего инструмента, расположенного в месте резания в первой обсадной трубе, окруженной в указанной нефтяной скважине второй, большей обсадной трубой, причем первый режущий инструмент содержит верхнюю режущую секцию и нижнюю крепезную секцию;

на фиг. 2 показан увеличенный фрагмент фиг. 1, показывающий несколько стационарных и сменных выпускных элементов на виде снаружи указанной режущей секции, причем на фигуре также показана линия IV-IV вертикального разреза;

на фиг. 3 показан увеличенный фрагмент показанного на фиг. 2 стационарного выпускного элемента на виде изнутри указанной режущей секции, причем на фигуре также показана линия IV-IV вертикального разреза;

на фиг. 4 показан увеличенный разрез по IV-IV стационарного выпускного элемента, показанного на фиг. 2 и 3, причем на данной фигуре также показан выпускной элемент в процессе гидравлического прорезания насквозь трубной стенки первой обсадной трубы;

на фиг. 5 показан вид спереди в частичном разрезе первого гидравлического режущего инструмента

в процессе прорезания насквозь трубной стенки первой обсадной трубы в указанном месте резания в скважине, причем режущий инструмент показан закрепленным в первой обсадной трубе посредством указанной нижней крепежной секции, причем на данной фигуре также показан горизонтальный разрез по VI-VI;

на фиг. 6 показан увеличенный вид сверху в разрезе, если смотреть вдоль линии VI-VI разреза, показанной на фиг. 5, причем на данной фигуре также показана линия VII-VII вертикального разреза;

на фиг. 7 показан увеличенный вид спереди в разрезе, если смотреть вдоль линии VI-VI разреза, показанной на фиг. 6, причем на фигуре показано движение потока абразивного флюида через несколько стационарных выпускных элементов в процессе гидравлического прорезания насквозь трубной стенки первой обсадной трубы;

на фиг. 8 показан вид спереди в частичном разрезе указанного второго гидравлического режущего инструмента, расположенного в месте резания в первой обсадной трубе, причем второй режущий инструмент содержит верхнюю крепежную секцию и две находящиеся ниже нее режущие секции, то есть первую (нижнюю) режущую секцию и вторую (верхнюю) режущую секцию;

на фиг. 9 показан увеличенный фрагмент фиг. 8, показывающий несколько радиально подвижных и сменных выпускных элементов, если смотреть снаружи такой режущей секции, причем на фигуре также показана линия XI-XI вертикального разреза;

на фиг. 10 показан увеличенный фрагмент радиально подвижного выпускного элемента в соответствии с фиг. 9, если смотреть изнутри указанной режущей секции, причем на фигуре также показана указанная линия XI-XI вертикального разреза;

на фиг. 11 показан увеличенный разрез через радиально подвижный выпускной элемент, если смотреть вдоль линии XI-XI разреза, показанной на фиг. 9 и 10, причем на фигуре выпускной элемент находится в убранном исходном положении в такой режущей секции;

на фиг. 12 показанный на фиг. 11 радиально подвижный выпускной элемент показан в радиально выдвинутом режущем положении в процессе гидравлической резки через трубную стенку в первой обсадной трубе;

на фиг. 13 на виде спереди в частичном разрезе показан второй гидравлический режущий инструмент в процессе гидравлической резки через трубную стенку первой обсадной трубы в указанном месте резания, причем резку выполняют посредством первой (нижней) режущей секции в режущем инструменте, при этом режущий инструмент показан закрепленным в первой обсадной трубе с помощью указанной верхней крепежной секции;

на фиг. 14 показан режущий инструмент в соответствии с фиг. 13 после замены указанной первой (нижней) режущей секции на вторую (верхнюю) режущую секцию в режущем инструменте, после чего резку выполняют посредством второй режущей секции в другом месте резания в скважине;

на фиг. 15 показан вид спереди в частичном разрезе указанной второй режущей секции перед ее активацией и заменой первой режущей секции в режущем инструменте, причем радиально подвижные выпускные элементы показаны в убранном исходном положении тогда, когда одновременно внутренняя втулка не допускает поток абразивного флюида к выпускным элементам во второй (верхней) режущей секции, причем на фигуре также показан поток флюида сквозь указанную втулку и далее на первую (нижнюю) режущую секцию;

на фиг. 16 показана вторая (верхняя) режущая секция в соответствии с фиг. 15 после активации и смещения указанной внутренней втулки вниз до герметизирующего прижатия к кольцеобразному принимающему седлу в режущем инструменте, при этом первая режущая секция будет изолироваться при одновременном пути открытия проходов для потока флюида между втулкой и радиально-подвижными выпускными элементами во второй режущей секции, причем на фигуре также показаны вышеуказанные выпускные элементы в их радиально выдвинутых режущих положениях в процессе гидравлического прорезания насквозь трубной стенки первой обсадной трубы.

Чертежи являются схематическими и просто показывают элементы, детали и оборудование, имеющие существенное значение для понимания изобретения. Кроме того, на чертежах не соблюдаются относительные размеры элементов и деталей, изображенных на них. Чертежи также представлены несколько упрощенными в отношении геометрической формы и детализации показанных элементов и деталей. Здесь и далее по тексту ссылки на одинаковые, эквивалентные или соответствующие друг другу детали будут осуществляться существенно одинаковыми номерами позиций.

Осуществление изобретения

На фиг. 1 показана часть нефтяной скважины 2, выполненной бурением ствола 4 вниз через подземные породы 6, после чего в скважине 2 были закреплены первая обсадная труба 8 и вторая обсадная труба 10. Вторая обсадная труба 10 включает в себе первую обсадную трубу 8 и прикреплена к подземным породам 6 посредством цемента 12, помещенного во второе кольцевое пространство 14, расположенное между обсадной трубой 10 и породой 6. Первая и меньшая обсадная труба 8 была надлежащим образом закреплена глубже в скважине 2 (не показано на чертеже). Между наружной стороной 16 первой обсадной трубы 8 и внутренней стороной 18 второй обсадной трубы расположено первое кольцевое пространство 20, содержащее надлежащий скважинный флюид 22, например буровой раствор, возможно,

содержащий остатки цемента (не показан) из более глубокого участка кольцевого пространства 20. Первая обсадная труба 8 также заполнена таким скважинным флюидом 22, например буровым раствором (но без остатков цемента).

На фиг. 1 также показан первый гидравлический режущий инструмент 24 в соответствии с изобретением, расположенный в первой обсадной трубе 8 на месте резания в скважине 2. Задача режущего инструмента 24 состоит в выполнении управляемого гидравлического прорезания нескольких последовательных отверстий (перфораций) вдоль продольного участка скважины 2 и сквозь трубную стенку 26 первой обсадной трубы 8 без одновременного прорезания трубной стенки 28 окружающей второй обсадной трубы 10. На иллюстрации первый режущий инструмент 24 показан также соединенным с нижним концом походной трубной колонны 30, доходящей до поверхности скважины 2 для дистанционной подачи абразивного флюида 32 (не показан на фиг. 1) от расположенного на поверхности источника (не показан) абразивного флюида.

Первый режущий инструмент 24 содержит оправку 34, имеющую первый (нижний) конец 36 и второй (верхний) конец 38, а также внутренний проходной канал в виде центрального трубного отверстия 40, проходящего от первого конца 36 до второго конца 38 оправки 34. То есть конструкция оправки 34 сквозная. Также на первом конце 36 расположено кольцеобразное принимающее седло 42, образующее сквозное отверстие и расположенное вокруг трубного канала 40 в оправке 34. Таким образом, можно пропускать поток сквозь режущий инструмент 24 при его вставлении в скважину 2 и закрывать трубный канал 40 перед активацией режущего инструмента 24 и началом вышеуказанной гидравлической резки. Трубный канал 40 закрывают, бросая вниз с поверхности соответствующую заглушку, здесь шар 44 (см. фиг. 5), чтобы она прошла через трубную колонну 30 и трубный канал 40 и герметично села в предназначенное для этого принимающее седло 42, обсуждение которого см. выше.

Первый режущий инструмент 24 также содержит нижнюю крепежную секцию 46, снабженную гидравлически приводимыми в действие и радиально подвижными скользящими сегментами 48 (имеющими наружные зубья), распределенными по окружности крепежной секции 46. На фиг. 1 скользящие сегменты 48 показаны в убранном исходном положении, а на фиг. 5 скользящие сегменты 48 показаны после активации и в радиально выдвинутом закрепляющем положении, в котором они в качестве креплений прижимаются к внутренней стороне 50 первой обсадной трубы 8. В данном варианте осуществления скользящие сегменты 48 активируют и выдвигают радиально наружу при подаче указанного абразивного флюида 32 в крепежную секцию 46 под определенным активирующим давлением P1, например на 35 бар выше гидростатического давления на существующей глубине резания в скважине 2. После вхождения в контакт с внутренней стороной 50 обсадной трубы 8 трубную колонну 30 и режущий инструмент 24 тянут вверх, используя определенную тяговую силу, обеспечивающую через устройство передачи механической силы (не показано) в крепежной секции фиксированное прижатие скользящих сегментов 48 к внутренней стороне первой обсадной трубы 8. Это устройство передачи механической силы представляет собой хорошо известную технологию и поэтому подробно здесь обсуждаться не будет. С помощью данного устройства передачи механической силы скользящие сегменты 48 также могут быть выведены из контакта с внутренней стороной первой обсадной трубы 8, если сначала стравить указанное активирующее давление P1, а затем толкнуть трубную колонну 30 и режущий инструмент 24 вниз, используя определенную толкающую силу, обеспечивающую вталкивание скользящих сегментов 48 радиально внутрь в исходное положение в крепежной секции 46. Таким образом, режущий инструмент попеременно можно закреплять и высвобождать в обсадной трубе 8. При этом режущий инструмент 24 можно также перемещать внутри обсадной трубы 8 и выполнять гидравлическую резку в нескольких разных местах (продольных участках) скважины 2.

Кроме того и в данном варианте осуществления, первый режущий инструмент 24 содержит только одну верхнюю режущую секцию 52, оснащенную несколькими стационарными и сменными выпускными элементами 54, распределенными по заданной схеме расположения вокруг режущей секции 52. В процессе гидравлической резки выпускные элементы 54 будут создавать заданную схему сквозных отверстий 56 в трубной стенке 26 первой обсадной трубы 8 (см. фиг. 5). Вдоль режущей секции 52 трубная стенка 58 оправки 34 утолщена таким образом, чтобы обеспечивалось достаточное место для внедрения выпускных элементов 54 в трубную стенку 58. В данном осуществлении верхняя и нижняя части режущей секции 52 снабжены внешними стабилизаторами 60 (или аналогичными центрирующими устройствами) для расположения оправки 34 максимально по центру обсадной трубы 8. Этим будет обеспечено удержание всех выпускных элементов 54 на максимально достижимом равном радиальном расстоянии от внутренней стороны 50 первой обсадной колонны 8 в процессе гидравлического прорезания насквозь ее трубной стенки 26.

Кроме того, на фиг. 2 показан увеличенный разрез на виде, если смотреть снаружи режущей секции 52, некоторых из стационарных выпускных элементов 54, показанных на фиг. 1. На фиг. 5 показан такой выпускной элемент 54, если смотреть на него изнутри режущей секции, а на фиг. 4 показан увеличенный вид такого выпускного элемента 54 на разрезе по секущим линиям IV-IV, показанным на фиг. 2 и 3, в процессе гидравлического прорезания насквозь трубной стенки 26 первой обсадной трубы 8. Каждый выпускной элемент 54 также содержит по меньшей мере один надлежащим образом расположенный па-

керный элемент (не показан) для герметизации внутри и/или вокруг выпускного элемента 54. Чтобы не перегружать чертежи избыточными деталями, такие пакерные элементы и возможные другие более подробные детали режущего инструмента 24 на чертежах не показаны. Как было сказано вначале, на чертежах показаны только те компоненты, детали и оборудование, без которых невозможно понять суть изобретения.

