



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016133700, 16.08.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.08.2016

Дата регистрации:
19.10.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.08.2016

(45) Опубликовано: 19.10.2017 Бюл. № 29

Адрес для переписки:

423236, Рес. Татарстан, г. Бугульма, ул. М.
Джалиля, 32, институт "ТатНИПИнефть",
Сектор создания и развития промышленной
собственности

(72) Автор(ы):

Махмутов Ильгизар Хасимович (RU),
Салимов Олег Вячеславович (RU),
Зиятдинов Радик Зяязатович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Публичное акционерное общество
"Татнефть" имени В.Д. Шашина (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2466270 C1, 10.11.2012. RU
2061850 C1, 10.06.1996. RU 2312979 C1,
20.12.2007. RU 131800 U1, 27.08.2013. RU
132835 U1, 27.09.2013. RU 151088 U1,
20.03.2015.

(54) Секционный гидropескоструйный перфоратор

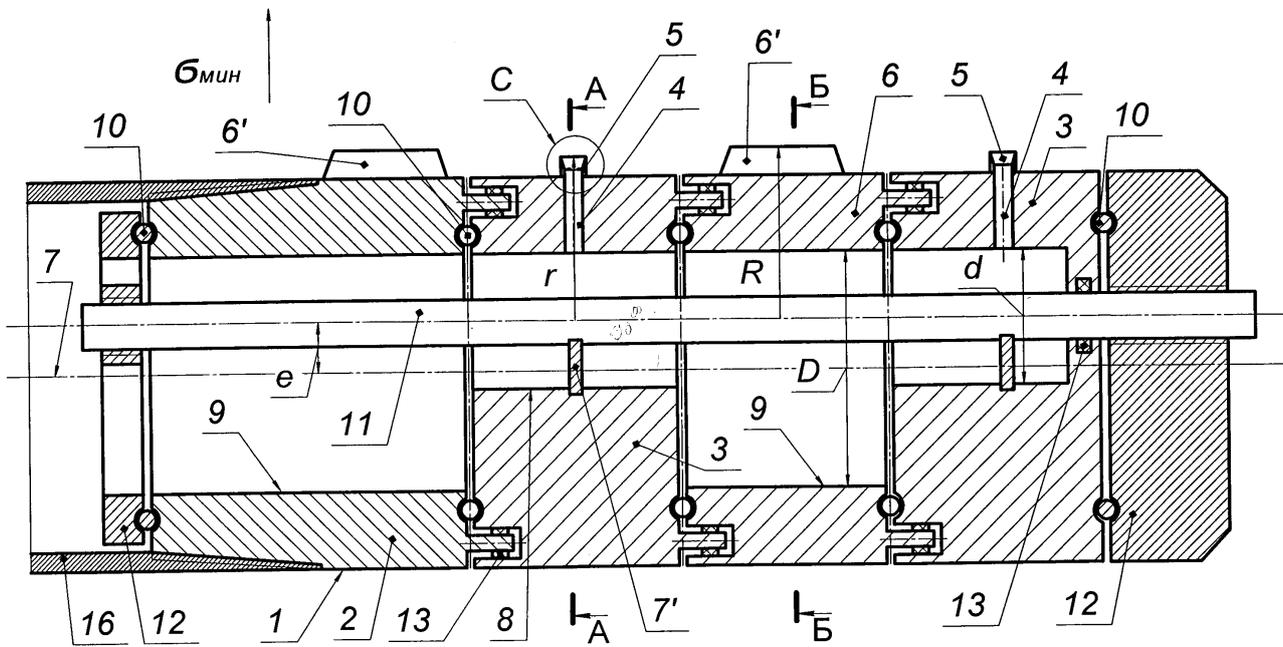
(57) Реферат:

Изобретение относится к нефтегазодобывающей промышленности, в частности к устройствам для направленного вскрытия продуктивного пласта в горизонтальной скважине с обсадной колонной и проведения гидравлического разрыва пласта. Секционный гидropескоструйный перфоратор содержит полый корпус, состоит из муфты, отдельных секций с радиальными отверстиями и установленными в них струйными насадками, центраторов, отдельные секции соединены между собой проставками. В секциях радиальные отверстия выполнены под заданным углом относительно оси корпуса. В секциях отверстия выполнены со смещением вверх от оси корпуса. Диаметр отверстий в секциях меньше, чем диаметр отверстий в муфте и в проставках, снабженных снаружи жесткими центраторами. Муфта, секции и проставки разделены между собой подшипниками и стянуты валом с накрученными на него с двух сторон гайками. Вал установлен эксцентрично относительно оси корпуса и жестко соединен с отдельными секциями, а гайки контактируют с муфтой и

последней заглушенной подшипниками секцией. Муфта, отдельные секции и проставки герметично разделены между собой уплотнительными элементами, а отдельные секции имеют возможность совместного вращения с валом относительно неподвижных муфты и проставок. Струйные насадки запрессованы в отдельные секции, выполнены из твердосплавного материала под конус, оснащены наружной и внутренней коническими поверхностями, сужающимися наружу от отдельной секции полого корпуса. Радиальный вылет запрессованной в отдельную секцию струйной насадки меньше радиального вылета центраторов муфты и проставки, а диаметр струйной насадки соответствует шести диаметрам зерен фракции пропанта. Изобретение позволяет выполнить гидropескоструйную перфорацию в обсадной колонне скважины в направлении минимального напряжения пласта независимо от положения устройства в стволе скважины, повысить эффективность и надежность работы, исключить закупоривание отверстия струйной насадки пропантом. 4 ил., 1 табл.

