

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F01C 1/107 (2020.02); F04C 2/1075 (2020.02); E21B 4/02 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2019127219, 27.08.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
27.08.2019Дата регистрации:  
16.06.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.08.2019

(45) Опубликовано: 16.06.2020 Бюл. № 17

Адрес для переписки:

614990, г. Пермь, ГСП, ул. Окулова, 75а, ООО  
"Фирма "Радиус-Сервис", директору Бакиеву  
Т.

(72) Автор(ы):

Мочалин Игорь Александрович (RU),  
Мезенцев Сергей Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью  
"Фирма "Радиус-Сервис" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2689014 C1, 23.05.2019. RU 83803  
U1, 20.06.2009. RU 2380544 C1, 27.01.2010. US  
2012156078 A1, 21.06.2012. US 2013149182 A1,  
13.06.2013.

## (54) СТАТОР ВИНТОВОЙ ГЕРОТОРНОЙ ГИДРОМАШИНЫ

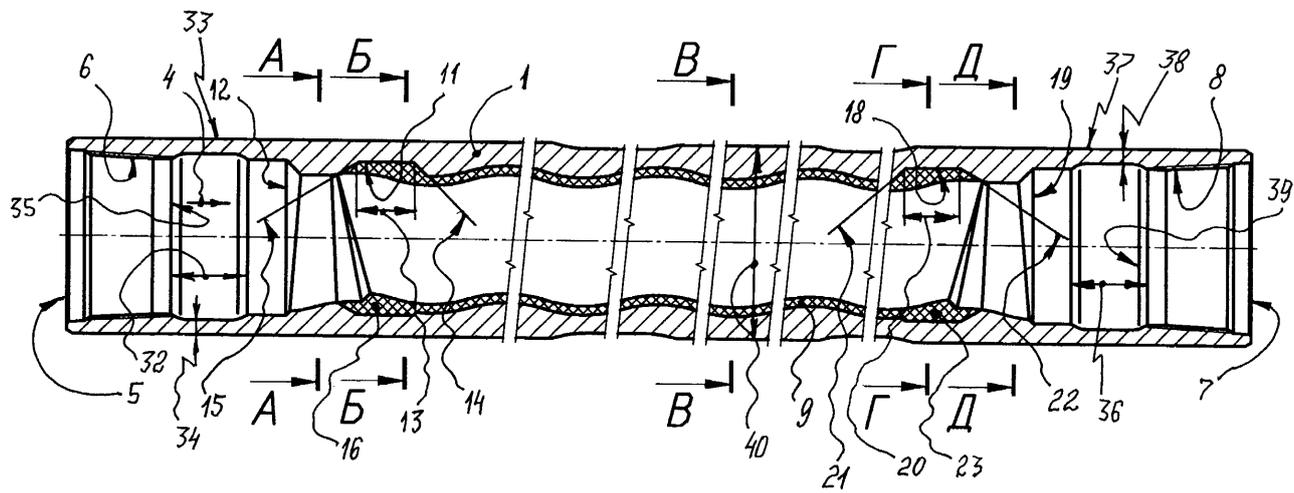
(57) Реферат:

Изобретение относится к гидравлическим приводам для вращательного бурения, размещаемым в скважине. Статор винтовой героторной гидромашины содержит трубчатый корпус 1 с внутренней поверхностью, выполненной с внутренними винтовыми зубьями, закрепленную в корпусе 1 обкладку 9 из эластомера, прилегающую к внутренней поверхности корпуса 1. Обкладка 9 выполнена с

внутренними винтовыми зубьями и совпадает по форме с внутренними винтовыми зубьями корпуса 1. Зубья корпуса 1 образованы множеством внутренних винтовых шлиц с круговым профилем поперечного сечения. Вершины шлиц сопряжены с огибающей шлиц, идентичной теоретическому профилю поперечного сечения зубьев корпуса 1. Изобретение направлено на повышение ресурса и надежности. 2 з.п. ф-лы, 11 ил.

RU 2 723 595 C1

RU 2 723 595 C1



Фиг.1

RU 27223595 C1

RU 27223595 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*F01C 1/107* (2006.01)  
*F04C 2/107* (2006.01)  
*E21B 4/02* (2006.01)

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*F01C 1/107 (2020.02); F04C 2/1075 (2020.02); E21B 4/02 (2020.02)*(21)(22) Application: **2019127219, 27.08.2019**(24) Effective date for property rights:  
**27.08.2019**Registration date:  
**16.06.2020**

Priority:

(22) Date of filing: **27.08.2019**(45) Date of publication: **16.06.2020** Bull. № 17

Mail address:

**614990, g. Perm, GSP, ul. Okulova, 75a, OOO  
"Firma "Radius-Servis", direktoru Bakievu T.**

(72) Inventor(s):

**Mochalin Igor Aleksandrovich (RU),  
Mezentsev Sergej Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu  
"Firma "Radius-Servis" (RU)****(54) STATOR OF SCREW GEROTOR HYDRAULIC MACHINE**

(57) Abstract:

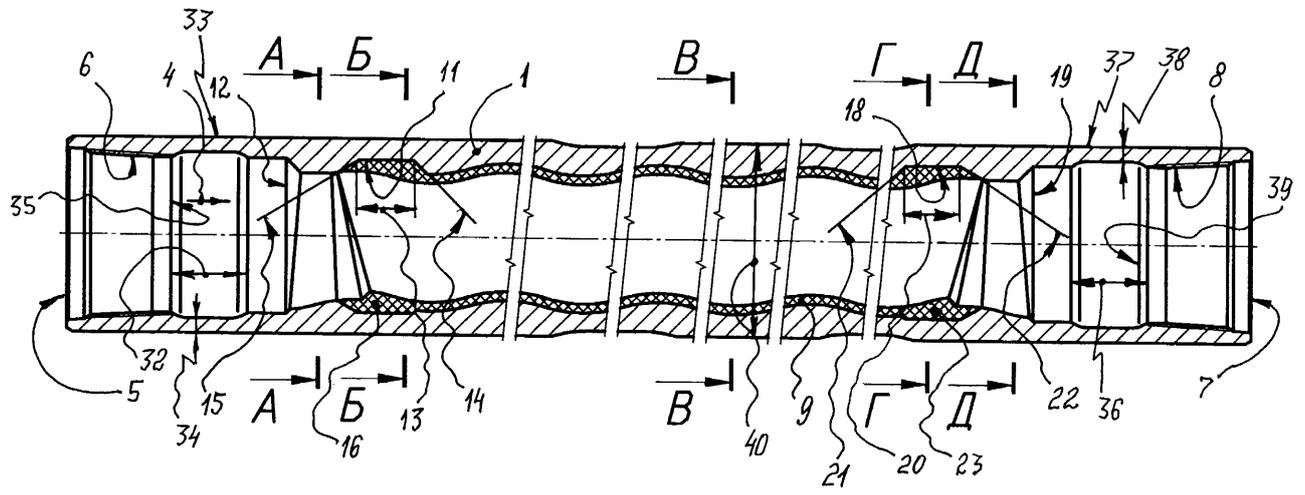
FIELD: hydraulic drives.