На фиг. 2-4 также показано, что каждый стационарный выпускной элемент 54 в данном варианте осуществления выполнен в форме цилиндрического элемента, съемно винченного посредством резьбового соединения 62 в соответствующее сквозное отверстие 64 в трубной стенке 58 оправки 34. Это позволяет при необходимости заменять каждый выпускной элемент 54. У каждого выпускного элемента 54 имеется два ступенчатых канала 66, 68 подачи флюида, соединенных по потоку на стороне выше по потоку с центральным трубным проходом 40 в оправке 34 для подачи абразивного флюида 32, а также соединенных по потоку с соответствующими наклонными выпускными проходами 70, 72, имеющими соответствующие непараллельные направления 70а, 72а выхода, нацеленные в общую точку 74 пересечения, расположенную за пределами выпускного элемента 54. В этом примере и когда режущий инструмент 24 отцентрирован в обсадной трубе 8 с помощью вышеуказанных стабилизаторов 60, точка 74 пересечения для каждого выпускного элемента 54 будет располагаться приблизительно посередине внутри трубной стенки 26 первой обсадной трубы 8, как показано на фиг. 2. Кроме того, каждый выпускной проход 70, 72 снабжен соответствующей цилиндрической и сменной сопловой вставкой 76, 78, съемно винченной в выпускной проход 70, 72 посредством соответствующего резьбового соединения 80, 81. Каждая сопловая вставка 76, 78 имеет соответствующий выход/выпускное отверстие 76а, 78а, выполненное со значительно меньшей площадью поперечного сечения потока, чем площадь поперечного сечения потока в соответствующих каналах 66, 68 подачи флюида (и в выпускных проходах 70, 72). При прокачивании абразивного флюида 32 через выпускной элемент 54 и его сопловые вставки 76, 78, режущие струи 76b, 78b абразивного флюида 32 будут выходить с высокой скоростью через соответствующие выпускные отверстия 76а, 78а в сопловых вставках 76, 78 и затем врезаться в и прорезать насквозь трубную стенку 26 первой обсадной трубы 8. При этом в трубной стенке 26 будет выполняться сквозное отверстие 56. По мере того как струи 76b, 78b абразивного флюида будут встречаться и ослабевать в точке 74 пересечения в трубной стенке 26, последующая резка будет выполняться общей и значительно ослабленной режущей струей 83, которая в конце концов будет выбрасываться и распыляться при существенно более низкой скорости потока в первом кольцевом пространстве 20 между первой и второй обсадными трубами 8, 10. Это предотвращает или ограничивает какое-либо повреждение трубной стенки 28 второй обсадной трубы 10. Такое поведение потока показано на фиг. 4-7, где направление потока абразивного флюида 32 указано направленными вниз по потоку стрелками.

В другом случае абразивный флюид 32 подают при определенном давлении P3 резки, создающем режущие струи 76b, 78b, имеющие достаточно высокую выходную скорость для того, чтобы они могли эффективно прорезать насквозь указанную трубную стенку 28. После столкновения режущих струй в указанной точке 74 пересечения в трубной стенке 26 это давление P3 резки должно быть также подходящим для обеспечения указанной совмещенной и ослабленной режущей струи 83 с такой низкой скоростью потока, которая не позволит перфорировать или существенно повредить трубную стенку 28 второй обсадной трубы 10. Давление P3 резки, считающееся подходящим в данном контексте, может составлять порядка 80-135 бар выше гидростатического давления на существующей глубине резки в скважине 2. Давление P3 резки тем не менее должно быть адаптировано под тип и свойства, особенно под плотность, абразивного флюида 32, используемого в каждом конкретном случае. Закачивание абразивного флюида 32 вниз сквозь трубную колонну 30 и оправку 34 и далее наружу через все выпускные элементы 54 прекращают через заданный период времени, соответствующий, по меньшей мере, времени, требующемуся для прорезания соответствующих сквозных отверстий 56 в трубной стенке 26 первой обсадной трубы 8. В данном случае указанный период времени был определен по результатам предварительных испытаний, в которых моделировали условия, оборудование и материалы, присутствующие в скважине 2.

Кроме того, на фиг. 5-7 показан первый гидравлический режущий инструмент 23 при прокачке через него и его режущие отверстия 56 абразивного флюида сквозь указанную трубную стенку 26. В таком режиме резания, на фиг. 5 также показан вышеуказанный шар 44, находящийся в создающем герметичное уплотнение положении в принимающем седле 42, в то время как указанные скользящие сегменты 48 закреплены на внутренней стороне 50 первой обсадочной трубы 8. На фиг. 6 и 7 показаны различные разрезы через режущий инструмент в соответствии с фиг. 5.

И, наконец, отметим, что каждый выпускной элемент 54 в данном варианте осуществления также содержит сменную вставку (или подушку) 82 из амортизирующего материала, например из эластомерного или подобного ему материала, и эта вставка установлена в зоне 84 разбрызгивания между сопловыми вставками 76, 78. Амортизирующая вставка (или подушка) 82 обеспечивает смягчение ударного и изнашивающего воздействия абразивного флюида 32 на выпускной элемент 54, когда флюид 32 брызги флюида летят назад в сторону выпускного элемента 54 в процессе гидравлической резки первой обсадной трубы 8. Другие незащищенные зоны на оправке 34 или внутри нее, например другие зоны выпускного элемента 54 и, возможно, другие зоны вокруг показанных выпускных элементов 54 и между ними, могут

быть также снабжены аналогичным амортизирующим материалом, предназначенным для недопущения или уменьшения изнашивающего воздействия на эти незащищенные зоны (не показаны на чертежах).

На фиг. 8-16 показан вариант осуществления второго гидравлического режущего инструмента 86 в соответствии с изобретением. На фиг. 6-8 показана та же самая конфигурация скважины, что показана в контексте предыдущего примера осуществления изобретения. Кроме того, второй режущий инструмент 86 имеет некоторое количество компонентов, одинаковых с компонентами вышеописанного режущего инструмента 24. Поэтому здесь и далее по тексту такие компоненты будут обозначаться, по существу, теми же или аналогичными номерами позиций. Второй режущий инструмент 86 также работает в соответствии с теми же принципами гидравлической резки, что и первый режущий инструмент 24. Следовательно, движение потока через режущий инструмент, а также режущее действие абразивного флюида 32 будут, по существу, одинаковыми для обоих режущих инструментов 24, 86.

Кроме того, на фиг. 8 второй режущий инструмент 86 показан соединенным с нижним концом указанной трубной колонны 30 и расположенным в первой обсадочной трубе 8 в месте резки в нефтяной скважине 2. Второй режущий инструмент 86 содержит, как было отмечено, верхнюю крепежную секцию 46' и две нижележащие и последовательные режущие секции, то есть первую (нижнюю) режущую секцию 88 и вторую (верхнюю) режущую секцию 90. Например, вторую режущую секцию 90 можно использовать в качестве замены для первой режущей секции 88, когда изнашиваются выпускные элементы 54 в первой режущей секции 88 или когда нужно использовать выпускные элементы других типов.

В отличие от режущей секции 52, представленной для предыдущего варианта осуществления изобретения, каждая режущая секция 88, 90 в данном варианте осуществления оснащена несколькими радиально-подвижными и сменными выпускными элементами 54', распределенными в заданном порядке расположения вокруг режущей секции 88, 90. В процессе гидравлической резки выпускные элементы 54' в каждой режущей секции 88, 90, таким образом, будут формировать соответствующую заданную схему сквозных отверстий 56' в трубной стенке 26 первой обсадочной трубы 8 (см. фиг. 13 и 14). На практике фактическое количество выпускных элементов 54' в каждой такой режущей секции 88, 90 может быть разным (большим или меньшим), чем количество, показанное схематически на чертежах в соответствии с данным вариантом осуществления изобретения.

Также второй режущий инструмент 86 содержит сквозную оправку 34', имеющую первый (нижний) конец 36', второй (верхний) конец 38', и центральное трубное отверстие 40', расположенное между концами 36', 38'. Вдоль первой режущей секции 88 и второй режущей секции 90 соответствующие трубные стенки 92, 94 оправки 34' утолщены для обеспечения достаточного места для внедрения в соответствующие трубные стенки 92, 94 радиально подвижных выпускных элементов 54'. Кроме того, в данном варианте осуществления на первом конце 38' оправки 34' расположено кольцеобразное принимающее седло 42', имеющее сквозное отверстие. Принимающее седло 42' предназначено для того, чтобы принимать герметично сажающийся в него шар 44', который сбрасывают вниз с поверхности (см. фиг. 13).

То есть принимающее седло 42' имеет то же самое предназначение и принцип работы, что и принимающее седло 42 в первом режущем инструменте 24 (см. фиг. 5).

Кольцеобразное принимающее седло 96, имеющее сквозное отверстие, также расположено в области оправки 34' под выпускными элементами 54' во второй режущей секции 90 и вокруг трубного отверстия 40'. Это отверстие в принимающем седле 42' должно быть обязательно несколько больше отверстия в принимающем седле 42' для того, чтобы через него мог проходить предшествующий шар 44'. Конструкция принимающего седла 96 предназначена для приема аксиально подвижной внутренней втулки 98, расположенной внутри трубного отверстия 40' во второй режущей секции 90. На своем нижнем конце втулка 98 снабжена внутренним кольцеобразным принимающим седлом 100, имеющим сквозное отверстие. Принимающее седло 100 предназначено для того, чтобы принимать герметично сажающийся в него (верхний) шар 104, который сбрасывают с поверхности (см. фиг. 14). Кроме того, отверстие в принимающем седле 100 должно быть несколько больше отверстия в принимающем седле 42' для того, чтобы через него мог проходить предшествующий шар 44'. Поэтому, верхний шар 104 несколько превышает по размерам нижний шар 44'. Более подробно это будет рассмотрено далее по тексту со ссылкой на фиг. 15 и 16.

В данном варианте осуществления изобретения также верхняя часть режущей секции 88 и нижняя часть режущей секции 90 оснащены внешними стабилизаторами 60' (или аналогичными центрирующими устройствами) для обеспечения расположения оправки 34' как можно более по центру обсадочной трубы 8.

Также верхняя крепежная секция 46' оснащена несколькими гидравлически приводимыми в действие и радиально-подвижными скользящими сегментами 48' (имеющими внешние зубья), распределенными вокруг крепежной секции 46'. Скользящие сегменты 48' имеют ту же самую конструкцию и принцип действия, что и скользящие сегменты 48 в первом режущем инструменте 24, и поэтому здесь не раскрываются подробно. После того как скользящие сегменты 48' активируются подачей указанного абразивного флюида 32 при конкретном давлении P1 активации и после того как поток абразивного флюида 32 через трубное отверстие 40' будет перекрыт после того, как шар 104 герметично сядет в принимающее седло 100 в указанной втулке 98, крепежная секция 46' должна обязательно встать над режущими секциями 88, 90. Этим обеспечивается подача флюида в скользящие сегменты 48' независимо от того, какая

из режущих секций 88, 90 используется для гидравлической резки. Таким образом, обеспечивается возможность попеременного закрепления и высвобождения второго режущего инструмента 86, причем режущий инструмент 86 можно перемещать внутри первой обсадной трубы и выполнять гидравлическую резку в нескольких различных местах в скважине 2.

Таким образом, на фиг. 13 и 14 изображена верхняя крепежная секция 46', закрепленная в обсадной трубе 8 в двух различных местах резания в скважине 2. На фиг. 13 гидравлическую резку выполняют посредством первой (нижней) режущей секции 88 в режущем инструменте 86 и после того, как указанный (нижний) шар 44' был герметично посажен в принимающее седло 42'. Однако на фиг. 14 гидравлическую резку выполняют посредством второй (верхней) режущей секции 90 после того, как указанный верхний и больший шар герметично сел в принимающее седло 100 в указанной втулке 98. Движение потока внутри и снаружи второго режущего инструмента 86 показано на фиг. 12-16, на которых направление потока абразивного флюида 32 указано направленными вниз по потоку стрелками.

Далее на фиг. 9 на виде снаружи режущих секций 88, 90 изображен увеличенный частичный разрез некоторых радиально подвижных выпускных элементов 54', изображенных на фиг. 8. На фиг. 10 показан такой выпускной элемент 54' на виде изнутри режущей секции 88, 90, тогда как на фиг. 11 и 12 показан увеличенный вид в разрезе выпускного элемента 54' на виде вдоль секущей линии XI-XI, показанной на фиг. 9 и 10. На фиг. 11 выпускной элемент 54' показан в убранном исходном положении в режущей секции 88, 90, а на фиг. 12 выпускной элемент 54' показан в радиально выдвинутом режущем положении в процессе гидравлической резки через трубную стенку 26 первой обсадной трубы 8. Также здесь каждый выпускной элемент 54' содержит по меньшей мере один надлежащим образом установленный пакерный элемент (не показан) для обеспечения герметизации выпускного элемента 54' изнутри и/или вокруг него. Для того, чтобы не перегружать иллюстрации, таковые пакерные элементы и, возможно, другие и более специфичные детали режущего инструмента 86 на фигурах чертежей не показаны.