RU 2 633 904 C1

RU 2 633 904 C1



Фиг. 1

RU 2633904 C1

RU 2633904 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2016133700, 16.08.2016**(24) Effective date for property rights:
16.08.2016Registration date:
19.10.2017

Priority:

(22) Date of filing: **16.08.2016**(45) Date of publication: **19.10.2017** Bull. № 29

Mail address:

**423236, Res. Tatarstan, g. Bugulma, ul. M. Dzhaliya,
32, institut "TatNIPIneft", Sektor sozdaniya i
razvitiya promyshlennoj sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Makhmutov Ilgizar Khasimovich (RU),
Salimov Oleg Vyacheslavovich (RU),
Ziyatdinov Radik Zyauzyatovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Publichnoe aktsionernoe obshchestvo "Tatneft"
imeni V.D. Shashina (RU)**(54) **SECTIONAL SAND JET PERFORATOR**

(57) Abstract:

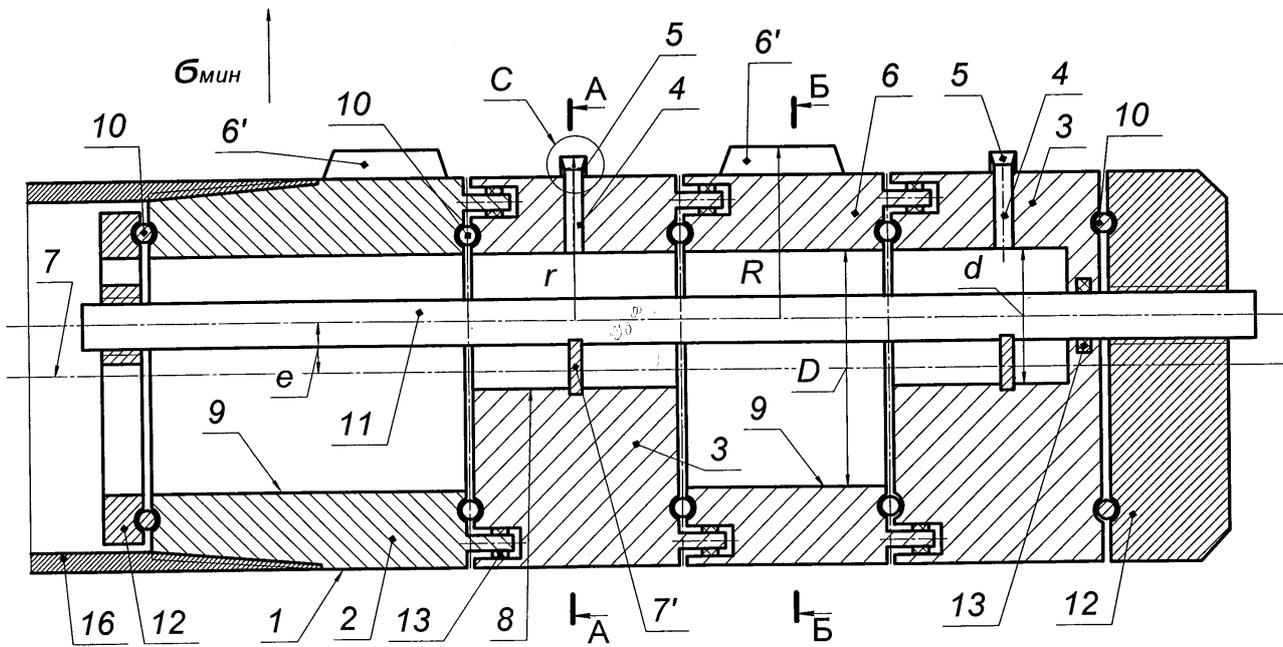
FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: invention relates to devices for directed opening of a production formation in a horizontal well with a casing string and for performing hydraulic fracturing of the formation. A sectional hydro-sandblasted perforator contains a hollow body and consists of a coupling, separate sections with radial holes and jet nozzles installed therein, centralisers, the separate sections are interconnected by spacers. The radial holes in the sections are formed at a predetermined angle with respect to the axis of the body. The holes in the sections are offset from the axis of the body. The diameter of the holes in the sections is less than the diameter of the holes in the coupling and in the spacers provided with rigid centralisers outside. The coupling, the sections and the spacers are separated by a bearing and pulled together by a shaft with nuts screwed onto it from both sides. The shaft is installed eccentrically relative to the axis of the body and rigidly connected to individual sections, and the nuts are contacted with the coupling and the last section that has

been killed by the bearings. The coupling, the individual sections and the spacers are sealed together by the sealing elements, and the individual sections are configured to co-rotate with the shaft with respect to the fixed couplings and spacers. The jet nozzles are pressed into separate sections made of hard-alloy material in the form of a cone and equipped with external and internal conical surfaces tapering outward from a separate section of the hollow body. The radius of the jet nozzle pressed into a separate section is less than the radial extension of the coupling centralisers and the spacer, and the diameter of the jet nozzle corresponds to six grain diameters of the proppant fraction.