SUBSTANCE: invention relates to hydraulic drives for rotary drilling located in a well. Stator of helical gerotor hydraulic machine comprises tubular housing 1 with inner surface made with inner helical teeth, coating 9 of elastomer, which is fixed in housing 1, adjacent to inner surface of housing 1. Coating 9 is provided with inner helical teeth and aligned with inner

helical teeth of housing 1. Teeth of housing 1 are formed by multiple internal screw splines with circular profile of cross section. Spline tops are conjugated with the envelope spline, which is identical to the theoretical profile of housing 1 cross-section.

EFFECT: invention is aimed at increasing resource and reliability.

3 cl, 11 dwg



Фиг.1

RU 2723595 C1

RU 2723595 C1

Изобретение относится к гидравлическим приводам для вращательного бурения, размещаемым в скважине, в частности к винтовым героторным гидравлическим двигателям для бурения нефтяных скважин.

Известен винтовой гидравлический механизм, используемый в качестве насоса или двигателя, содержащий корпус статора и ротор, при этом ротор имеет внешнюю винтовую поверхность, корпус статора выполнен в виде монолитного жесткого трубчатого элемента, имеющего цилиндрическую внешнюю поверхность и внутреннюю поверхность, а также имеющего винтовые зубья, при этом упомянутый механизм содержит гибкий слой, выполненный из эластомера, имеющий одинаковую толщину на внутренней поверхности корпуса (US 2005/0079083 A1, 14.04.2005).

В известном винтовом гидравлическом механизме гибкий слой, выполненный из эластомера, имеющий одинаковую толщину на внутренней поверхности корпуса, подвергается деформации и изгибу при планетарно-роторном вращении ротора внутри статора, что приводит к образованию на выступах и впадинах зубьев зон, отличающихся друг от друга величинами контактного давления, сдвиговой прочности, твердости (упругости) и теплопроводности.

Температура в обкладке из эластомера может повышаться, например, до 60°C, а увеличение натяга в рабочей паре может составлять, например, до 0,05 мм на диаметр на каждые 10°C повышения температуры.

Недостатком известной конструкции является неполное использование возможности повышения ресурса и надежности винтового гидравлического механизма при его использовании в винтовом забойном двигателе, а также повышения максимальной мощности, момента силы на выходном валу в режиме максимальной мощности и усталостной выносливости (ресурса) обкладки из эластомера - не менее 100 тысяч циклов.

Недостатки известной конструкции объясняются неполной возможностью оптимизации толщины обкладки из эластомера вдоль выступов и впадин винтовых зубьев, что приводит к ухудшению отвода внутреннего тепла от обкладки из эластомера к потоку бурового раствора внутри корпуса, а также сквозь стенки корпуса к потоку бурового раствора с выбуренной породой в затрубном пространстве, образованию в центрах профиля обкладки зон деструкции материала от воздействия градиента температур и увеличению натяга в рабочей паре.

В результате центр профиля обкладки становится менее гибким (хрупким и ломким), механические свойства эластомера, например, резины, на этих участках значительно ухудшаются, при этом давление, действующее в камерах между ротором и статором, может превысить предел сдвиговой прочности эластомера, а вершины зубьев в обкладке деформируются и отрываются от корпуса.

Известен статор винтового героторного гидравлического двигателя, содержащий корпус с внутренней поверхностью, выполненной с внутренними винтовыми зубьями, закрепленные в корпусе охватываемую и охватывающую обкладки из эластомера, при этом охватываемая обкладка выполнена с внутренними винтовыми зубьями, предназначенными для размещения ротора, имеющего наружную поверхность с винтовыми зубьями, охватывающая обкладка скреплена с охватываемой обкладкой и с внутренней поверхностью корпуса, а число зубьев ротора на единицу меньше числа зубьев корпуса (US 6881045 A, 23.12.2004).

Известный статор винтового героторного гидравлического двигателя содержит гибкий слой, выполненный из эластомера, имеющий одинаковую толщину на внутренней поверхности корпуса, что приводит к образованию на выступах и впадинах зубьев зон,

отличающихся друг от друга величинами контактного давления, сдвиговой прочности, твердости (упругости) и теплопроводности, которые подвергаются деформации и изгибу при планетарно-роторном вращении ротора внутри статора.

5 Недостатки известной конструкции объясняются неполной возможностью оптимизации толщины обкладки из эластомера вдоль выступов и впадин винтовых  
зубьев, что приводит к ухудшению отвода внутреннего тепла от обкладки из эластомера  
к потоку бурового раствора внутри корпуса, а также сквозь стенки корпуса к потоку  
бурового раствора с выбуренной породой в затрубном пространстве, образованию в  
центрах профиля обкладки зон деструкции материала от воздействия градиента  
10 температур и увеличению натяга в рабочей паре.

В результате центр профиля обкладки становится менее гибким (хрупким и ломким), механические свойства эластомера на этих участках значительно ухудшаются, при этом  
давление, действующее в камерах между ротором и статором, может превысить предел  
сдвиговой прочности эластомера, а вершины зубьев в обкладке деформируются и  
15 отрываются от корпуса.

Недостатком известной конструкции является также высокая вероятность разрушения  
резьбовых соединений трубчатого корпуса при использовании забойного двигателя в  
горизонтальных управляемых компоновках низа бурильной колонны, на участках  
изменения кривизны наклонной скважины, а также потеря его устойчивости  
20 преимущественно при осевой нагрузке на долото и ударных воздействиях от  
гидравлического яса в составе изогнутой колонны бурильных труб, например, при  
прохождении через радиусные участки ствола скважины при горизонтальном бурении,  
что объясняется тем, что статор выполнен составным: из корпуса - гладкой трубы,  
охватываемой и охватывающей обкладок из эластомера, выполненных в форме  
25 геликоида.

Охватываемую обкладку одинаковой толщины выполняют из материала, например, Ultra-Flex 114, а дополнительную охватывающую обкладку с внутренней поверхностью  
в форме геликоида, по существу, с внутренними винтовыми многозаходными зубьями,  
выполняют из более твердого и прочного материала.

30 При этом известный статор при использовании его в винтовом героторном  
гидравлическом двигателе не обеспечивает существенных преимуществ, например,  
максимального темпа набора кривизны (при бурении наклонной скважины) вследствие  
высокой вероятности разрушения корпуса, например, при прохождении через радиусные  
участки ствола скважины при горизонтальном бурении с использованием в колонне  
35 бурильных труб гидравлического яса, с вращением изогнутой колонны бурильных  
труб (20÷40 об/мин), с ударными нагрузками от яса, а также вследствие релаксации  
растягивающих напряжений в изогнутой колонне бурильных труб, в которой установлен  
двигатель.