На фиг. 9-12 для стационарных и сменных выпускных элементов 54 в соответствии с предыдущим вариантом осуществления показано, что каждый радиально подвижный и сменный выпускной элемент 54' в данном варианте осуществления выполнен в виде цилиндрического тела со ступенчатыми каналами 66', 68' подачи флюида; косыми выпускными проходами 70', 72', имеющими соответствующие непараллельные направления 70a', 72a' выхода, нацеленные в общую точку 74' пересечения, находящуюся за пределами выпускного элемента 54'; цилиндрическими и сменными сопловыми вставками 76', 78', съемно ввинченными в соответствующие выпускные проходы 70', 72' посредством соответствующих резьбовых соединений 80', 81'; а также сменной вставкой (или подушкой) 82' из амортизирующего материала, расположенной в зоне 84' разбрызгивания, находящейся между сопловыми вставками 76', 78'. Каждая сопловая вставка 76', 78' также имеет соответствующий проход/выпускное отверстие 76a', 78a', выполненное со значительно меньшей площадью поперечного сечения, чем у соответствующего канала 66', 68' подачи флюида (и выпускного прохода 70', 72'). При прокачивании абразивного флюида 32 через выпускной элемент 54' и его сопловые вставки 76', 78' режущие струи 76b', 78b' абразивного флюида 32 будут выходить с высокой скоростью через соответствующие выпускные отверстия 76a', 78a' в сопловых вставках 76', 78' и затем врезаться в и прорезать насквозь трубную стенку 26 первой обсадной трубы 8. Совмещенная режущая струя 83' в конце концов попадает в первое кольцевое пространство 20 и распыляется при значительно меньшей скорости потока, как это было изложено для раскрытого выше варианта осуществления изобретения.

При нахождении выпускного элемента 54' в убранном исходном положении, как показано на фиг. 11, указанная точка 74' пересечения будет находиться в положении А, находящемся между выпускным элементом 54' и внутренней стороной 50 обсадной трубы 8. Тем не менее, при нахождении выпускного элемента 54' в своем радиально выдвинутом режущем положении, как показано на фиг. 12, точка 74' пересечения (в данном варианте осуществления) будет располагаться в положении В, находящемся приблизительно посередине в трубной стенке 26 обсадной трубы 8. Положения А и В для нескольких выпускных элементов 54' также показаны на фиг. 15.

Кроме того, каждый радиально подвижный выпускной элемент 54' выполнен как поршень, находящаяся выше по потоку, часть которого составляет чувствительную к давлению поршневую поверхность 106. Выпускной элемент 54' расположен в ступенчатом проходе 108, проходящем сквозь трубную стенку 92, 94 оправки 34'. На его находящемся выше по потоку конце выпускной элемент 54' снабжен кольцеобразным воротником 110, который при нахождении в указанном исходном положении упирается в кольцеобразную первую полку 112, выполненную в трубной стенке 92, 94 в находящейся выше по потоку части ступенчатого прохода 108. Кроме того, кольцеобразная вторая полка 114 выполнена в трубной стенке 92, 94 в находящейся ниже по потоку части прохода 108. В этой находящейся ниже по потоку части проход 108 также снабжен втулочным кольцом 116, съемно ввинчиваемым посредством резьбового соединения 118 в отверстие 108 и упирающимся в указанную вторую полку 114. Вывинтив и удалив втулочное кольцо 116, при необходимости можно произвести замену выпускного элемента 54'. Воротник 110 выпускного элемента 54' расположен с возможностью скольжения и радиального перемещения относительно гладкой части 120 ступенчатого прохода 108 и вдоль него. Данная гладкая часть 120 расположена между указанной первой полкой 112 и втулочным кольцом 116 и задает собой, вместе с наружной

стороной 122 выпускного элемента 54', внутреннее кольцевое пространство 124. Дополнительно наружная сторона 122 выпускного элемента 54' расположена с возможностью скольжения и радиального перемещения относительно гладкой наружной стороны 126 втулочного кольца 116 и вдоль нее. То есть выпускной элемент 54' можно перемещать вперед и назад в радиальном направлении между убранном исходным положением (см. фиг. 11 и 15) и радиально выдвинутым режущим положением (см. фиг. 12 и 16). Для того чтобы позволить каждому выпускному элементу 54' перемещаться из своего режущего положения обратно в свое исходное положение, выпускной элемент 54' также оснащен внешней винтовой пружиной 128, обладающей соответствующими упругими свойствами. Винтовая пружина 128 расположена в указанном внутреннем кольцевом пространстве 124, находящемся между первой полкой 112 и втулочным кольцом 116.

Для того чтобы можно было активировать и перемещать выпускной элемент 54' радиально наружу, на указанную поршневую поверхность 106 (на выпускном элементе 54') нужно подать абразивный флюид 32 под определенным активационным давлением P2, преодолевающим упругое сопротивление винтовой пружины 128. Однако это активационное давление P2 должно быть выше активационного давления P1 для указанных скользящих сегментов 48' в крепежной секции 46' и ниже давления P3 для гидравлической резки. Поэтому это активационное давление P2 должно составлять порядка 60-70 бар выше гидростатического давления на существующей глубине резания в скважине 2. При подаче на поршневую поверхность 106 этого активирующего движение давления P2 флюида воротник 110 выпускного элемента 54' движется радиально наружу и сжимает винтовую пружину 114 относительно втулочного кольца 116, как показано на фиг. 12 и 16. В этом положении винтовая пружина 128 сжата относительно втулочного кольца 116. После этого давление флюида может быть повышено до указанного давления P3 резания (например, 80-135 бар), что запускает процесс гидравлического прорезания насквозь трубной стенки 26 первой обсадной трубы 8. После завершения гидравлической резки и снижения давления флюида до значения ниже указанного активационного давления P2 винтовая пружина 128 будет разжиматься и обеспечит возвращение выпускного элемента 54' в его исходное положение в трубной стенке 92, 94 оправки 34'. Такой порядок действий действителен для всех выпускных элементов 54' в конкретной одной из режущих секций 88, 90, которая активна в настоящий момент.

В данном осуществлении каждый радиально подвижный выпускной элемент 54' также снабжен двумя дистанционирующими элементами 130, 132 определенной длины, отходящими радиально наружу от каждого выпускного элемента 54' и расположенными диаметрально противоположно друг другу на наружной стороне выпускного элемента 54' (см. фиг. 9). Дистанционирующие элементы 130, 132 предназначены для удерживания проходов/выпускных отверстий 76а', 78а' в указанных сопловых вставках 76', 78' на определенном радиальном расстоянии от внутренней стороны 50 (и трубной стенки 26) первой обсадной трубы 8, когда выпускной элемент 54' находится в своем радиально выдвинутом режущем положении. Кроме того, каждый дистанционирующий элемент 130, 132 съемно соединен с выпускным элементом 54', что позволяет заменять его на другой дистанционирующий элемент в случае его износа или изменения указанной радиальной длины. Наружная поверхность каждого дистанционирующего элемента 130, 132 также может иметь профиль, адаптированный под внутренний трубный изгиб первой обсадной трубы 8. Поэтому дистанционирующие элементы 130, 132 самоцентрируются при упирании в обсадную трубу 8. Использование таких дистанционирующих элементов 130, 132 или аналогичных дистанционирующих устройств может быть особенно полезным в невертикальных скважинах 2, например в наклонных или горизонтальных скважинах. Из-за наклона такой скважины 2 режущий инструмент 86 может принять какое-либо внецентровое положение в первой обсадной трубе 8, даже если режущий инструмент 86 имеет указанные внешние стабилизаторы 60'. В такой ситуации дистанционирующие элементы 130, 132 обеспечат, чтобы, находясь в своем радиально выдвинутом режущем положении, каждый выпускной элемент 54' располагался, по существу, на одинаковом радиальном расстоянии от обсадной трубы 8. Этим будет обеспечена максимально возможная идентичность гидравлического прорезания сквозных отверстий 56' в трубной стенке 26 обсадной трубы 8.

Далее рассматриваются фиг. 15 и 16, на которых иллюстрируется, помимо всего прочего, то, как активируют указанную вторую (верхнюю) режущую секции 90, которая заменяет собой первую (нижнюю) режущую секцию 88, например после износа первой режущей секции 88.

На фиг. 15 показана вторая режущая секция 90 в своем пассивном положении, в то время как первая режущая секция активна и используется для гидравлической резки, как показано на фиг. 13.

Далее на фиг. 16 показана вторая режущая секция 90 в своем активном положении в процессе гидравлической резки, в то время как первая режущая секция 88 закрыта для подачи флюида и расположена в пассивном положении, как показано на фиг. 14.

В отличие от первой режущей секции 88, вторая режущая секция 90 в трубном отверстии 40' содержит указанную аксиально подвижную внутреннюю втулку 98. В данном варианте осуществления втулка 98 содержит нижнюю утолщенную часть 134, герметично упирающуюся в трубное отверстие 40', и в пределах области, лежащей ниже выпускных элементов 54' режущей секции 90. Герметичность обеспечивается уплотнительными кольцами 136, 138, расположенными на наружной стороне втулки 98 и в трубной стенке 94 оправки 34' соответственно, как показано на чертежах. Втулка 98 также содержит

верхнюю зауженную часть 140, снабженную на своем верхнем конце внешним уплотнительным кольцом 142. За счет зауженности этой верхней, зауженной части 140 между ней и трубным отверстием 40' во второй режущей секции 90 находится кольцевое проточное пространство 144.

На фиг. 15 также показан верхний конец втулки 124 и уплотнительное кольцо 142, герметично установленное внутри ступенчатого аксиального прохода 146, выполненного в верхней части трубного отверстия 40' во второй режущей секции 90. При этом нижняя утолщенная часть 134 втулки фиксируется в трубном отверстии 40' срезными штифтами 148, соединяющими втулку 98 с трубной стенкой 94 в режущей секции 90. Срезные штифты 148 расположены ниже выпускных элементов 54' и между указанными уплотнительными кольцами 136, 138. Находясь в этом фиксированном положении втулка 98 не допускает сообщения по потоку между выпускными элементами 54' и трубным отверстием 40' во второй режущей секции 90. За счет этого втулка также герметизирует указанные выпускные элементы 54'. Когда втулка 98 находится в этом фиксированном положении, абразивный флюид 32 можно прокачивать непосредственно через втулку 98 и режущую секцию 90 и далее на первую (нижнюю) режущую секцию 88 для выполнения гидравлической резки посредством выпускных элементов 54' в режущей секции 88, как показано на фиг. 13 и 15.

На фиг. 16 показана втулка 98 после того, как с поверхности был сброшен указанный (верхний) шар 104 и она приняла его, герметично посадив в принимающее седло 100 во втулке 98 во второй режущей секции 90. После последующего повышения давления абразивного флюида 32 до срезания указанных срезных штифтов 148 втулка 98 переместилась внутри трубного отверстия 40' аксиально вниз, отсекая давление своим соединением с указанным кольцеобразным седлом 96 в трубном отверстии 40' под режущей секцией 90. При этом втулка 98 также переместилась внутри трубного отверстия 40' достаточно глубоко для того, чтобы указанное кольцевое проточное пространство 144 распространялось на все выпускные элементы 54' в режущей секции 90, но также и так далеко, чтобы открыть пути потока между указанным аксиальным отверстием 146 и кольцевым проточным пространством 144 в режущей секции 90. В результате абразивный флюид 32 может поступать на эти выпускные элементы 54' и сквозь них и может выполнять гидравлическое прорезание сквозных отверстий 56' в трубной стенке первой обсадной трубы 8.