EFFECT: invention enables to perform hydro-sandblasting perforation in the well casing string in the direction of minimum formation stress, regardless of the device position in the borehole, increase the efficiency and reliability of operation, and prevent the proppant hole from plugging the jet nozzle opening.

4 dwg, 1 tbl



Фиг. 1

RU 2633904 C1

RU 2633904 C1

Изобретение относится к нефтегазодобывающей промышленности, в частности к устройствам для направленного вскрытия продуктивного пласта в горизонтальной скважине с обсадной колонной и проведения гидравлического разрыва пласта.

Известен импульсный гидроперфоратор (патент RU №2061849, МПК E21B 43/114, опубл. 10.06.1996 г., бюл. №16), включающий гидромониторный корпус с продольным каналом, вал, размещенный в корпусе, элемент открытия-закрытия боковых отверстий корпуса и сопла, помещенные в боковых отверстиях. Гидроперфоратор снабжен резиновым амортизатором, размещенным над гидромониторным корпусом, и гидравлическим фиксатором-центриратором с выдвижными штоками, размещенными под гидромониторным корпусом, который выполнен с радиальным каналом в плоскости, перпендикулярной плоскости боковых отверстий, перекрыт крышками с подшипниками и тангенциально сообщается в средней части с продольным каналом, имеющим выход в нижней части корпуса по концам радиального канала. Вал размещен в крышках радиального канала и выполнен с односторонним стержневым приливом в средней части длиной, соответствующей радиусу радиального канала, и площадью торцевой части, не меньшей просвета боковых отверстий. Амортизатор состоит из верхнего упора, двухступенчатой втулки и соответствующей ей меньшей ступени патрубка, помещенного внутри двухступенчатой втулки с возможностью осевого перемещения и имеющего уступ в средней части, выше которого до верхнего упора и ниже которого размещены резиновые элементы прямоугольного сечения.

Недостатки данного устройства:

- во-первых, сложность конструкции, обусловленная большим количеством узлов и деталей (двухступенчатой втулки, амортизатора, крышек, упоров и т.д.);
- во-вторых, невозможность выполнения перфорации в заданном направлении относительно оси скважины, например, выполнения перфорации в обсадной колонне или выполнения каверн в открытом стволе в направлении минимального напряжения пород пласта;
- в-третьих, низкая эффективность работы устройства, связанная с тем, что направление выполнения каверн относительно оси скважины из струйных насадок перфоратора в призабойной зоне и направление трещины гидроразрыва пласта (ГРП), которая развивается в направления минимального напряжения пласта, не совпадают. В результате трещина, образуемая из каверн при последующем ГРП, разворачивается в призабойной зоне пласта в направлении минимального напряжения, что приводит к росту давления в процессе проведения ГРП и может привести к преждевременному прекращению процесса ГРП;
- в-четвертых, высокая длительность перфорации, обусловленная импульсным принципом действия устройства, т.е. время перфорации увеличивается за счет прерывистого действия струи на обсадную колонну и/или открытый ствол.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является секционный гидropескоструйный перфоратор (патент RU №2466270, МПК E21B 43/114, опубл. 10.11.2012 г., бюл. №31), содержащий полый корпус, состоящий из отдельных секций с радиальными отверстиями и установленными в них струйными насадками, центратор. Перфоратор для соединения секций снабжен проставками различной длины и муфтами, причем соединение выполнено встык посредством муфт, расположенных снаружи, а соединительные концы муфт, проставок и каждой секции выполнены с правой и левой резьбами.

Недостатки данного устройства:

- во-первых, невозможность выполнения гидropескоструйной перфорации в обсадной

колонне или открытом стволе скважины в заданном направлении (например, вверх относительно оси горизонтальной скважины) независимо от положения устройства в скважине, например, для выполнения перфорации в обсадной колонне или выполнения каверн в открытом стволе в направлении минимального напряжения пород пласта;

5 - во-вторых, низкая эффективность работы устройства, связанная с тем, что направление выполнения каверн относительно оси скважины из струйных насадок перфоратора в призабойной зоне и направление трещины ГРП, которая развивается в направлении минимального напряжения пласта, не совпадают. В результате трещина, образуемая из каверн при последующем ГРП, разворачивается в призабойной зоне
10 пласта в направлении минимального напряжения, что приводит к росту давления в процессе проведения ГРП и может привести к преждевременному прекращению процесса ГРП;