Недостатки известного статора объясняются также циклическим нагружением  
40 винтовых зубьев, выполненных из эластомеров разной сдвиговой прочности, твердости  
и теплопроводности, которые подвергаются деформации и изгибу при планетарно-  
роторном вращении ротора внутри статора, что приводит к выделению тепла внутри  
материала зубьев, нарушению натяга в рабочей паре, отслоению обкладки из эластомера  
от корпуса, а также к расслоению между обкладками из эластомера вследствие  
45 ухудшения отвода внутреннего тепла из эластомерной обкладки сквозь слой материала  
через стенки корпуса к буровому раствору с выбуренной породой в затрубном  
пространстве.

При этом температура в обкладке из эластомера может повышаться, например, до

85°C, а увеличение натяга в рабочей паре может составлять, например, до 0,08 мм на диаметр на каждые 10°C повышения температуры, что приводит к нерасчетным режимам работы, не обеспечивает максимальной мощности, момента силы на выходном валу в режиме максимальной мощности и допустимой осевой нагрузки при повышении  
5 максимального перепада давления (межвиткового, на зубьях статора) в режиме максимальной мощности.

Известен статор гидравлического забойного двигателя, образующий наружную трубу с внутренней поверхностью, выполненной, по меньшей мере, с двумя внутренними винтовыми зубьями, закрепленную в корпусе обкладку, например, из эластомера,  
10 прилегающую к внутренней поверхности наружной трубы, при этом обкладка выполнена с внутренними винтовыми зубьями, совпадает по форме с внутренними винтовыми зубьями в наружной трубе, а толщина обкладки является максимальной на зубьях, радиально направленных внутрь (US 6604921 B1, 14.04.2005).

Недостатком известной конструкции является неполное использование возможности  
15 повышения надежности и ресурса винтового забойного двигателя, максимальной мощности, момента силы на выходном валу в режиме максимальной мощности и усталостной выносливости (ресурса) обкладки из эластомера - не менее 100 тысяч циклов.

Так как эластомер характеризуется высокими изоляционными свойствами, он  
20 задерживает передачу тепла в большей степени вдоль выступов винтовых зубьев по сравнению с впадинами этих винтовых зубьев.

Температура в обкладке из эластомера может повышаться, например, до 85°C, а увеличение натяга в рабочей паре может составлять, например, до 0,08 мм на диаметр на каждые 10°C повышения температуры, что приводит к нерасчетным режимам работы,  
25 не обеспечивает максимальной мощности, момента силы на выходном валу в режиме максимальной мощности и допустимой осевой нагрузки при повышении максимального перепада давления (межвиткового, на зубьях статора) в режиме максимальной мощности.

Недостатки известного статора для гидравлического забойного двигателя  
30 объясняются неполным использованием возможности оптимизации толщины обкладки вдоль впадин внутренней винтовой поверхности и минимальной толщины стенки наружной трубы по отношению к высоте зубьев в обкладке, а также образованием на выступах и впадинах зубьев зон, отличающихся друг от друга величинами контактного давления, сдвиговой прочности, твердости (упругости) и теплопроводности, которые  
35 подвергаются деформации и изгибу при планетарно-роторном вращении ротора внутри статора, что приводит к повышенному градиенту температуры при выделении тепла внутри материала зубьев и нарушению натяга в рабочей паре, к ухудшению отвода внутреннего тепла от обкладки из эластомера к потоку бурового раствора внутри корпуса, а также сквозь стенки наружной трубы к потоку бурового раствора с  
40 выбуренной породой в затрубном пространстве.

Из-за тепла, образуемого в центрах зубьев, происходит вторичная полимеризация: молекулярная сшивка эластомера (резины), что приводит к деструкции материала, вследствие этого центр профиля обкладки становится негибким (хрупким и ломким), механические свойства эластомера на этих участках значительно ухудшаются, при этом  
45 давление, действующее в камерах между ротором и статором, может превысить предел сдвиговой прочности эластомера, а вершины статора деформируются и отрываются от статора.

Известен статор винтовой героторной гидромашины, например, двигателя для

вращения ротора от насосной подачи текучей среды или насоса для подачи текучей среды за счет вращения ротора, содержащий трубчатый корпус с внутренней поверхностью, выполненной в форме геликоида с внутренними винтовыми зубьями, на каждом краю трубчатого корпуса выполнена внутренняя резьба, а также содержащий  
5 закрепленную в трубчатом корпусе обкладку из эластомера, прилегающую к внутренней поверхности трубчатого корпуса, обкладка из эластомера выполнена с внутренними винтовыми зубьями и совпадает по форме с внутренними винтовыми зубьями в трубчатом корпусе, а толщина обкладки является максимальной на зубьях, радиально направленных внутрь, при этом в трубчатом корпусе максимальная толщина обкладки  
10 из эластомера вдоль впадин ее внутренней винтовой поверхности, расположенных на максимальном радиальном удалении, равна половине высоты ее внутренних винтовых зубьев, а минимальная толщина стенки трубчатого корпуса вдоль радиально направленных наружу впадин ее внутренней винтовой поверхности равна высоте  
15 внутренних винтовых зубьев в обкладке из эластомера, при этом обкладка из эластомера содержит во входной по потоку части трубчатого корпуса, выше по потоку от края внутренних винтовых зубьев, направленного против потока, входной демпфер из эластомера с собственными внутренними винтовыми зубьями, примыкающими к  
20 внутренним винтовым зубьям обкладки из эластомера, прилегающий к внутренней поверхности входной по потоку части трубчатого корпуса с возможностью скрепления с обкладкой из эластомера, боковыми поверхностями внутренних винтовых зубьев  
25 трубчатого корпуса, направленными против потока, и внутренней поверхностью входной по потоку части трубчатого корпуса, при этом ниже по потоку от края внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса в выходной по потоку части трубчатого корпуса обкладка из эластомера содержит выходной демпфер из эластомера  
30 с собственными внутренними винтовыми зубьями, примыкающими к внутренним винтовым зубьям обкладки из эластомера, размещенный внутри трубчатого корпуса, прилегающий к внутренней поверхности выходной по потоку части трубчатого корпуса с возможностью скрепления с обкладкой из эластомера, боковыми поверхностями  
35 внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, направленными по потоку, и внутренней поверхностью выходной по потоку частью трубчатого корпуса, при этом минимальная толщина входного и выходного демпферов из эластомера вдоль впадин их внутренних винтовых зубьев, расположенных на максимальном радиальном удалении, равна толщине обкладки из эластомера на ее зубьях, радиально направленных внутрь  
(RU 2652724C1, 28.04.2018).