Наконец, для другого варианта осуществления (не показан) нужно отметить, что втулка 98 может быть выполнена в виде аксиально подвижной втулки постоянного наружного диаметра, простирающейся на выпускные элементы 54' во второй режущей секции 90. После срезания указанных срезных штифтов 148 и аксиального перемещения такой втулки к указанному принимающему седлу 96 ниже режущей секции 90 втулку могут переместить полностью за выпускные элементы 54' в режущей секции 90. При этом эти выпускные элементы 54' войдут в непосредственное сообщение по потоку с трубным отверстием 40' во второй режущей секции 90. Это, однако, требует того, чтобы оправка 34' и трубное отверстие 40' ниже режущей секции 90 имели длину, превышающую ту, которая показана на фиг. 8 и 13-16.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Скважинная система для гидравлического прорезания насквозь трубной стенки (26) первого трубного тела (8), содержащая следующую комбинацию элементов:

первое трубное тело (8), расположенное в скважине (2) и содержащее трубную стенку (26);

второе трубное тело (10), расположенное в скважине (2) и находящееся снаружи и вокруг первого трубного тела (8);

отличающаяся тем, что система также содержит

проточную трубную колонну (30), расположенную внутри первого трубного тела (8) и доходящую до поверхности скважины (2);

источник абразивной жидкости, расположенный на поверхности скважины (2) и сообщающийся по потоку с верхней частью трубной колонны (30);

гидравлический режущий инструмент (24; 86), соединенный с нижней частью трубной колонны (30), для выполнения по меньшей мере одного сквозного отверстия (56; 56') в трубной стенке (26) первого трубного тела (8), при этом трубная колонна (30) выполнена с возможностью дистанционной подачи абразивной жидкости (32) из указанного источника абразивной жидкости в гидравлический режущий инструмент (24; 86), причем гидравлический режущий инструмент (24; 86) содержит оправку (34; 34'), имеющую следующую комбинацию элементов:

первый конец (36; 36');

второй конец (38; 38'), соединенный с указанной нижней частью трубной колонны (30) для дистанционной подачи абразивной жидкости (32) из указанного источника абразивной жидкости;

внутренний проходной канал (40; 40'), сообщающийся по потоку, по меньшей мере, с указанным вторым концом (38; 38');

по меньшей мере одну крепежную секцию (46; 46'), снабженную, каждая, по меньшей мере одним радиально-подвижным захватным элементом (48; 48'), предназначенным для активации и закрепления на внутренней стороне (50) первого трубного тела (8);

по меньшей мере одну режущую секцию (52; 88; 90), имеющую, каждая, направленные наружу выпускные отверстия (76а; 78а; 76а'; 78а'), сообщающиеся по потоку с указанным внутренним проходным каналом (40; 40') для подачи указанной абразивной жидкости (32), причем каждое выпускное отверстие (76а; 78а; 76а'; 78а') выполнено с возможностью создания выходной режущей струи (76b; 78b; 76b'; 78b') абразивной жидкости (32) для прорезания насквозь трубной стенки (26) первого трубного тела (8), причем такая режущая секция (52; 88; 90) также содержит по меньшей мере один выпускной элемент (54; 54'), и каждый такой выпускной элемент (54; 54') содержит по меньшей мере два направленных наружу выпускных отверстия (76а, 78а; 76а'; 78а'), имеющих непараллельные направления (70а, 72а; 70а'; 72а') выхода, нацеленные в общую точку пересечения (74; 74'), расположенную за пределами выпускного элемента (54; 54');

причем указанная общая точка пересечения (74, 74') для непараллельных направлений (70а, 72а; 70а', 72а') выхода по меньшей мере из одного выпускного элемента (54; 54') в режущем инструменте (24; 86) в его режущем положении расположена между минимальным и максимальным расстояниями, измеренными в радиальном направлении от направленных наружу выпускных отверстий (76а, 78а; 76а', 78а') в каждом таком выпускном элементе (54; 54'), при этом указанное минимальное расстояние определено средней точкой между указанными выпускными отверстиями (76а, 78а; 76а', 78а') и внутренней стороной (50) первого трубного тела (8), а указанное максимальное расстояние определено средней точкой между наружной стороной (16) первого трубного тела (8) и внутренней стороной (18) второго трубного тела (10);

причем указанные выпускные отверстия (76а, 78а; 76а', 78а') в каждом выпускном элементе (54, 54') также выполнены с возможностью создания абразивных режущих струй (76b, 78b; 76b', 78b'), которые будут выходить с высокой скоростью, врезаясь в и прорезая насквозь трубную стенку (26) первого трубного тела (8) так, что указанные абразивные режущие струи (76b, 78b; 76b', 78b') встречаются и рассеиваются в указанной точке пересечения (74; 74') с выполнением при этом по меньшей мере одного сквозного отверстия (56; 56') в трубной стенке (26), а также ослаблением дальнейшей режущей способности режущих струй (76b, 78b; 76b', 78b') на втором трубном теле (10) после выполнения указанного сквозного отверстия (56; 56') в трубной стенке (26) первого трубного тела (8).

2. Система по п.1, отличающаяся тем, что минимальное радиальное расстояние между наружной стороной (16) первого трубного тела (8) и внутренней стороной (18) второго трубного тела (10) определено радиальной толщиной трубной соединительной муфты для первого трубного тела (8).

3. Система по п.1, отличающаяся тем, что указанная общая точка (74; 74') пересечения находится между указанным минимальным расстоянием и наружной стороной (16) первого трубного тела (8).

4. Система по п.3, отличающаяся тем, что указанная общая точка (74; 74') пересечения находится между указанным минимальным расстоянием и внутренней стороной (50) первого трубного тела (8).

5. Система по п.3, отличающаяся тем, что указанная общая точка (74; 74') пересечения находится в трубной стенке (26) первого трубного тела (8).

6. Система по п.1 или 2, отличающаяся тем, что указанная общая точка (74; 74') пересечения находится между наружной стороной (16) первого трубного тела (8) и указанным максимальным расстоянием.

7. Система по любому из пп.1-6, отличающаяся тем, что по меньшей мере один выпускной элемент (54; 54') расположен в трубной стенке (58; 92, 94) оправки (34; 34').

8. Система по любому из пп.1-7, отличающаяся тем, что по меньшей мере один выпускной элемент (54; 54') содержит амортизирующий материал (82).

9. Система по любому из пп.1-8, отличающаяся тем, что каждое направленное наружу выпускное отверстие (76а, 78а; 76а', 78а') содержит сопловую вставку (76, 78; 76', 78'), выполненную с возможностью создания указанной выходной режущей струи (76b, 78b; 76b', 78b') абразивной жидкости (32).

10. Система по любому из пп.1-9, отличающаяся тем, что гидравлический режущий инструмент (24; 86) содержит по меньшей мере одно центрирующее устройство, предназначенное для позиционирования оправки (34; 34') по центру в первом трубном теле (8).

11. Система по п.10, отличающаяся тем, что предусмотрен по меньшей мере один радиально подвижный захватный элемент (48; 48') для центрирования оправки (34; 34') в первом трубном теле (8) при нахождении указанного захватного элемента (48; 48') в его радиально выдвинутом закрепляющем положении.

12. Система по п.10 или 11, отличающаяся тем, что указанное центрирующее устройство содержит по меньшей мере один стабилизатор (60; 60'), расположенный на наружной стороне гидравлического режущего инструмента (24; 86), для центрирования оправки (34; 34') в первом трубном теле (8).

13. Система по любому из пп.10-12, отличающаяся тем, что по меньшей мере один выпускной элемент (54) установлен в оправке (34) стационарно.

14. Система по п.13, отличающаяся тем, что по меньшей мере один выпускной элемент (54) установлен в оправке (34) съемно.

15. Система по любому из пп.1-12, отличающаяся тем, что по меньшей мере один выпускной элемент (54') выполнен радиально подвижным для перемещения выпускного элемента (54') между убраным исходным положением и радиально выдвинутым режущим положением.

16. Система по п.15, отличающаяся тем, что по меньшей мере один радиально подвижный выпуск-

ной элемент (54') установлен в оправке (34') съемно.

17. Система по п.16, отличающаяся тем, что указанный радиально подвижный выпускной элемент (54') расположен с возможностью скольжения в окружающей его втулке (116), съемно установленной в оправке (34').

18. Система по любому из пп.15-17, отличающаяся тем, что указанный радиально подвижный выпускной элемент (54') содержит поршневую поверхность (106) для направленного наружу радиального перемещения выпускного элемента (54') при подаче на поршневую поверхность (106) приводящего в движение давления (P2) флюида;

причем выпускной элемент (54') также подпружинен пружиной (128) для направленного внутрь возвратного радиального перемещения выпускного элемента (54') после прекращения подачи на поршневую поверхность (106) приводящего в движение давления (P2) флюида.

19. Система по любому из пп.15-18, отличающаяся тем, что указанный радиально подвижный выпускной элемент (54') содержит дистанционирующее устройство, предназначенное для удерживания направленных наружу выпускных отверстий (76a, 78a; 76a', 78a') в выпускном элементе (54') на определенном радиальном расстоянии от внутренней стороны (50) первого трубного тела (8) при нахождении выпускного элемента (54') в своем радиально выдвинутом режущем положении.

20. Система по п.19, отличающаяся тем, что дистанционирующее устройство содержит по меньшей мере один дистанционирующий элемент (130, 132) определенной длины, отходящий радиально наружу от радиально подвижного выпускного элемента (54').

21. Система по любому из пп.15-20, отличающаяся тем, что гидравлический режущий инструмент (86) содержит по меньшей мере одно ограничивающее движение устройство, предназначенное для ограничения радиального движения выпускного элемента (54') наружу от оправки (34').

22. Система по п.21, отличающаяся тем, что указанное ограничивающее движение устройство содержит по меньшей мере одно стопорное устройство, расположенное в радиально подвижном выпускном элементе (54').

23. Система по любому из пп.1-22, отличающаяся тем, что по меньшей мере одна режущая секция (52; 88, 90) в гидравлическом режущем инструменте (24; 86) содержит узел по меньшей мере из двух выпускных элементов (54; 54'), распределенных вокруг режущей секции (52; 88, 90), при этом каждый выпускной элемент (54; 54') предназначен для выполнения соответствующего сквозного отверстия (56; 56') в трубной стенке (26) первого трубного тела (8).

24. Система по п.23, отличающаяся тем, что по меньшей мере одна режущая секция (52; 88, 90) содержит узел из нескольких выпускных элементов (54; 54'), распределенных в заданном порядке расположения вокруг режущей секции (52; 88, 90), при этом несколько выпускных элементов (54; 54') предназначены для выполнения заданным образом расположенных сквозных отверстий (56; 56') в трубной стенке (26) первого трубного тела (8).

25. Система по любому из пп.1-24, отличающаяся тем, что оправка (34') содержит по меньшей мере две режущие секции (88, 90), расположенные последовательно вдоль оправки (34').

26. Система по п.25, отличающаяся тем, что между соседними режущими секциями (88, 90) вдоль оправки (34') расположено средство перекрытия потока, при этом указанное средство перекрытия потока предназначено для активации и закрытия проходного канала (40') между указанными соседними режущими секциями (88, 90), что позволяет избирательно активировать последовательно расположенные вдоль оправки (34') режущие секции.

27. Система по п.26, отличающаяся тем, что средство перекрытия потока содержит кольцеобразное принимающее седло (96), образующее сквозное отверстие, причем принимающее седло расположено вокруг внутреннего проходного канала (40') в оправке, при этом кольцеобразное принимающее седло (96) предназначено для герметизирующего приема отдельной заглушки (44, 104).

28. Система по любому из пп.1-27, отличающаяся тем, что по меньшей мере одна крепежная секция (46; 46') в гидравлическом режущем инструменте (24; 86) содержит узел по меньшей мере из двух радиально подвижных захватных элементов (48; 48'), расположенных вокруг указанной крепежной секции (46; 46').

29. Система по п.28, отличающаяся тем, что по меньшей мере два радиально подвижных захватных элемента (48, 48') выровнены вдоль общей окружной линии вокруг указанной крепежной секции (46; 46').

30. Система по любому из пп.1-27, отличающаяся тем, что по меньшей мере одна крепежная секция (46; 46') в гидравлическом режущем инструменте (24; 86) содержит радиально подвижный захватный элемент в виде гибкого и расширяемого захватного тела, окружающего указанную крепежную секцию (46; 46').

31. Система по п.29 или 30, отличающаяся тем, что указанная крепежная секция (46; 46') расположена вблизи режущей секции (52; 88, 90), при этом из крепежной секции (46; 46') и режущей секции (52; 88, 90) образован узел.

32. Система по любому из пп.1-31, отличающаяся тем, что по меньшей мере одна крепежная секция (46; 46') в гидравлическом режущем инструменте (24; 86) расположена между по меньшей мере одной режущей секцией (52; 88, 90) и первым концом (36, 36') оправки (34; 34').

33. Система по любому из пп.1-31, отличающаяся тем, что по меньшей мере одна крепежная секция (46; 46') в гидравлическом режущем инструменте (24; 86) расположена между по меньшей мере одной режущей секцией (52; 88, 90) и вторым концом (38; 38') оправки (34; 34').