- в-третьих, низкая надежность работы перфоратора, связанная с тем, что между насадкой и стенкой обсадной колонны имеется значительное расстояние, что приводит
15 к рассеиванию потока гидроабразивной жидкости (водопропантной смеси) и к ее обратному воздействию рикошетом от обсадной колонны на насадку. В результате места крепления насадок к корпусу перфоратора разрушаются за одну скважино-операцию и требуют подъема перфоратора на поверхность для замены насадок;

- в-четвертых, высокая вероятность закупоривания отверстия струйной насадки
20 пропантом, так как конструктивно диаметр отверстия струйных насадок не зависит от диаметра зерен пропантанта, что чревато резким ростом давления и прекращением перфорации.

Техническими задачами изобретения являются возможность выполнения перфорации в обсадной колонне или каверн в открытом стволе скважины в заданном направлении,
25 повышение эффективности и надежности работы секционного гидропескоструйного перфоратора, исключение закупоривания отверстий струйной насадки зернами песка или пропантанта при проведении перфорации.

Поставленные технические задачи решаются секционным гидропескоструйным перфоратором, содержащим полый корпус, состоящий из муфты, отдельных секций с
30 радиальными отверстиями и установленными в них струйными насадками, центраторов, отдельные секции соединены между собой проставками.

Новым является то, что в секциях радиальные отверстия выполнены под заданным углом относительно оси корпуса, при этом в секциях отверстия выполнены со смещением
35 вверх от оси корпуса, причем диаметр отверстий в секциях меньше, чем диаметр отверстий в муфте и в проставках, снабженных снаружи жесткими центраторами, при этом муфта, секции и проставки разделены между собой подшипниками и стянуты валом с навернутыми на него с двух сторон гайками, причем вал установлен эксцентрично относительно оси корпуса и жестко соединен с отдельными секциями, а гайки контактируют с муфтой и последней заглушенной подшипниками секцией, при
40 этом муфта, отдельные секции и проставки герметично разделены между собой уплотнительными элементами, а отдельные секции имеют возможность совместного вращения с валом относительно неподвижных муфты и проставок, причем струйные насадки запрессованы в отдельные секции, выполнены из твердосплавного материала под конус, оснащены наружной и внутренней коническими поверхностями,
45 сужающимися наружу от отдельной секции полого корпуса, при этом радиальный вылет запрессованной в отдельную секцию струйной насадки меньше радиального вылета центраторов муфты и проставки, а диаметр струйной насадки соответствует шести диаметрам зерен фракции пропантанта.

На фиг. 1 схематично изображен предлагаемый секционный гидropескоструйный перфоратор.

На фиг. 2 изображен разрез отдельной секции секционного гидropескоструйного перфоратора.

5 На фиг. 3 изображено сечение проставки секционного гидropескоструйного перфоратора.

На фиг. 4 изображена струйная насадка, ввернутая в радиальное отверстие секции секционного гидropескоструйного перфоратора.

10 Секционный гидropескоструйный перфоратор содержит полый корпус 1 (см. фиг. 1), состоящий из муфты 2, отдельных секций 3 с радиальными отверстиями 4 и установленными в них струйными насадками 5. Отдельные секции 3 соединены между собой проставками 6.

15 Количество отдельных секций 3 и соответственно проставок 6 зависит от количества интервалов перфорации, которые необходимо выполнить в горизонтальном стволе скважины с обсадной колонной или открытым стволом.

Например, рассмотрим секционный гидropескоструйный перфоратор с двумя секциями 3 и одной проставкой 6. При необходимости увеличения интервалов перфорации в горизонтальной скважине количество секций 3 и проставок 6 увеличивают.

20 Для проведения гидropескоструйной перфорации с последующим проведением ГРП заданный угол определяют исходя из направления минимального напряжения $\sigma_{\text{мин}}$ пласта, в котором необходимо выполнить трещину ГРП. Например, направление минимального напряжения $\sigma_{\text{мин}}$ пласта относительно оси 7 полого корпуса 1 направлено вверх (см. фиг. 1), поэтому радиальные отверстия 4 в секции 3 направляют вверх, т.е. выполняют под углом $\alpha=90^\circ$ (см. фиг. 2) к оси 7 полого корпуса 1.

25 Отверстия 8 (см. фиг. 1) в секциях 3 выполнены со смещением вверх от оси 7 полого корпуса 1. Диаметр d (см. фиг. 1, 2, 3) отверстий 8 в секциях 3 меньше, чем диаметр D отверстий 9 в муфте 2 и в проставке 6, снабженных снаружи жесткими центраторами 6'. Муфта 2, секции 3 и проставка 6 (см. фиг. 1) разделены между собой подшипниками 10 и стянуты валом 11 с накрученными на него с двух сторон гайками 12.