35 Основные дефекты, уменьшающие надежность и ресурс забойного двигателя, в котором известный статор выполнен с одинаковой толщиной обкладки из эластомера (R-Wall): растрескивание обкладки из эластомера по краям, со стороны входа и выхода текучей среды (бурового раствора), отслоение обкладки из эластомера, а также вырывы  
40 кусков обкладки из эластомера по краям - во входной и выходной по потоку частях обкладки из эластомера в статоре в напряженных условиях работы (при бурении в твердых породах): при наличии в рабочей паре между ротором и обкладкой трубчатого корпуса необходимого натяга контактное давление составляет  $2,5 \div 3$  МПа, скорость скольжения составляет  $0,5 \div 2,5$  м/с, гидростатическое давление может достигать 50 МПа, а момент силы на выходном валу в режиме максимальной мощности может  
45 достигать 30 кН м, причем в условиях высокой турбулентности бурового раствора, который имеет плотность до  $1500 \text{ кг/м}^3$ , содержит до 2% песка и до 5% нефтепродуктов, что приводит к прекращению циркуляции, при этом основная причина отказа в компоновке низа бурильной колонны (КНБК), в которой установлена двигательная

секция со шпинделем и долотом, - "резина в долоте".

Развитию упомянутых дефектов способствуют высокие рабочие перепады давления, внутреннее выделение тепла в материале обкладки статора, торможение рабочей пары при работе, высокий натяг в рабочей паре.

5 Увеличение длины секции рабочих пар позволяет значительно снизить уровень контактных нагрузок в зацеплении рабочей пары и предотвратить преждевременное разрушение эластомерной обкладки по краям статора.

10 Одновременно повышаются энергетические характеристики двигателя, надежность и ресурс. Однако увеличение длины рабочих пар ротор - статор ухудшает проходимость компоновки низа бурильной колонны при прохождении через радиусные участки ствола скважины при горизонтальном бурении наклонно-направленной скважины.

15 Вследствие особенности работы героторных механизмов винтовых гидромашин, по краям обкладки из эластомера вырабатывается и сохраняется повышенное количество тепла от действия перекашивающих моментов ротора при его планетарно-роторном вращении внутри зубьев обкладки статора из эластомера в режиме максимальной мощности.

В результате центр профиля становится менее гибким (хрупким и ломким), механические свойства эластомера, например, резины, на этих участках значительно ухудшаются, при этом давление, действующее в камерах между ротором и статором, 20 может превысить предел сдвиговой прочности эластомера, а вершины зубьев в обкладке деформируются или отрываются от корпуса, при этом снижается возможность повышения максимальной мощности, момента силы на выходном валу в режиме максимальной мощности и усталостной выносливости (ресурса) обкладки из эластомера - не менее 100 тысяч циклов.

25 Вследствие этого не полностью обеспечиваются свойства эластомера в конструкции, например, усталостной выносливости при знакопеременном изгибе с вращением (ГОСТ 10952-75), остаточной деформации и усталостной выносливости при многократном сжатии (ГОСТ 20418-75), температурного предела хрупкости (ГОСТ 7912-74), истирания при скольжении (ГОСТ 426-77), при этом требуемый интервал скважин не может быть 30 добурен до конца, например, в скважинах, в интервале бурения 2500÷3500 м, имеющих боковые горизонтальные стволы в интервале 750÷1500 м, при этом не повышается наработка на отказ, не обеспечиваются существенные экономические преимущества известной конструкции.

35 Наиболее близким к заявляемой конструкции является статор винтовой героторной гидромашины, содержащий трубчатый корпус с внутренней поверхностью, выполненной в форме геликоида с внутренними винтовыми зубьями, на каждом краю трубчатого корпуса выполнена внутренняя резьба, а также содержащий закрепленную в трубчатом корпусе обкладку из эластомера, прилегающую к внутренней поверхности трубчатого корпуса, обкладка из эластомера выполнена с внутренними винтовыми зубьями и 40 совпадает по форме с внутренними винтовыми зубьями в трубчатом корпусе, а толщина обкладки является максимальной на зубьях, радиально направленных внутрь, при этом в трубчатом корпусе максимальная толщина обкладки из эластомера вдоль впадин ее внутренней винтовой поверхности, расположенных на максимальном радиальном удалении, равна половине высоты ее внутренних винтовых зубьев, а минимальная 45 толщина стенки трубчатого корпуса вдоль радиально направленных наружу впадин ее внутренней винтовой поверхности равна высоте внутренних винтовых зубьев в обкладке из эластомера, а также содержащий во входной по потоку части трубчатого корпуса демпферную полость, расположенную ниже по потоку от края внутренних

винтовых зубьев в трубчатом корпусе, направленного против потока, выполненную в виде кольцевой канавки внутри трубчатого корпуса, примыкающей к боковым поверхностям внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, образованным упомянутой кольцевой канавкой, а обкладка из эластомера содержит в упомянутой демпферной полости входной демпфер из эластомера с собственными внутренними винтовыми зубьями, примыкающими к внутренним винтовым зубьям обкладки из эластомера, прилегающий к поверхности кольцевой канавки внутри трубчатого корпуса и боковым поверхностям внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, образованным упомянутой кольцевой канавкой, с возможностью скрепления с обкладкой из эластомера, а также с кольцевой канавкой внутри трубчатого корпуса и боковыми поверхностями внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, образованными упомянутой кольцевой канавкой, причем минимальное расстояние от направленного против потока края внутренних винтовых зубьев во входной по потоку части трубчатого корпуса до входной кромки входного демпфера, равно толщине входного демпфера из эластомера на его внутренних винтовых зубьях, радиально направленных внутрь, при этом статор содержит в выходной по потоку части трубчатого корпуса демпферную полость, расположенную выше по потоку от края внутренних винтовых зубьев в трубчатом корпусе, направленного по потоку, выполненную в виде кольцевой канавки внутри трубчатого корпуса, примыкающей к боковым поверхностям внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, образованным упомянутой кольцевой канавкой, а обкладка из эластомера содержит в упомянутой демпферной полости выходной демпфер из эластомера с собственными внутренними винтовыми зубьями, примыкающими к внутренним винтовым зубьям обкладки из эластомера, прилегающий к поверхности кольцевой канавки внутри трубчатого корпуса и боковым поверхностям внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, образованным упомянутой кольцевой канавкой, с возможностью скрепления с обкладкой из эластомера, а также с кольцевой канавкой внутри трубчатого корпуса и боковыми поверхностями внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, образованными упомянутой кольцевой канавкой, при этом минимальное расстояние от направленного по потоку края внутренних винтовых зубьев в выходной по потоку части трубчатого корпуса до выходной кромки выходного демпфера, равно толщине выходного демпфера из эластомера на его внутренних винтовых зубьях, радиально направленных внутрь (RU 2689014 C1, 23.05. 2019).