34. Способ гидравлического прорезания насквозь трубной стенки (26) первого трубного тела (8) в скважине изнутри первого трубного тела (8) без прорезания трубной стенки (28) второго трубного тела (10), расположенного снаружи и вокруг первого трубного тела (8) в скважине, отличающийся тем, что:

(А) для выполнения способа используют скважинную систему по п.1; при этом способ включает в себя следующую комбинацию шагов:

(В) соединяют второй конец (38; 38') оправки (34; 34') гидравлического режущего инструмента (24; 86) с нижней частью проточной трубной колонны (30), располагаемой внутри первого трубного тела (8) и доходящей до поверхности скважины (2), и соединяют по потоку источник абразивной жидкости, расположенный на поверхности скважины (2), с верхней частью трубной колонны (30);

(С) опускают трубную колонну (30) и соединенный с ней гидравлический режущий инструмент (24; 86) в первое трубное тело (8) до тех пор, пока гидравлический режущий инструмент (24;86) не будет расположен на продольном участке скважины (2), где нужно выполнить по меньшей мере одно сквозное отверстие (56; 56') в трубной стенке (26) первого трубного тела (8);

(D) избирательно активируют по меньшей мере один захватный элемент (48; 48') в крепежной секции (46; 46') гидравлического режущего инструмента (24; 86) так, чтобы переместить указанный захватный элемент (48; 48') радиально наружу до вхождения в контакт с внутренней стороной (50) первого трубного тела (8), чтобы таким образом закрепить гидравлический режущий инструмент (24; 86) в первом трубном теле (8);

(Е) располагают направленные наружу выпускные отверстия (76а, 78а; 76а', 78а') по меньшей мере одного выпускного элемента (54; 54') по меньшей мере в одной режущей секции (52; 88, 90) гидравлического режущего инструмента (24; 86) на заданном расстоянии от внутренней стороны (50) первого трубного тела (8), причем заданное радиальное расстояние выбирают таким образом, чтобы указанная общая точка пересечения (74; 74') для непараллельных направлений (70а, 72а; 70а', 72а') выхода из указанного выпускного элемента (54; 54'), находящегося в режущем положении, находилась между минимальным расстоянием и максимальным расстоянием, измеренными в радиальном направлении от направленных наружу выпускных отверстий (76а, 78а; 76а', 78а') в каждом таком выпускном элементе (54; 54'), причем указанное минимальное расстояние определено средней точкой между указанными выпускными отверстиями (76а, 78а; 76а', 78а') и внутренней стороной (50) первого трубного тела (8), а указанное максимальное расстояние определено средней точкой между наружной стороной (16) первого трубного тела (8) и внутренней стороной (18) второго трубного тела (10);

(F) закачивают абразивную жидкость (32) из источника абразивной жидкости вниз сквозь трубную колонну (30) и оправку (34; 34') гидравлического режущего инструмента (24;86), чтобы обеспечивать выход указанного флюида в виде абразивных режущих струй (76b, 78b, 76b', 78b') из указанных выпускных отверстий (76а, 78а; 76а', 78а') в указанном выпускном элементе (54; 54') по меньшей мере в одной режущей секции (52; 88, 90) гидравлического режущего инструмента (24; 86);

при этом указанные абразивные струи (76b, 78b, 76b', 78b'), выходящие с высокой скоростью из указанных выпускных отверстий (76а, 78а; 76а', 78а') в каждом выпускном элементе (54; 54'), будут врезаться в трубную стенку (26) первого трубного тела (8) и прорезать ее насквозь, выполняя таким образом по меньшей мере одно сквозное отверстие (56; 56') в трубной стенке (26);

при этом абразивные режущие струи (76b, 78b, 76b', 78b') также будут встречаться и рассеиваться в указанной точке пересечения (74; 74'), что снижает дальнейшую режущую способность режущих струй (76b, 78b, 76b', 78b') на втором трубном теле (10) после выполнения указанного сквозного отверстия (56; 56') в трубной стенке (26) первого трубного тела (8);

(G) прекращают закачивание абразивной жидкости (32) после истечения заданного периода времени, соответствующего, по меньшей мере, времени, требующемуся для прорезания по меньшей мере одного сквозного отверстия (56; 56') в трубной стенке (26) первого трубного тела (8) при существующих условиях в скважине (2); и

(H) деактивируют по меньшей мере один захватный элемент (48; 48') таким образом, чтобы переместить указанный захватный элемент (48; 48') радиально внутрь от первого трубного тела (8), тем самым выводя гидравлический режущий инструмент (24; 86) из контакта с первым трубным телом (8).

35. Способ по п.34, отличающийся тем, что на шаге (G) заданный период времени определяют путем по меньшей мере одного предварительного испытания, отражающего существующие в скважине (2) условия.

36. Способ по п.34 или 35, отличающийся тем, что включает определение минимального радиального расстояния между наружной стороной (16) первого трубного тела (8) и внутренней стороной (50) второго трубного тела (10) по радиальной толщине трубной соединительной муфты первого трубного тела (8).

37. Способ по п.34 или 35, отличающийся тем, что указанная общая точка (74; 74') пересечения находится между указанным минимальным расстоянием и наружной стороной (16) первого трубного тела (8).

38. Способ по п.37, отличающийся тем, что указанная общая точка (74; 74') пересечения находится между указанным минимальным расстоянием и внутренней стороной (50) первого трубного тела (8).

39. Способ по п.37, отличающийся тем, что указанная общая точка (74; 74') пересечения находится в трубной стенке (26) первого трубного тела (8).

40. Способ по любому из пп.34-36, отличающийся тем, что указанная общая точка (74; 74') пересечения находится между наружной поверхностью (16) первого трубного тела (8) и указанным максимальным расстоянием.

41. Способ по любому из пп.34-40, отличающийся тем, что по меньшей мере один выпускной элемент (54; 54') выполнен стационарным.

42. Способ по любому из пп.34-40, отличающийся тем, что по меньшей мере один выпускной элемент (54; 54') выполнен радиально подвижным; и при этом способ содержит на шаге (E) перемещение выпускного элемента (54; 54') до тех пор, пока он не займет положение на указанном заданном радиальном расстоянии от первого трубного тела (8).

43. Способ по любому из пп.34-42, отличающийся тем, что по меньшей мере одна режущая секция (52; 88, 90) в гидравлическом режущем инструменте (24; 86) содержит узел по меньшей мере из двух выпускных элементов (54; 54'), распределенных вокруг режущей секции (52; 88, 90), за счет чего на шагах (F) и (G) выполняют по меньшей мере два соответствующих сквозных отверстия (56; 56') в трубной стенке (26) первого трубного тела (8).

44. Способ по п.43, отличающийся тем, что по меньшей мере одна режущая секция (52; 88, 90) содержит узел из нескольких выпускных элементов (54; 54'), распределенных в заданном порядке вокруг режущей секции (52; 88, 90), за счет чего на шагах (F) и (G) выполняют соответствующую группу сквозных отверстий (56; 56') в трубной стенке (26) первого трубного тела (8).

45. Способ по любому из пп.34-44, отличающийся тем, что оправка (34; 34') содержит по меньшей мере две режущие секции (52; 88, 90), расположенные последовательно вдоль оправки (34; 34');

причем между соседними режущими секциями (52; 88, 90), находящимися вдоль по длине оправки (34; 34'), расположено средство перекрытия потока;

причем способ содержит перед шагом (F) активирование и закрытие указанного проходного канала (40; 40') между такими соседними режущими секциями (52; 88, 90) посредством соответствующего средства перекрытия потока, обеспечивающего возможность индивидуального активирования последовательных режущих секций (52; 88, 90) вдоль оправки (34; 34').

46. Способ по любому из пп.34-45, отличающийся тем, что абразивная жидкость (32) содержит буровой раствор с примешанными абразивными частицами, при этом трубные стенки (26, 28) первого трубного тела (8) и второго трубного тела (10) выполнены из стали; и

причем способ содержит на шаге (F) прокачивание абразивной жидкости (32) с расходом, обеспечивающим абразивные режущие струи (76b, 78b; 76b', 78b'), выходящие из указанных выпускных отверстий (76a, 78a; 76a', 78a') по меньшей мере в одном выпускном элементе (54; 54') с выходной скоростью порядка 90-140 м/с.

47. Способ по п.46, отличающийся тем, что включает прокачивание абразивной жидкости (32) с расходом, обеспечивающим абразивные режущие струи (76b, 78b; 76b', 78b') со скоростью течения, составляющей менее 75 м/с после столкновения режущих струй (76b, 78b; 76b', 78b') в указанной общей точке (74; 74') пересечения.

48. Способ по п. 47, отличающийся тем, что указанная скорость потока составляет порядка 55-75 м/с.

49. Способ по любому из пп.34-48, отличающийся тем, что он дополнительно содержит после шага (H) следующие шаги:

(I) закачивают промывочный флюид вниз в первое трубное тело (8) на указанный продольный участок скважины (2), где в трубной стенке (26) первого трубного тела (8) было выполнено по меньшей мере одно сквозное отверстие (56; 56');

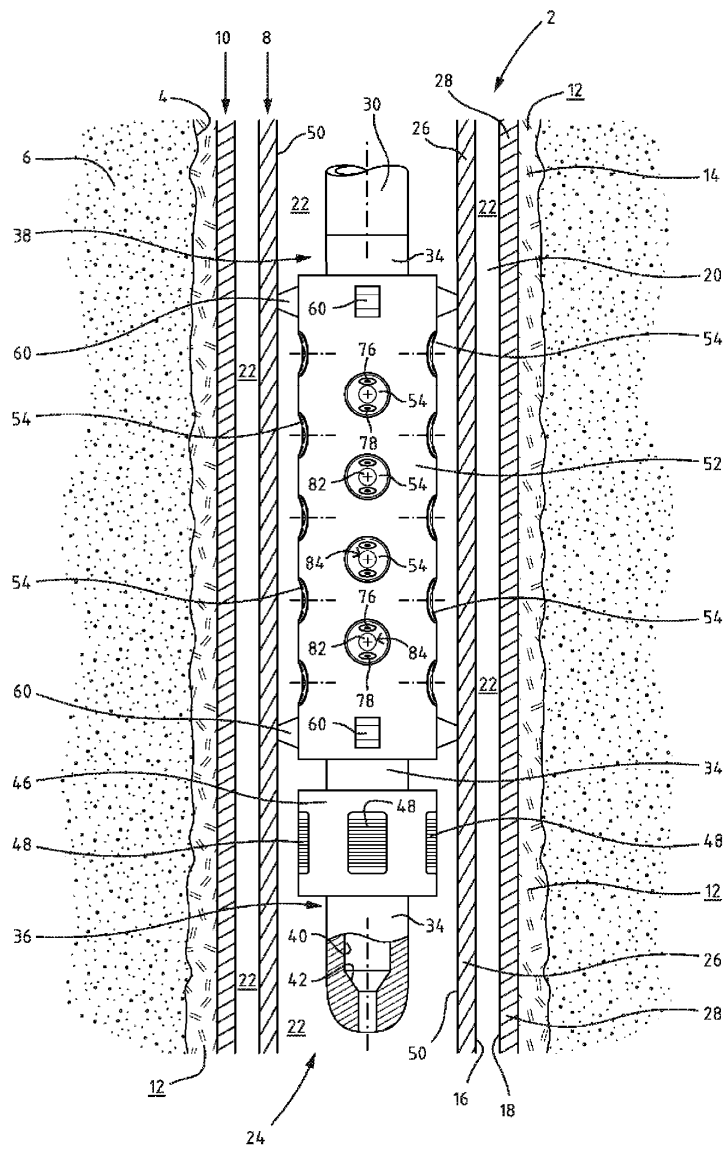
(J) промывают посредством промывочного флюида первое трубное тело (8), а, следовательно, также и кольцевое пространство (20), расположенное между первым трубным телом (8) и вторым трубным телом (10), через по меньшей мере одно отверстие (56; 56') в пределах, по меньшей мере, указанного продольного участка скважины (2), очищая таким образом и первое трубное тело (8), и указанное кольцевое пространство (20) вдоль, по меньшей мере, указанного продольного участка скважины (2).