30 Вал 11 установлен эксцентрично со смещением на величину e (см. фиг. 1 и 2, 3) относительно оси 7 полого корпуса 1 и жестко соединен с отдельными секциями 3 любым известным соединением, например, с помощью шпонки 7' (на фиг. 1 и 2 показана условно). Гайки 12 (см. фиг. 1) контактируют с одной стороны с муфтой 2, а с другой - с последней заглушенной подшипниками 10 секцией 3.

35 Муфта 2, отдельные секции 3 и проставка 6 герметично разделены между собой уплотнительными элементами 13. Отдельные секции 3 благодаря шпонке 7 имеют возможность совместного вращения с валом 11 относительно неподвижных муфты 2 и проставки 6.

40 Струйные насадки 5 запрессованы в отдельные секции 3, выполнены из твердосплавного материала под конус, оснащены наружной 14 и внутренней 15 коническими поверхностями, сужающимися от отдельной секции 3 полого корпуса 1.

Радиальный вылет r (см. фиг. 1) запрессованной в отдельную секцию 3 струйной насадки 5 меньше радиального вылета R центраторов 6' муфты 2 и проставки 6.

45 Для запрессовки струйных насадок 5 в отдельные секции 3 полого корпуса 1 отдельные секции 3 нагревают, после чего запрессовывают в радиальные отверстия 4 струйные насадки 5. Проходной диаметр d_n струйной насадки 5 (см. фиг. 4) соответствует шести диаметрам зерен песка или пропантанта.

Предлагаемый секционный гидropескоструйный перфоратор работает следующим образом.

Перед проведением работ с перфоратором любым известным методом определяют направление минимального напряжения пород пласта, в направлении которого будет развиваться трещина ГРП после проведения гидropескоструйной перфорации.

Радиальные отверстия 4 в отдельных секциях 3 выполняют (сверлят заранее перед сборкой перфоратора) в направлении минимального напряжения по результатам акустического метода.

Например, в процессе бурения горизонтальной скважины акустическим методом определяют, что минимальное напряжение пород пласта направлено вверх (см. фиг. 1), поэтому радиальные отверстия 4 в отдельных секциях 3 выполняют направленными вверх (см. фиг. 2) и собирают перфоратор, как показано на фиг. 1.

Если по результатам акустического метода минимальное напряжение пород пласта направлено вниз (фиг. 1-4 не показано), то радиальные отверстия 4 в отдельных секциях 3 выполняют направленными вниз, после чего собирают перфоратор.

Благодаря тому, что отверстия 8 (см. фиг. 1) в секциях 3 выполнены со смещением вверх от оси 7 полого корпуса 1, а в них размещен вал 11, установленный эксцентрично со смещением на величину e (см. фиг. 1 и 2, 3) относительно оси 7 полого корпуса 1 и жестко соединен с отдельными секциями 3, то радиальные отверстия 4 в секциях 3 будут размещаться в направлении минимального напряжения независимо от положения инструмента в горизонтальной скважине.

Это позволяет получить перфорацию в направлении минимального напряжения относительно окружности обсадной колонны горизонтальной скважины.

Также в зависимости от диаметра зерен фракций пропанта (см. табл. 1), предназначенного для выполнения гидropескоструйной перфорации, подбирают проходной диаметр d_H струйной насадки 5 из условия его соответствия шести диаметрам зерен фракции пропанта, что получено опытным путем.

Таблица 1

Диаметр сопла струйной насадки d_H , мм	Фракция пропанта, меш
6	20/40
8	16/20
10	12/18

Например, для фракций пропанта 16/20 меш используют струйные насадки 5 с диаметром $d_H=8$ мм.

Подбор диаметра насадки в зависимости от используемой фракции пропанта при проведении гидropескоструйной перфорации позволяет исключить закупоривание отверстий струйной насадки пропантом и исключает резкий рост (скачок) давления в процессе перфорации и, как следствие, прекращение перфорации.

На устье горизонтальной скважины на нижний конец колонны насосно-компрессорных труб (НКТ) 16 (см. фиг. 1) наворачивают предлагаемый секционный гидropескоструйный перфоратор. На колонне НКТ 16 гидropескоструйный перфоратор спускают в горизонтальную скважину в заданный интервал перфорации обсадной колонны. В процессе спуска в необходимый интервал перфорации перфоратора центрируется в обсадной колонне центраторами b' (см. фиг. 1 и 2), которые одновременно защищают струйные насадки 5 от повреждений, так как $R>r$, что исключает контакт струйных насадок 5 со стенками обсадной колонны, поскольку конусная поверхность

14 струйных насадок 5 увеличивает их длину, что позволяет приблизить верхний конец 17 (см. фиг. 2) струйных насадок 5 к стенке перфорируемой обсадной колонны.

В заданном интервале перфорации горизонтальной скважины отдельные секции 3 независимо друг от друга вращаются относительно неподвижных муфты 2 и проставки 6 и за счет эксцентриситета е занимают положение, в котором радиальные отверстия 4 отдельных секций занимают положение, направленное вверх.