Основные преимущества известного статора с одинаковой толщиной обкладки из эластомера (R-Wall):

повышается нагрузочная способность статора, снижаются гистерезисные потери в обкладке, повышаются энергетические характеристики и тормозной момент двигательной секции, что исключает вероятность торможения двигателя при изменении нагрузки и повышает управляемость бурения;

- снижается количество вырабатываемого и сохраняемого тепла, натяг в соединении ротор-обкладка статора меньше зависит от температуры и деструкции ("разбухания") эластомера, обеспечиваются высокие энергетические характеристики в увеличенном интервале глубины скважины, температуры и буровых растворов на нефтяной основе;

- улучшенные энергетические характеристики двигателя позволяют эффективно использовать его с долотами PDC (Polycrystalline Diamond Compact) с поликристаллическими алмазами;

- за счет меньшей толщины эластомера при отрыве кусков обкладки не происходит закупорки промывочных отверстий долота, вследствие этого требуемый интервал скважины может быть добурен до конца, повышается наработка на отказ (Журнал

"Бурение и нефть", 11/2014, стр. 56÷59).

Известен график обработок двигателей компании «Радиус-Сервис», входящей в состав Шлюмберже, которые работали с долотами StingBlade (рис. 6). Данные представлены для габарита - 172 мм, интервал бурения достигал 2000 м. Анализируя его, легко можно заметить, что 200 часов не представляют проблемы даже для стандартных двигателей компании «Радиус-Сервис». Журнал "Бурение и нефть", №4, 2018 г, Гумич Д.П. и др., " Бурение в один рейс...".

Основные дефекты, уменьшающие ресурс и надежность забойного двигателя, в котором известен статор выполнен с одинаковой толщиной обкладки из эластомера (R-Wall): растрескивание, отслоение и вырывы обкладки из эластомера обкладки из эластомера по краям, со стороны входа и выхода текучей среды (бурового раствора), во входной и выходной по потоку частях обкладки из эластомера в статоре в напряженных условиях работы (при бурении в твердых породах): при наличии в рабочей паре между ротором и обкладкой статора необходимого натяга контактное давление составляет  $2,5 \div 3$  МПа, скорость скольжения составляет  $0,5 \div 2,5$  м/с, гидростатическое давление может достигать 50 МПа, а момент силы на выходном валу в режиме максимальной мощности может достигать 30 кН м, причем в условиях высокой турбулентности бурового раствора, который имеет плотность до  $1500 \text{ кг/м}^3$ , содержит до 2% песка и до 5% нефтепродуктов, что приводит к прекращению циркуляции, при этом основная причина отказа в компоновке низа бурильной колонны (КНБК), в которой установлена двигательная секция со шпинделем и долотом, - "резина в долоте".

Вследствие особенности работы героторных механизмов винтовых гидромашин по краям обкладки из эластомера вырабатывается и сохраняется повышенное количество тепла от действия перекашивающих моментов ротора при его планетарно-роторном вращении внутри зубьев обкладки статора из эластомера в режиме максимальной мощности.

В результате центр профиля становится менее гибким (хрупким и ломким), механические свойства эластомера, например, резины, на этих участках значительно ухудшаются, при этом давление, действующее в камерах между ротором и статором, может превысить предел сдвиговой прочности эластомера, а вершины зубьев в обкладке деформируются или отрываются от корпуса, при этом снижается возможность повышения максимальной мощности, момента силы на выходном валу в режиме максимальной мощности и усталостной выносливости (ресурса) обкладки из эластомера - не менее 100 тысяч циклов.

Вследствие этого не полностью обеспечиваются свойства эластомера в конструкции, например, усталостной выносливости при знакопеременном изгибе с вращением (ГОСТ 10952-75), остаточной деформации и усталостной выносливости при многократном сжатии (ГОСТ 20418-75), температурного предела хрупкости (ГОСТ 7912-74), истирания при скольжении (ГОСТ 426-77), при этом требуемый интервал скважин не может быть добурен до конца, например, в скважинах, в интервале бурения  $2500 \div 3500$  м, имеющих боковые горизонтальные стволы в интервале  $750 \div 1500$  м, при этом не обеспечивается повышение наработки на отказ, не обеспечиваются существенные экономические преимущества известной конструкции.

Другим недостатком известной конструкции является неполная возможность увеличения надежности и ресурса за счет обеспечения равнопрочного и герметичного резьбового соединения трубчатого корпуса с переводником и/или переходником в сложных условиях бурения изогнутых скважин в твердых породах, вызывающих высокие рабочие перепады давления, внутреннее выделение тепла в материале обкладки корпуса,

торможение рабочей пары при работе, высокий натяг в рабочей паре, а также в условиях интенсивного трения и вращения в стволе скважины, с использованием в колонне бурильных труб гидравлических ясов, с ударными нагрузками и ударными импульсами от ясов, а также при релаксации растягивающих напряжений в изогнутой колонне бурильных труб, в которой установлен гидравлический забойный двигатель.

Упомянутый недостаток известной конструкции объясняется повышенной жесткостью корпуса при использовании его в гидравлическом забойном двигателе, по существу, большим значением коэффициента напряжения при изгибе (Stress ratio, отношение изменяющейся амплитуды напряжения к среднему напряжению) в местах стыка резьбовых соединений корпуса с переводником и/или переходником, равным  $7\div 9$ , а также большой вероятностью образования трещин на резьбах и поломки резьбовых соединений корпуса при использовании забойного двигателя в горизонтальных управляемых компоновках низа бурильной колонны, на участках изменения кривизны наклонной скважины.

Вследствие повышенной жесткости корпуса двигателя не полностью обеспечивается возможность повышения точности проходки наклонных и горизонтальных скважин, повышения темпа набора параметров кривизны скважин, а также улучшения проходимости, т.е. уменьшения сопротивления и напряжений в компоновке низа бурильной колонны за счет изгиба корпуса двигателя при прохождении через радиусные участки ствола скважины, имеющие участки малого и среднего радиуса  $30\div 300$  м, в условиях интенсивного трения по стволу скважины.

Технический результат, который обеспечивается изобретением, заключается в повышении ресурса и надежности за счет максимально прочного соединения обкладки из эластомера с корпусом статора и улучшенного теплоотвода внутреннего тепла от обкладки из эластомера к потоку бурового раствора внутри корпуса, а также сквозь стенки корпуса к потоку бурового раствора с выбуренной породой в затрубном пространстве.

Другой технический результат, который обеспечивается изобретением, заключается в повышении точности проходки наклонных и горизонтальных интервалов скважин, в повышении темпа набора параметров кривизны скважин, а также в улучшении проходимости, т.е. в уменьшении сопротивления и напряжений в компоновке низа бурильной колонны при использовании в гидравлическом забойном двигателе путем уменьшения жесткости корпуса, по существу, за счет изгиба корпуса при прохождении через радиусные участки ствола скважины в условиях интенсивного трения по стволу скважины, а также снижения вероятности образования усталостных трещин по краям корпуса при наработке ресурса.