50. Способ по любому из пп.34-49, отличающийся тем, что он дополнительно содержит после шага (H) следующие шаги:

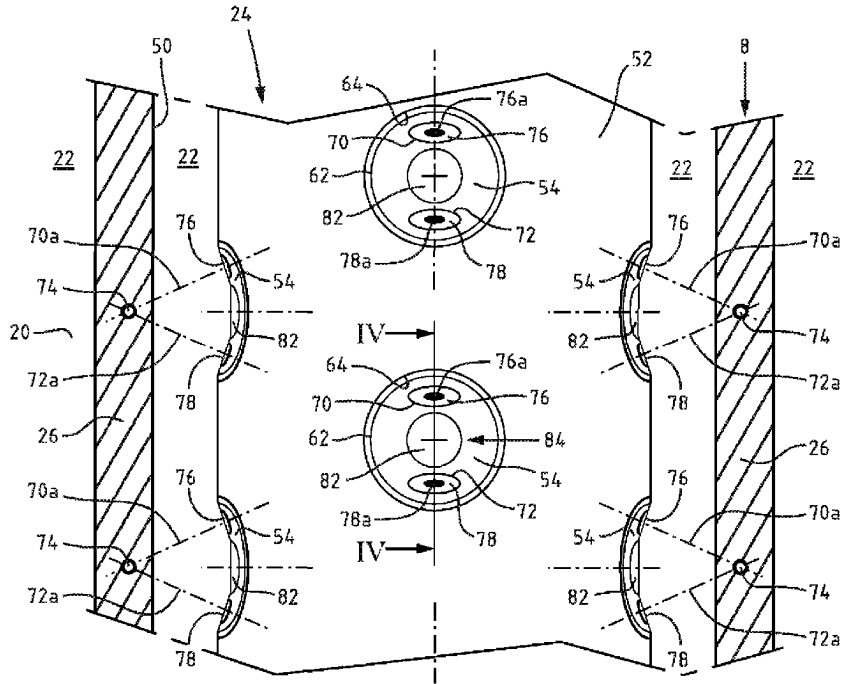
(K) закачивают флюидизированный тампонажный материал вниз в первое трубное тело (8), на указанный продольный участок (2), где в трубной стенке (26) первого трубного тела (8) было выполнено по меньшей мере одно сквозное отверстие (56; 56');

(L) размещают флюидизированный тампонажный материал в первом трубном теле (8), а, следовательно, также и в кольцевое пространство (20), расположенное между первым трубным телом (8) и вторым трубным телом (10) по меньшей мере через одно отверстие (56; 56') в пределах, по меньшей мере, указанного продольного участка скважины (2), закупоривая таким образом и первое трубное тело (8), и указанное кольцевое пространство (20) вдоль, по меньшей мере, указанного продольного участка сква-

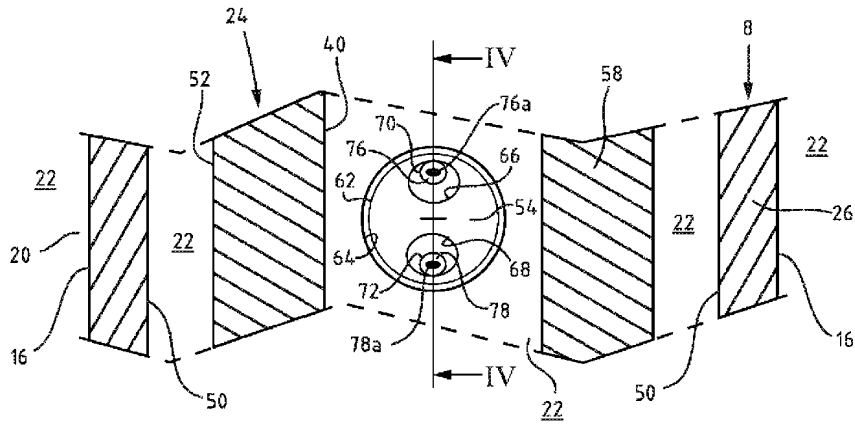
жины (2).