Далее прокачивают абразивную жидкость (водопропантную смесь) по колонне НКТ 16, которая поступает в полый корпус 1 через муфту 2 и проставку 6 в секции 3.

В секциях 3 гидроабразивная жидкость поступает в радиальные отверстия 4, далее на вход струйных насадок 5, где во внутренней конической поверхности 15 происходит постепенный процесс нарастания скорости потока до максимального значения. Жидкость с абразивом, истекая из струйных насадок 5 с высокой скоростью, создает перфорационное отверстие в обсадной колонне и канал (каверну) в продуктивном пласте увеличенных размеров, так как удлинение процесса нарастания скорости на входе позволяет сформировать максимально компактные струи абразивной жидкости и получить их наибольшую пробивную способность, повышающую эффективность перфорации. Приближение верхнего конца 17 струйных насадок 5 к стенке перфорируемой обсадной колонны также повышает эффективность перфорации. В процессе прорезания обсадной колонны струи абразивной жидкости, истекающие из наклонно расположенных струйных насадок 5, отражаются от стенки обсадной колонны и воздействуют на твердосплавные материалы струйных насадок 5 по наружной конической поверхности 14, не повреждая секции 3 полого корпуса 1, при этом сохраняется целостность отдельных секций 3 полого корпуса 1 перфоратора и повышается надежность его работы, так как снижается износ устройства, а это позволяет выполнить за одну спуско-подъемную операцию колонны НКТ гидropескоструйную перфорацию в нескольких интервалах горизонтальной скважины.

После прорезания перфорационных отверстий в обсадной колонне и образования каверн в пласте в направлении минимального напряжения горных пород пласта процесс гидropескоструйной перфорации продолжают с проведением ГРП пласта, т.е. образования и развития трещины разрыва в направлении минимального напряжения горных пород пласта. Развитие трещины ГРП продолжают до закачки в трещину (на фиг. 1-4 не показано) заданной массы проппанта согласно плану работ, например, 2 т.

Повышается эффективность работы устройства, связанная с тем, что направление выполнения каверн относительно оси скважины из струйных насадок перфоратора в призабойной зоне совпадает с направлением развития трещины ГРП в направлении минимального напряжения пласта.

В результате трещина, образуемая из каверн при последующем ГРП, не разворачивается в призабойной зоне пласта в направлении минимального напряжения, как это происходило бы при выполнении работ с использованием прототипа. Это не приводит к росту давления в процессе проведения ГРП и исключает получение преждевременного прекращения процесса ГРП.

Предлагаемый секционный гидropескоструйный перфоратор позволяет:

- выполнить гидropескоструйную перфорацию в обсадной колонне скважины в направлении минимального напряжения $\sigma_{\text{мин}}$ пласта независимо от положения устройства в стволе скважины;
- повысить эффективность и надежность работы;
- исключить закупоривание отверстия струйной насадки проппантом.

(57) Формула изобретения

Секционный гидропескоструйный перфоратор содержит полый корпус, состоящий из муфты, отдельных секций с радиальными отверстиями и установленными в них струйными насадками, центраторов, отдельные секции соединены между собой проставками, отличающийся тем, что в секциях радиальные отверстия выполнены под заданным углом относительно оси корпуса, при этом в секциях отверстия выполнены со смещением вверх от оси корпуса, причем диаметр отверстий в секциях меньше, чем диаметр отверстий в муфте и в проставках, снабженных снаружи жесткими центраторами, при этом муфта, секции и проставки разделены между собой подшипниками и стянуты валом с накрученными на него с двух сторон гайками, причем вал установлен эксцентрично относительно оси корпуса и жестко соединен с отдельными секциями, а гайки контактируют с муфтой и последней заглушенной подшипниками секцией, при этом муфта, отдельные секции и проставки герметично разделены между собой уплотнительными элементами, а отдельные секции имеют возможность совместного вращения с валом относительно неподвижных муфты и проставок, причем струйные насадки запрессованы в отдельные секции, выполнены из твердосплавного материала под конус, оснащены наружной и внутренней коническими поверхностями, сужающимися наружу от отдельной секции полого корпуса, при этом радиальный вылет запрессованной в отдельную секцию струйной насадки меньше радиального вылета центраторов муфты и проставки, а диаметр струйной насадки соответствует шести диаметрам зерен фракции проппанта.