Сущность технического решения заключается в том, что в статоре винтовой героторной гидромашины, содержащем трубчатый корпус с внутренней поверхностью, выполненной с внутренними винтовыми зубьями, на каждом краю трубчатого корпуса выполнена внутренняя резьба, а также содержащем закрепленную в трубчатом корпусе обкладку из эластомера, прилегающую к внутренней поверхности трубчатого корпуса, обкладка из эластомера выполнена с внутренними винтовыми зубьями и совпадает по форме с внутренними винтовыми зубьями в трубчатом корпусе, а также содержащем во входной по потоку части трубчатого корпуса демпферную полость, расположенную ниже по потоку от края внутренних винтовых зубьев в трубчатом корпусе, направленного против потока, выполненную в виде кольцевой канавки внутри трубчатого корпуса, примыкающей к боковым поверхностям внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, образованной упомянутой кольцевой канавкой, а обкладка

из эластомера содержит в упомянутой демпферной полости входной демпфер из эластомера с собственными внутренними винтовыми зубьями, примыкающими к внутренним винтовым зубьям обкладки из эластомера, прилегающий к поверхности кольцевой канавки внутри трубчатого корпуса и боковым поверхностям внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, образованным упомянутой кольцевой канавкой, с возможностью скрепления с обкладкой из эластомера, а также с кольцевой канавкой внутри трубчатого корпуса и боковыми поверхностями внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, образованными упомянутой кольцевой канавкой, а также содержащем в выходной по потоку части трубчатого корпуса демпферную полость, расположенную выше по потоку от края внутренних винтовых зубьев в трубчатом корпусе, направленного по потоку, выполненную в виде кольцевой канавки внутри трубчатого корпуса, примыкающей к боковым поверхностям внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, образованным упомянутой кольцевой канавкой, а обкладка из эластомера содержит в упомянутой демпферной полости выходной демпфер из эластомера с собственными внутренними винтовыми зубьями, примыкающими к внутренним винтовым зубьям обкладки из эластомера, прилегающий к поверхности кольцевой канавки внутри трубчатого корпуса и боковым поверхностям внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, образованным упомянутой кольцевой канавкой, с возможностью скрепления с обкладкой из эластомера, а также с кольцевой канавкой внутри трубчатого корпуса и боковыми поверхностями внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, образованными упомянутой кольцевой канавкой, согласно изобретению внутренние винтовые зубья на внутренней поверхности трубчатого корпуса образованы множеством внутренних винтовых шлиц с круговым профилем поперечного сечения, а вершины внутренних винтовых шлиц сопряжены с огибающей упомянутых внутренних винтовых шлиц, идентичной теоретическому профилю поперечного сечения внутренних винтовых зубьев на внутренней поверхности трубчатого корпуса.

Радиус  $r$  окружности каждого внутреннего винтового шлица с круговым профилем поперечного сечения и радиус  $R$  окружности теоретического профиля поперечного сечения каждого внутреннего винтового зуба на внутренней поверхности трубчатого корпуса связаны соотношением:  $r=(0,1\div 0,2)R$ .

Статор винтовой героторной гидромашины содержит во входной по потоку части трубчатого корпуса с закрепленной в нем обкладкой из эластомера пояс пониженной жесткости, характеризующийся выполнением стенки трубчатого корпуса уменьшенной толщиной, расположенный между краем обкладки из эластомера, направленным против потока, и полным последним витком внутренней резьбы во входной по потоку части трубчатого корпуса, а в выходной по потоку части трубчатого корпуса содержит пояс пониженной жесткости, характеризующийся выполнением стенки трубчатого корпуса уменьшенной толщиной, расположенный между краем обкладки из эластомера, направленным по потоку, и полным последним витком внутренней резьбы в выходной по потоку части трубчатого корпуса, при этом отношение уменьшенной толщины стенок трубчатого корпуса во входной по потоку части трубчатого корпуса, а также в выходной по потоку части трубчатого корпуса к наружному диаметру трубчатого корпуса составляет  $0,04\div 0,08$ .

Выполнение статора винтовой героторной гидромашины таким образом, что внутренние винтовые зубья на внутренней поверхности трубчатого корпуса образованы множеством внутренних винтовых шлиц с круговым профилем поперечного сечения, а вершины внутренних винтовых шлиц сопряжены с огибающей упомянутых внутренних винтовых шлиц, идентичной теоретическому профилю поперечного сечения внутренних

винтовых зубьев на внутренней поверхности трубчатого корпуса, обеспечивает повышение ресурса и надежности за счет максимально прочного соединения обкладки из эластомера с корпусом статора и улучшенного теплоотвода внутреннего тепла от обкладки из эластомера к потоку бурового раствора внутри корпуса, а также сквозь 5 стенки корпуса к потоку бурового раствора с выбуренной породой в затрубном пространстве, что предотвращает отслоение обкладки из эластомера на рабочей длине статора, а также растрескивание, отслоение и вырывы кусков обкладки из эластомера по краям, со стороны входа и выхода текучей среды (бурового раствора), в напряженных 10 условиях работы (при бурении в твердых породах): при наличии в рабочей паре между ротором и обкладкой трубчатого корпуса необходимого натяга контактное давление составляет  $2,5 \div 3$  МПа, скорость скольжения составляет  $0,5 \div 2,5$  м/с, гидростатическое давление может достигать 50 МПа, а момент силы на выходном валу в режиме максимальной мощности может достигать 30 кН м, причем в условиях высокой 15 турбулентности бурового раствора, который имеет плотность до  $1500 \text{ кг/м}^3$ , содержит до 2% песка и до 5% нефтепродуктов.

Вследствие этого повышаются свойства эластомера в конструкции, например, усталостной выносливости при знакопеременном изгибе с вращением (ГОСТ 10952-75), остаточной деформации и усталостной выносливости при многократном сжатии 20 (ГОСТ 20418-75), температурного предела хрупкости (ГОСТ 7912-74), истирания при скольжении (ГОСТ 426-77), что предотвращает закупорку промывочного узла бурового долота, по существу, предотвращает основной отказ компоновки низа бурильной колонны (КНБК) при бурении скважины по причине - "резина в долоте", при этом требуемый интервал скважины может быть добурен до конца, повышается наработка на отказ, обеспечиваются существенные экономические преимущества заявляемой 25 конструкции.