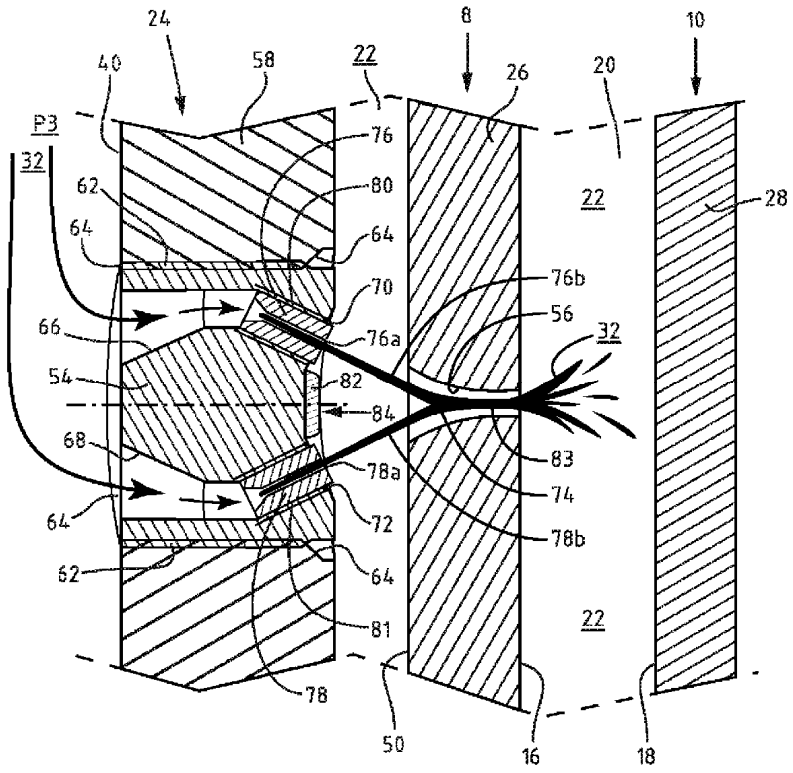
Фиг. 1



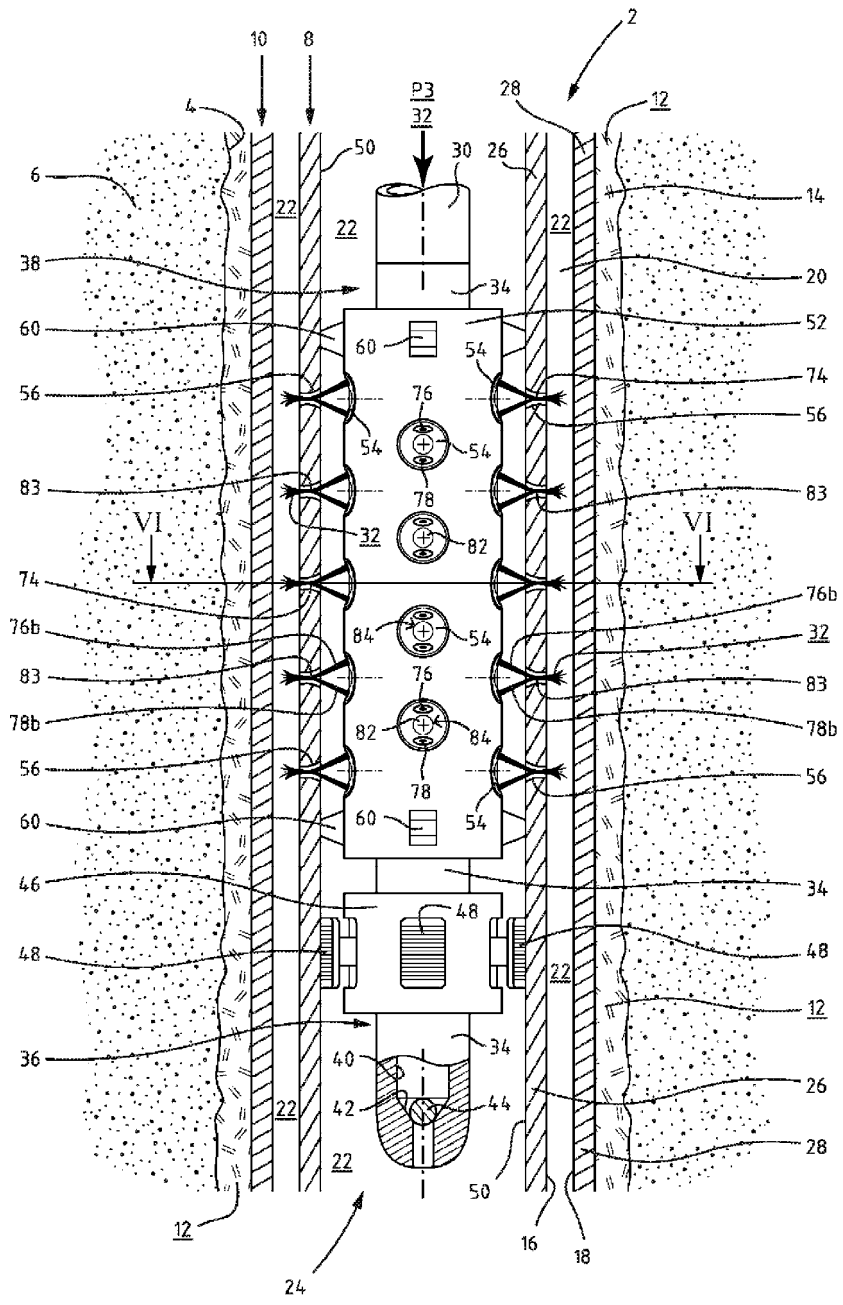
Фиг. 2



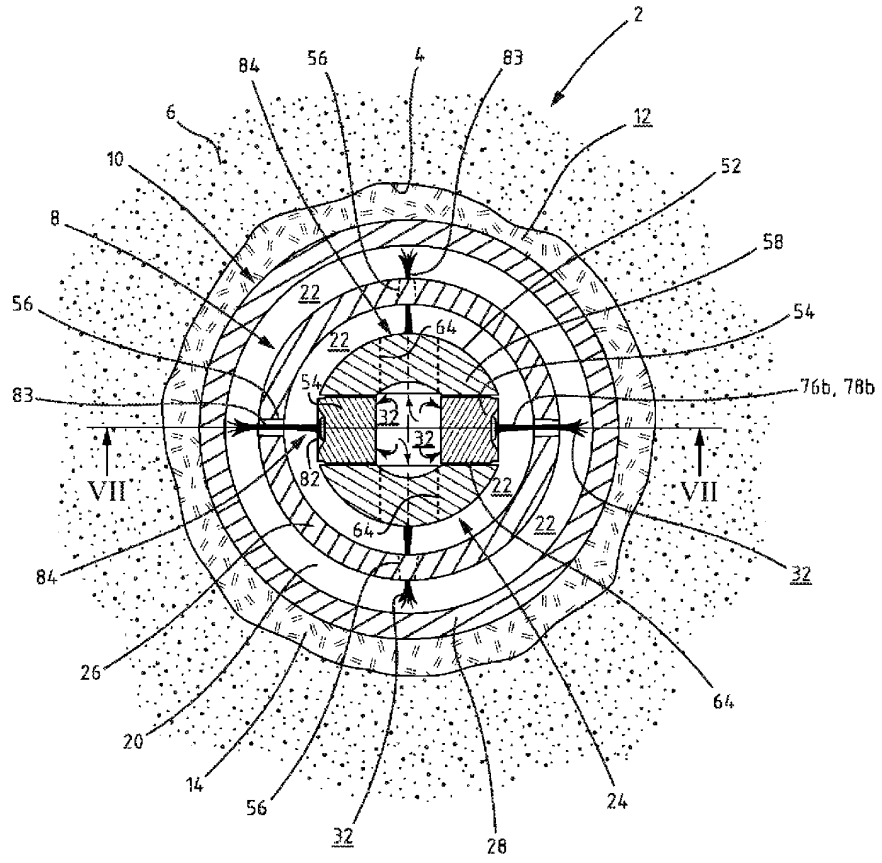
Фиг. 3



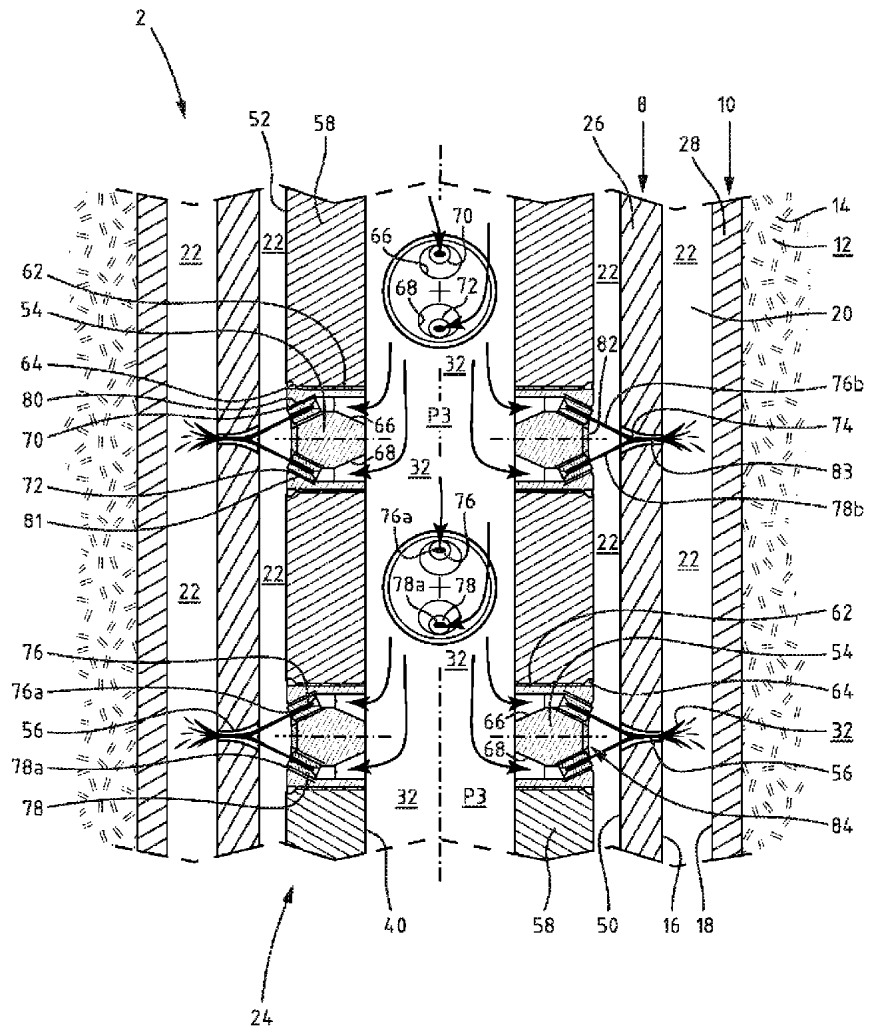
Фиг. 4



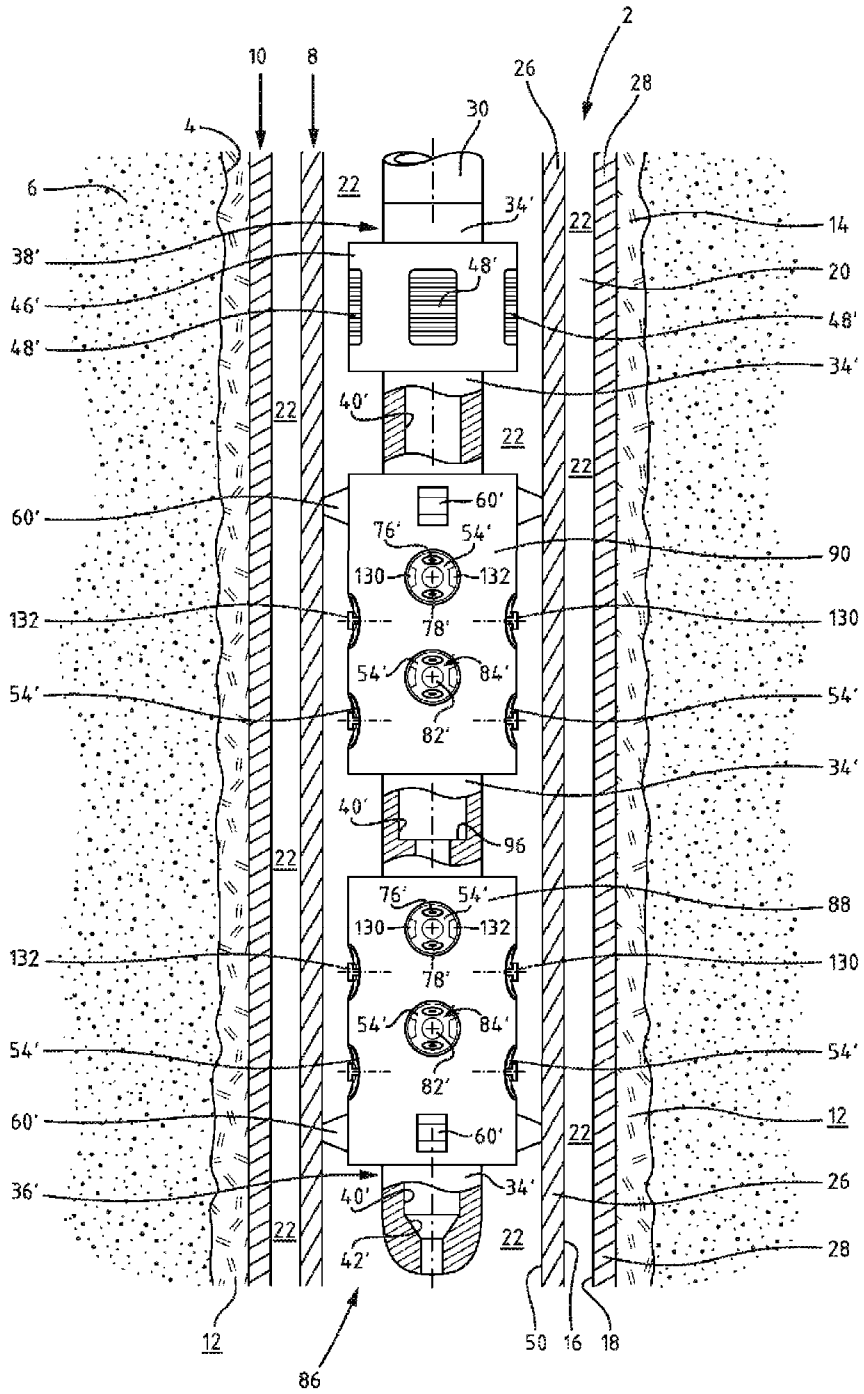
Фиг. 5



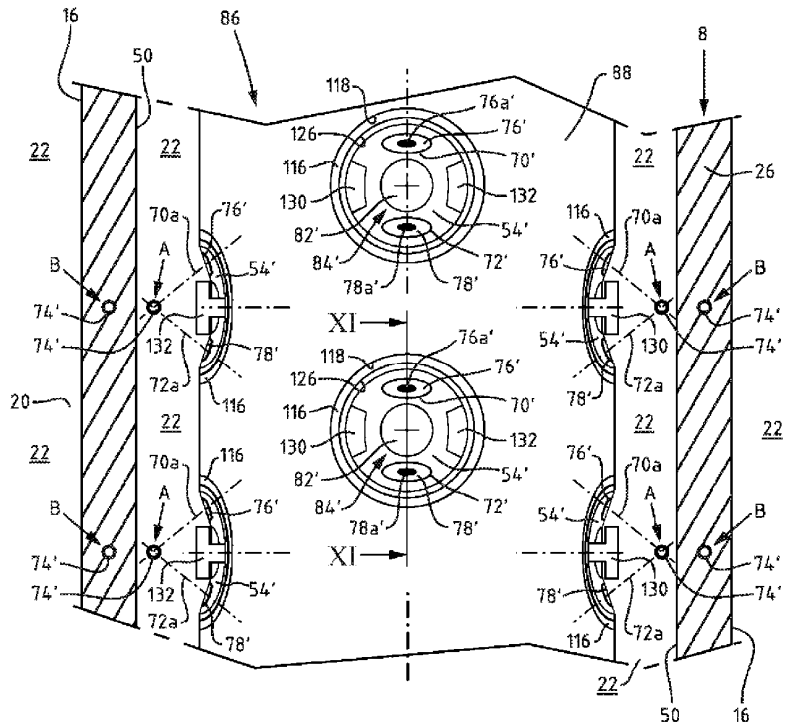
Фиг. 6



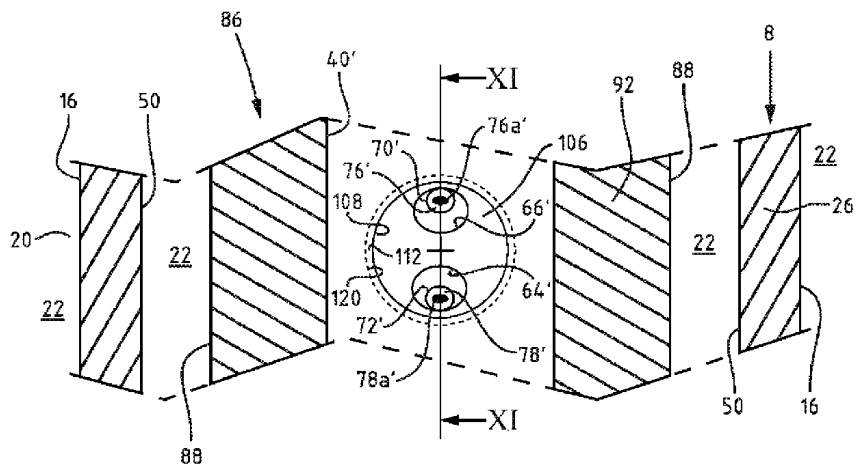