25

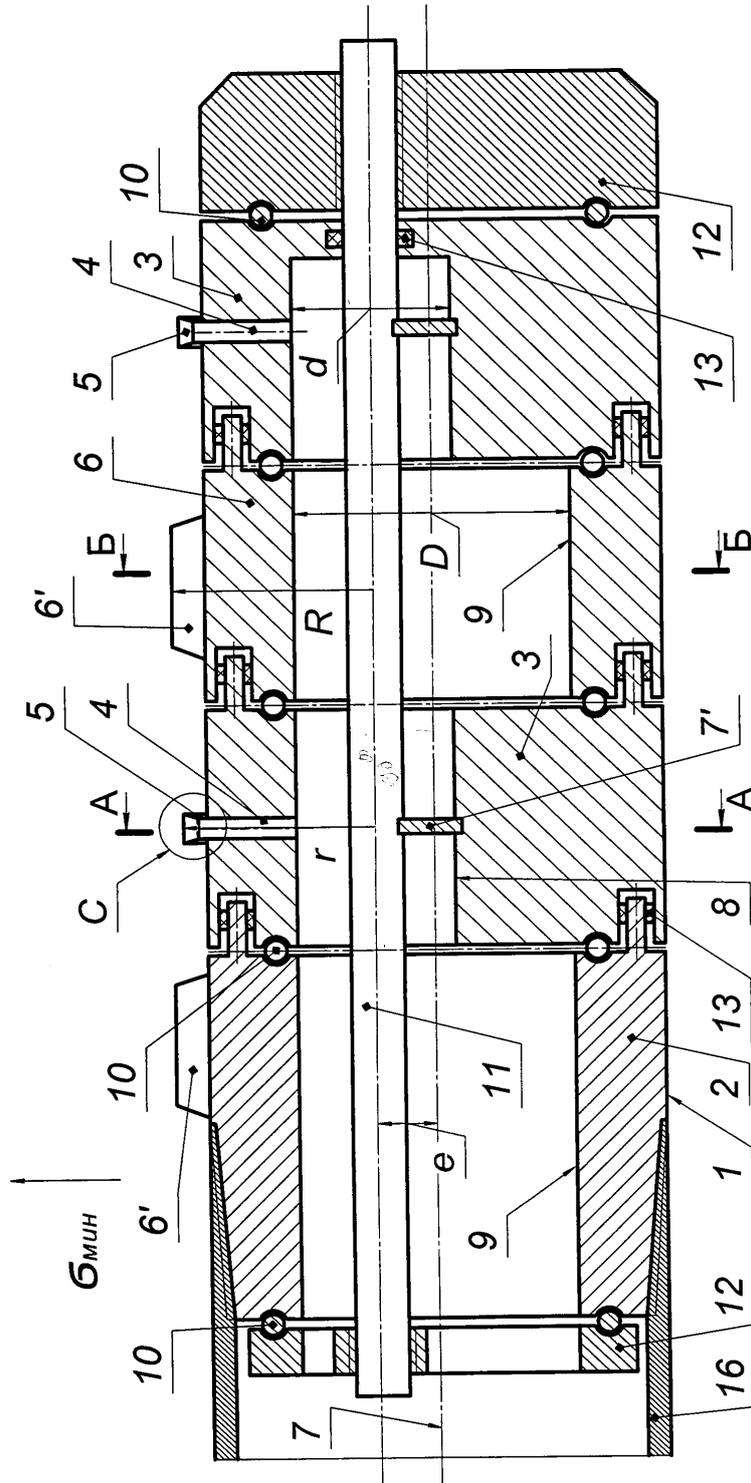
30

35

40

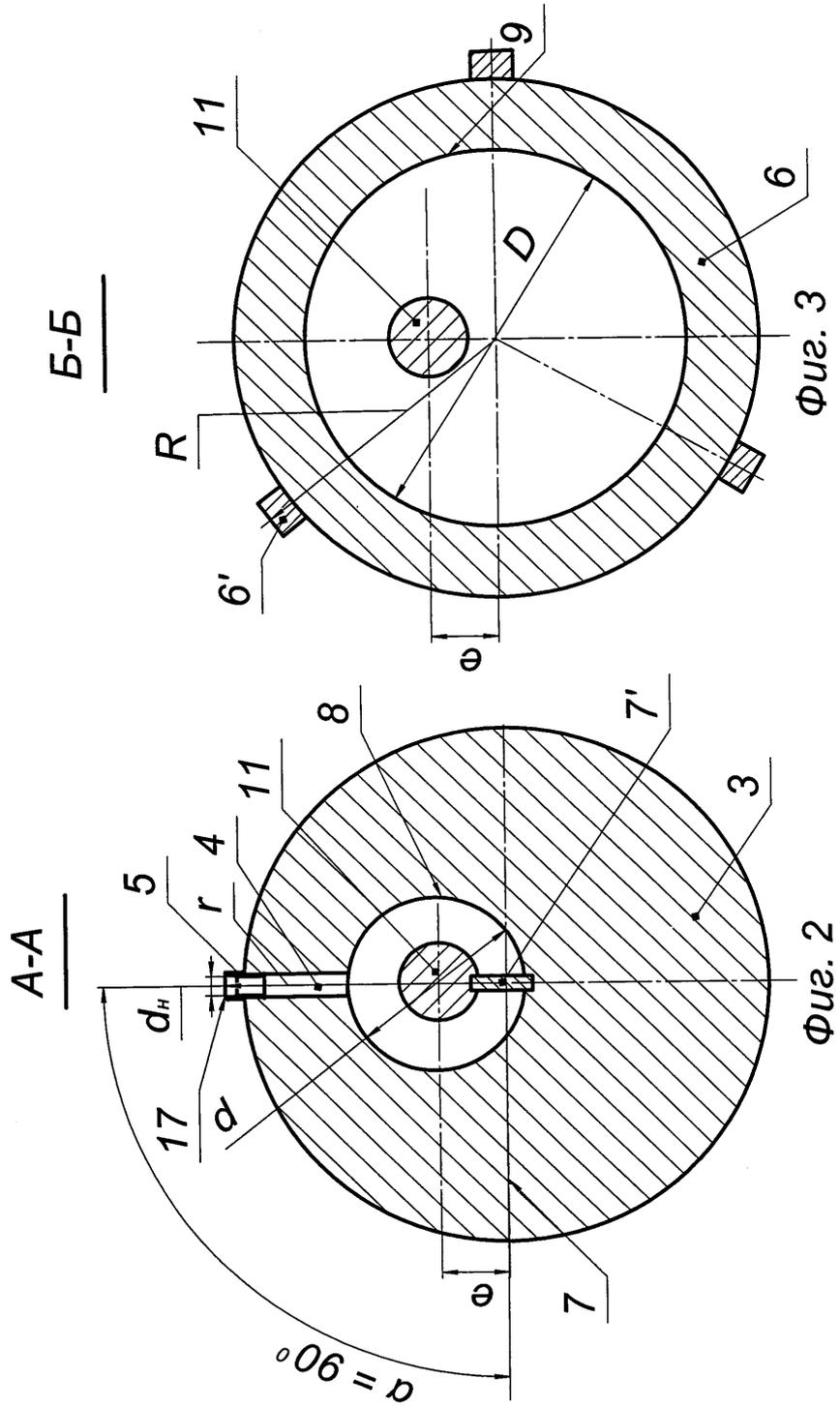
45

Секционный гидрокоструйный перфоратор