Выполнение статора винтовой героторной гидромашины таким образом, что радиус  $r$  окружности каждого внутреннего винтового шлица с круговым профилем поперечного сечения и радиус  $R$  окружности теоретического профиля поперечного сечения каждого 30 внутреннего винтового зуба на внутренней поверхности трубчатого корпуса связаны соотношением:  $r=(0,1 \div 0,2)R$ , обеспечивает лучшие свойства эластомера в конструкции, например, усталостной выносливости при знакопеременном изгибе с вращением (ГОСТ 10952-75), остаточной деформации и усталостной выносливости при многократном сжатии (ГОСТ 20418-75), температурного предела хрупкости (ГОСТ 7912-74), истирания при скольжении (ГОСТ 426-77). 35

Выполнение статора винтовой героторной гидромашины таким образом, что он содержит во входной по потоку части трубчатого корпуса с закрепленной в нем обкладкой из эластомера пояс пониженной жесткости, характеризующийся выполнением 40 стенки трубчатого корпуса уменьшенной толщиной, расположенный между краем обкладки из эластомера, направленным против потока, и полным последним витком внутренней резьбы во входной по потоку части трубчатого корпуса, а в выходной по потоку части трубчатого корпуса содержит пояс пониженной жесткости, характеризующийся выполнением стенки трубчатого корпуса уменьшенной толщиной, расположенный между краем обкладки из эластомера, направленным по потоку, и 45 полным последним витком внутренней резьбы в выходной по потоку части трубчатого корпуса, при этом отношение уменьшенной толщины стенок трубчатого корпуса во входной по потоку части трубчатого корпуса, а также в выходной по потоку части трубчатого корпуса к наружному диаметру трубчатого корпуса составляет  $0,04 \div 0,08$ , обеспечивает повышение точности проходки наклонных и горизонтальных скважин,

повышение темпа набора параметров кривизны скважин, а также улучшение проходимости, т.е. уменьшение сопротивления и напряжений в компоновке низа бурильной колонны при использовании в гидравлическом забойном двигателе, по существу, путем изгиба корпуса при прохождении через радиусные участки ствола скважины в условиях интенсивного трения по стволу скважины, а также снижения вероятности образования усталостных трещин по краям корпуса при наработке ресурса.

Ниже представлен лучший вариант статора с одинаковой толщиной обкладки из эластомера (R-Wall) двигательной секции винтового героторного гидравлического двигателя ДРУ-240 РС для бурения нефтяных скважин.

На фиг. 1 изображен продольный разрез статора винтового героторного гидравлического двигателя.

На фиг. 2 изображен разрез А-А на фиг. 1 поперек входной по потоку части корпуса, число зубьев корпуса равно 7.

На фиг. 3 изображен разрез Б-Б на фиг. 1 поперек входного демпфера из эластомера в демпферной полости корпуса, число зубьев входного демпфера равно 7.

На фиг. 4 изображен разрез В-В на фиг. 1 поперек корпуса с внутренними винтовыми зубьями и обкладкой из эластомера, число зубьев обкладки равно 7.

На фиг. 5 изображен разрез Г-Г на фиг. 1 поперек выходного демпфера из эластомера в демпферной полости корпуса, число зубьев выходного демпфера равно 7.

На фиг. 6 изображен разрез Д-Д на фиг. 1 поперек выходной по потоку части корпуса, число зубьев корпуса равно 7.

На фиг. 7 изображен элемент Е внутреннего винтового зуба на внутренней поверхности корпуса.

На фиг. 8 изображен продольный разрез двигательной секции, включающей ротор, установленный внутри входного демпфера, обкладки и выходного демпфера, все из эластомера, внутри корпуса.

На фиг. 9 изображен разрез Ж-Ж на фиг. 8 поперек корпуса двигательной секции, включающей входной демпфер из эластомера и ротор, отношение чисел зубьев ротор-входной демпфер равно 6/7.

На фиг. 10 изображен разрез И-И на фиг. 8 поперек двигательной секции, включающей статор с обкладкой из эластомера и ротор, отношение чисел зубьев ротор-обкладка равно 6/7.

На фиг. 11 изображен разрез К-К на фиг. 8 поперек корпуса двигательной секции, включающей выходной демпфер из эластомера и ротор, отношение чисел зубьев ротор-выходной демпфер равно 6/7.

Статор винтовой героторной гидромашины содержит трубчатый корпус 1 с внутренней поверхностью 2, выполненной с внутренними винтовыми зубьями 3, на входном по потоку текучей среды (бурового раствора) 4 краю 5 трубчатого корпуса 1 выполнена внутренняя коническая трубная резьба 6, например, РКТ154х6,35х1:9,6 СТП 001-2007, на выходном по потоку текучей среды 4 краю 7 трубчатого корпуса 1 выполнена внутренняя коническая трубная резьба 8, например, РКТ154х6,35х1:9,6 СТП 001-2007, а также содержит закрепленную в трубчатом корпусе 1 обкладку 9 из эластомера, например, из резины марки RI (DE), прилегающую к внутренней поверхности 2 трубчатого корпуса 1, при этом обкладка 9 из эластомера выполнена с внутренними винтовыми зубьями 10 и совпадает по форме с внутренними винтовыми зубьями 3 в трубчатом корпусе 1, изображено на фиг. 1, 2, 4.

Статор содержит во входной по потоку текучей среды 4 (бурового раствора) части 5 внутри трубчатого корпуса 1 демпферную полость 11, расположенную ниже по потоку

4 от края 12 внутренних винтовых зубьев 3 трубчатого корпуса 1, направленного против потока 4, выполненную в виде кольцевой канавки 13 внутри трубчатого корпуса 1, примыкающей к боковым поверхностям 14 и 15 внутренних винтовых зубьев 3 трубчатого корпуса 1, образованной упомянутой кольцевой канавкой 13, изображено на фиг. 1, 2.

Обкладка 9 из эластомера содержит в упомянутой демпферной полости 11 входной демпфер 16 из эластомера с собственными внутренними винтовыми зубьями 17, примыкающими к внутренним винтовым зубьям 10 обкладки 9 из эластомера, прилегающий к поверхности 13 демпферной полости 11 внутри входной по потоку 4 части 5 трубчатого корпуса 1, с возможностью скрепления с обкладкой 9 из эластомера, а также с поверхностью кольцевой канавки 13 и боковыми поверхностями, соответственно 14 и 15 внутренних винтовых зубьев 3 трубчатого корпуса 1, образованными упомянутой кольцевой канавкой 13, изображено на фиг. 1, 2, 3, 4.

Статор содержит в выходной по потоку текучей среды 4 (бурового раствора) части 7 трубчатого корпуса 1 демпферную полость 18, расположенную выше по потоку текучей среды 4 от края 19 внутренних винтовых зубьев 3 в трубчатом корпусе 1, направленного по потоку текучей среды 4, выполненную в виде кольцевой канавки 20 внутри трубчатого корпуса 1, примыкающей к боковым поверхностям 21 и 22 внутренних винтовых зубьев 3 трубчатого корпуса 1, образованной упомянутой кольцевой канавкой 20, изображено на фиг. 1, 4, 5, 6.

Обкладка 9 из эластомера содержит в упомянутой демпферной полости 18 выходной демпфер 23 из эластомера с собственными внутренними винтовыми зубьями 24, примыкающими к внутренним винтовым зубьям 10 обкладки 9 из эластомера, прилегающий к поверхности 20 кольцевой канавки 18 внутри трубчатого корпуса 1 и боковым поверхностям, соответственно 21, 22 внутренних винтовых зубьев 3 трубчатого корпуса 1, образованным упомянутой кольцевой канавкой 18, с возможностью скрепления с обкладкой 9 из эластомера, а также с кольцевой канавкой 18 внутри трубчатого корпуса 1 и боковыми поверхностями 21, 22 внутренних винтовых зубьев 3 трубчатого корпуса 1, образованными упомянутой кольцевой канавкой 18, изображено на фиг. 1, 4, 5, 6.