Фиг. 7



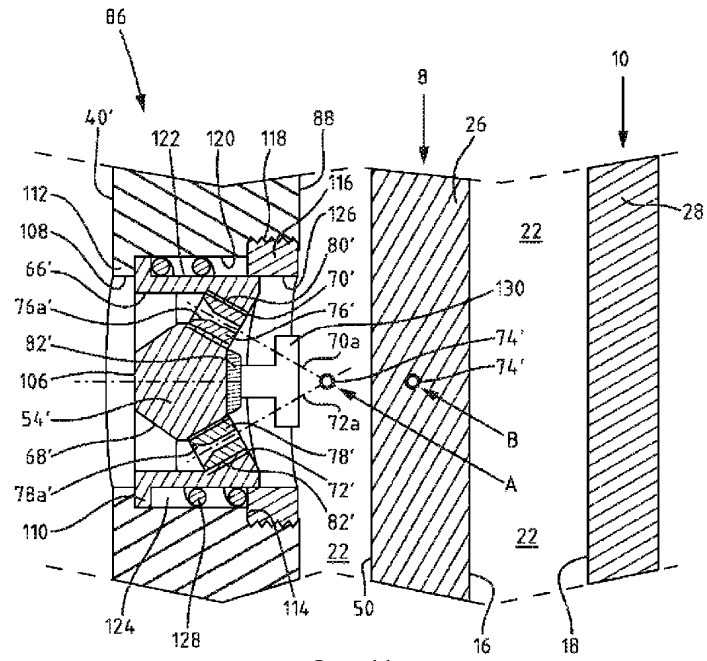
Фиг. 8



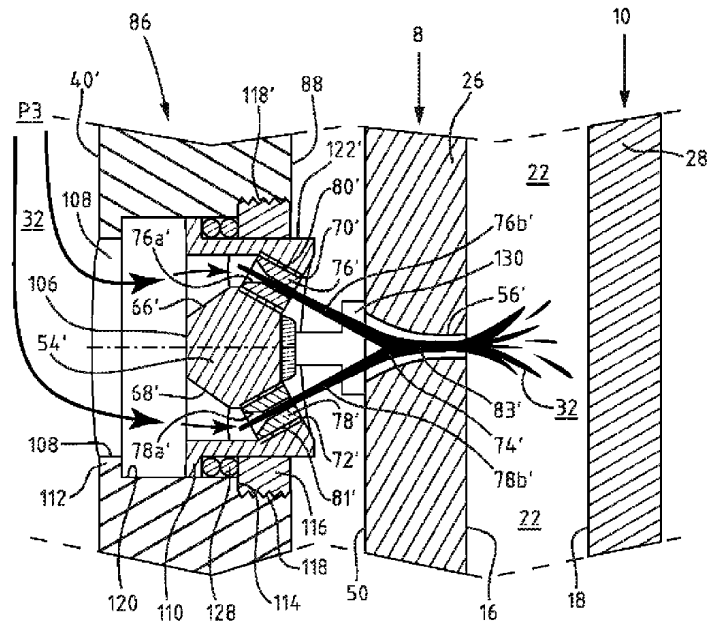
Фиг. 9



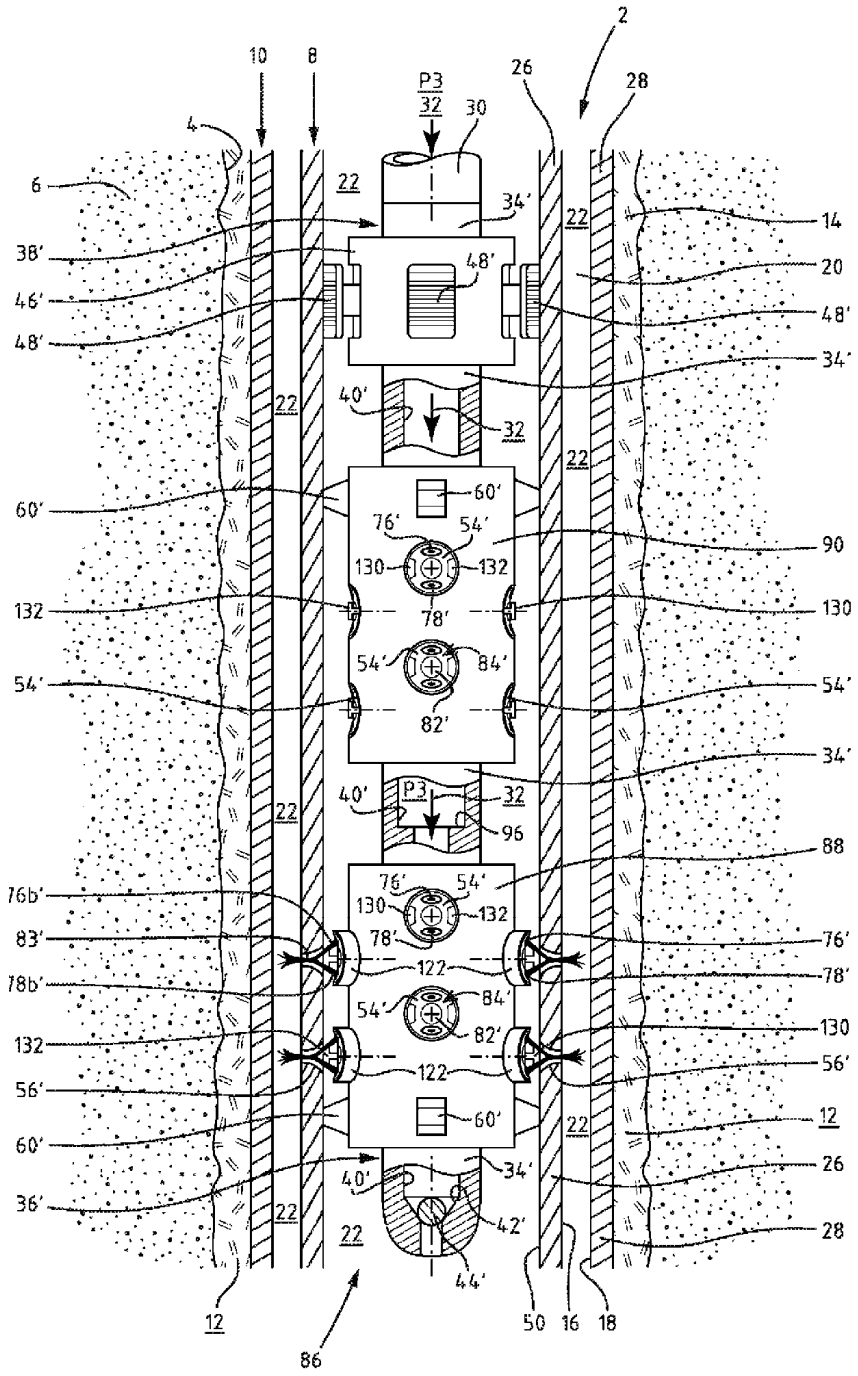
Фиг. 10



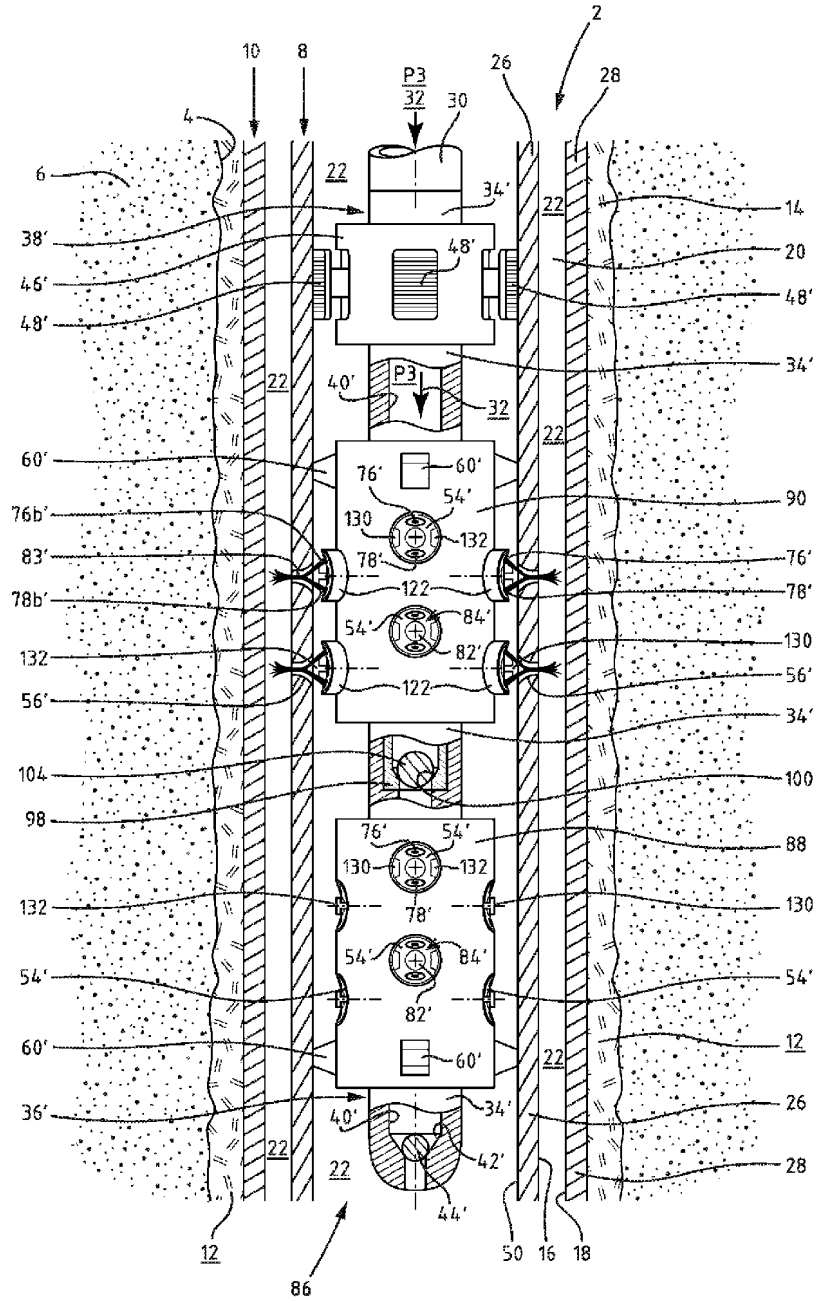
Фиг. 11



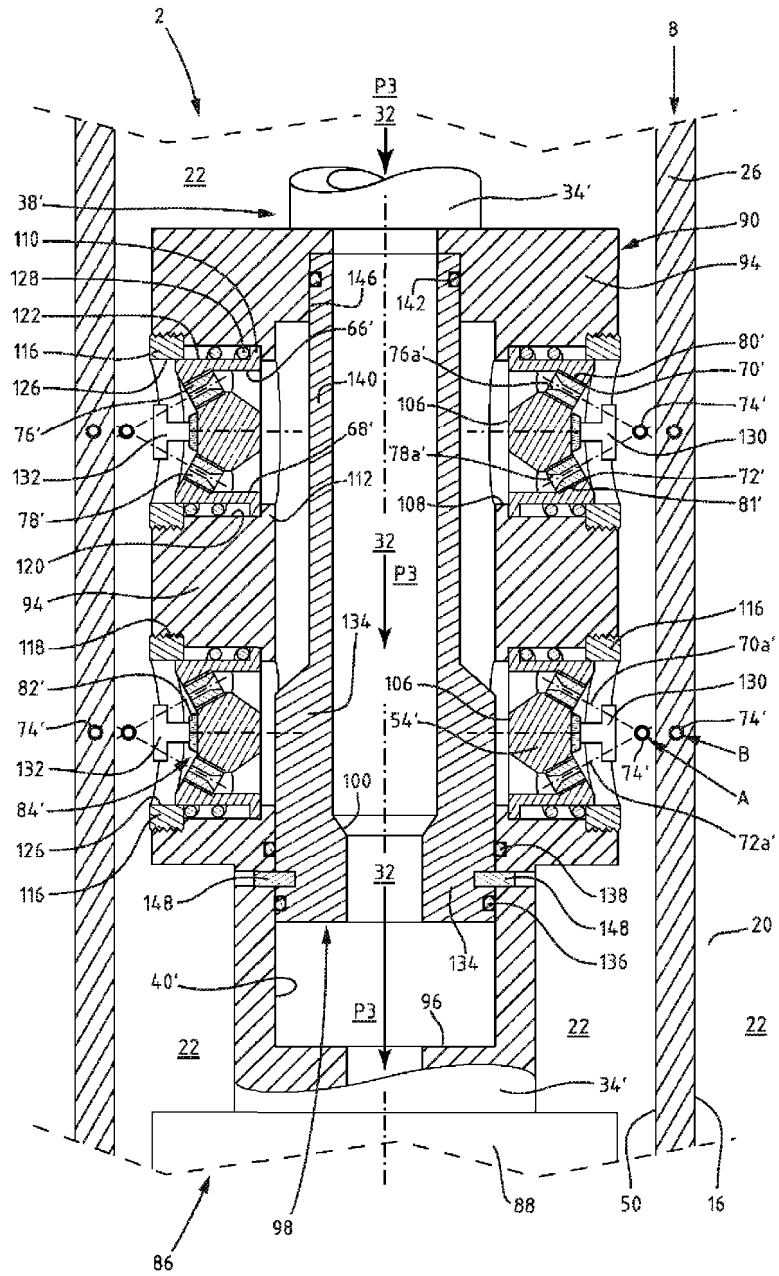
Фиг. 12



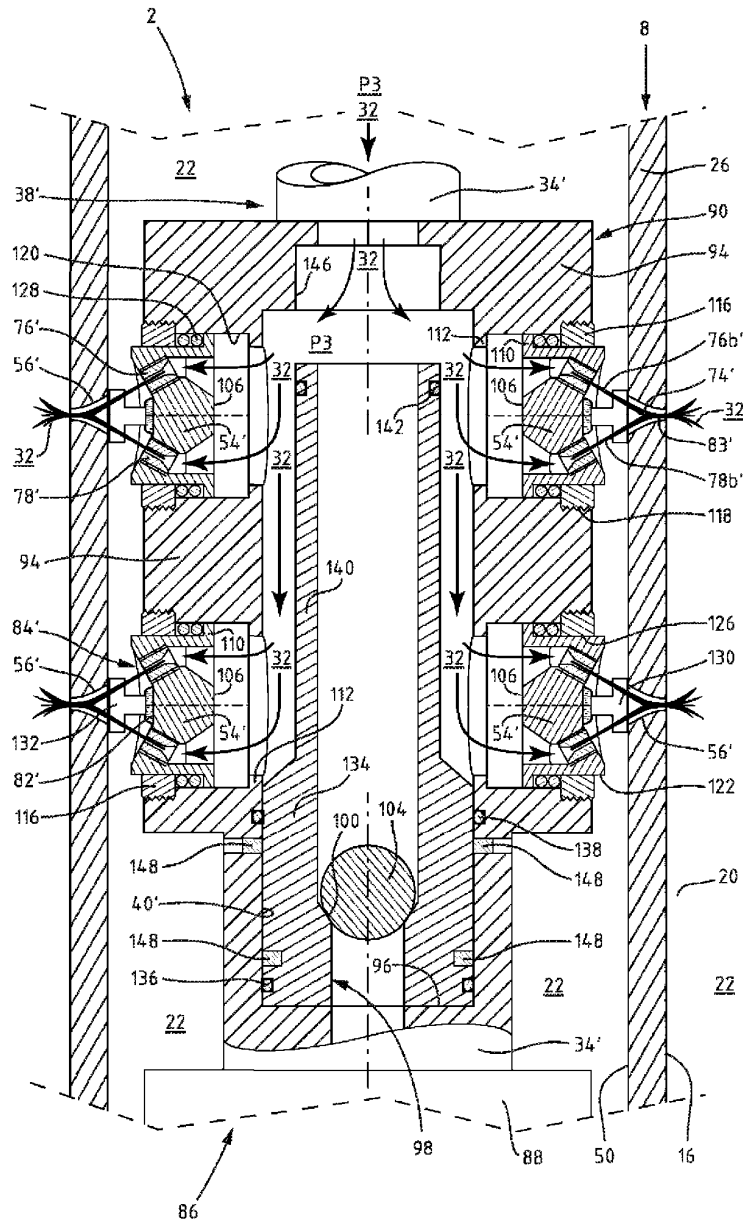
Фиг. 13



Фиг. 14



Фиг. 15



Фиг. 16