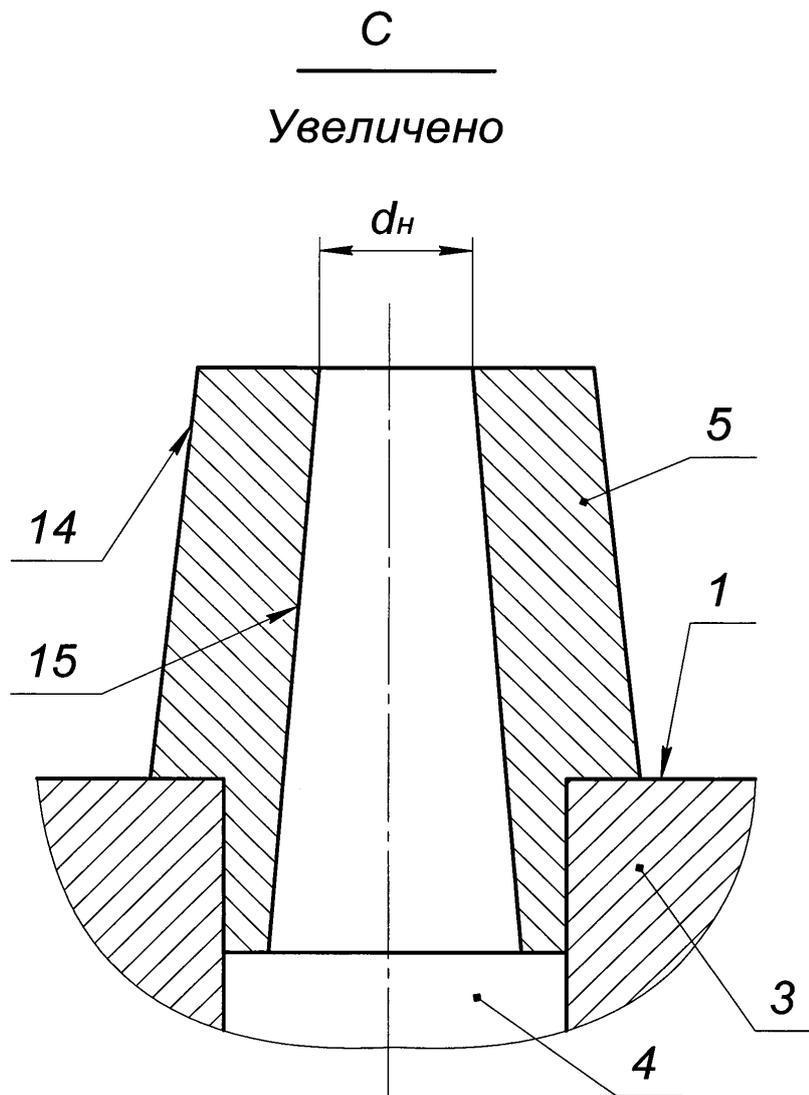


Фиг. 1

Секционный гидрокоструйный перфоратор



Секционный
гидропескоструйный
перфоратор



Фиг. 4