Внутренние винтовые зубья 3 на внутренней поверхности 2 трубчатого корпуса 1 образованы множеством внутренних винтовых шлиц 25 с круговым профилем 26 поперечного сечения, а вершины 27 внутренних винтовых шлиц 25 сопряжены с огибающей 28 упомянутых внутренних винтовых шлиц 25, идентичной теоретическому профилю 29 поперечного сечения внутренних винтовых зубьев 3 на внутренней поверхности 2 трубчатого корпуса 1, изображено на фиг. 1, 2, 6, 7.

Радиус  $r$ , 30 окружности каждого внутреннего винтового шлица 25 с круговым профилем поперечного сечения и радиус  $R$ , 31 окружности теоретического профиля поперечного сечения каждого внутреннего винтового зуба 3 на внутренней поверхности 2 трубчатого корпуса 1 связаны соотношением:  $r=(0,1\div 0,2)R$ , изображено на фиг. 1, 2, 6, 7.

Статор содержит во входной по потоку текучей среды 4 части 5 трубчатого корпуса 1 пояс 32 пониженной жесткости, характеризующийся выполнением стенки 33 трубчатого корпуса 1 уменьшенной толщиной 34, расположенным между краем 12 внутренних винтовых зубьев 3 трубчатого корпуса 1, направленных против потока текучей среды 4, и полным последним витком 35 внутренней резьбы 6 во входной по потоку текучей среды 4 части 5 трубчатого корпуса 1, изображено на фиг. 1, 2.

В выходной по потоку текучей среды 4 части 7 трубчатого корпуса 1 статор содержит

пояс 36 пониженной жесткости, характеризующийся выполнением стенки 37 трубчатого корпуса 1 уменьшенной толщиной 38, расположенный между краем 19 внутренних винтовых зубьев 3 трубчатого корпуса 1, направленных по потоку текучей среды 4, и полным последним витком 39 внутренней резьбы 8 в выходной по потоку текучей среды 4 части 7 трубчатого корпуса 1, изображено на фиг. 1, 6.

Отношение уменьшенной толщины 34 стенки 33 трубчатого корпуса 1 во входной по потоку текучей среды 4 части 5 трубчатого корпуса 1, а также отношение уменьшенной толщины 38 стенки 37 трубчатого корпуса 1 в выходной по потоку текучей среды 4 части 7 трубчатого корпуса 1 к наружному диаметру 40 трубчатого корпуса 1 составляет  $0,04 \div 0,08$ , изображено на фиг. 1, 2, 6.

Статор с равномерной толщиной обкладки 9 из эластомера (R-Wall) входит в модуль двигательной секции винтового забойного двигателя для бурения нефтяных скважин, включающего шпиндельную секцию, карданный вал, регулятор угла перекося между двигательной и шпиндельной секциями, и долото (не изображенные), при этом в состав двигательной секции входит ротор 41, имеющий винтовые зубья 42, число зубьев 42 ротора 41 на единицу меньше числа зубьев 10 обкладки 9 из эластомера, а также на единицу меньше числа зубьев 17 входного демпфера 16 из эластомера, а также на единицу меньше числа зубьев 24 выходного демпфера 23 из эластомера, при этом отношение числа зубьев 42 ротора 41 к числу зубьев 10 обкладки 9 из эластомера, а также к числу зубьев 17 входного демпфера 16 из эластомера, а также к числу зубьев 24 выходного демпфера 23 из эластомера равно  $6/7$ , при этом поз. 43 - центральная продольная ось ротора 41, поз. 44 - центральная продольная ось обкладки 9 из эластомера, закрепленной внутри трубчатого корпуса 1, а также входного демпфера 16 из эластомера, а также выходного демпфера 23 из эластомера, при этом поз. 45 - величина эксцентриситета ротора 41, установленного в обкладке 9 из эластомера внутри трубчатого корпуса 1, скрепленной с внутренней поверхностью трубчатого корпуса 1, а также установленного во входном демпфере 16 из эластомера, а также установленного в выходном демпфере 23 из эластомера, изображено на фиг. 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11.

Твердость обкладки 9 из эластомера, а также входного и выходного кольцевых демпферов, соответственно, 16 и 23, например, из резины марки R1 (DE), составляет  $77 \pm 3$  ед. Шор А.

Кроме того, поз. 46 - перемещающиеся винтовые камеры между зубьями 42 ротора 41 и зубьями 17 входного демпфера 16 эластомера, поз. 47 - перемещающиеся винтовые камеры между зубьями 42 ротора 41 и зубьями 10 обкладки 9 из эластомера, поз. 48 - перемещающиеся винтовые камеры между зубьями 42 ротора 41 и зубьями 24 выходного демпфера 23 из эластомера, изображено на фиг. 8, 9, 10, 11.

Конструкция статора при ее использовании в винтовом забойном двигателе для бурения нефтяных скважин работает следующим образом: поток бурового раствора 4 под давлением, например,  $25 \div 35$  МПа по колонне бурильных труб подается в винтовые камеры 46 между зубьями 42 ротора 41 и зубьями 17 входного демпфера 16 из эластомера во входной по потоку текучей среды - бурового раствора 4 части 5 трубчатого корпуса 1, подается в винтовые камеры 47 между зубьями 42 ротора 41 и зубьями 10 обкладки 9 из эластомера, закрепленной внутри трубчатого корпуса 1, подается в винтовые камеры 48 между зубьями 42 ротора 41 и зубьями 24 выходного демпфера 23 в выходной по потоку текучей среды 4 части 7 трубчатого корпуса 1, образует область высокого давления и вращающий момент от гидравлических сил, который приводит в планетарно-роторное вращение ротор 41 внутри входного демпфера 16 из эластомера во входной

по потоку 4 текучей среды - бурового раствора части 5 трубчатого корпуса 1, обкладки 9 из эластомера, закрепленной в трубчатом корпусе 1, а также выходного демпфера 23 из эластомера с внутренними винтовыми зубьями 24 в выходной по потоку 4 части 7 трубчатого корпуса 1.

5 Винтовые камеры 46 между зубьями 42 ротора 41 и зубьями 17 входного демпфера 16 из эластомера во входной по потоку текучей среды - бурового раствора 4 части 5 трубчатого корпуса 1, винтовые камеры 47 между зубьями 42 ротора 41 и зубьями 10 обкладки 9 из эластомера, закрепленной внутри трубчатого корпуса 1, а также винтовые  
10 камеры 48 между зубьями 42 ротора 41 и зубьями 24 выходного демпфера 23 в выходной по потоку текучей среды 4 части 7 трубчатого корпуса 1 периодически перемещаются по потоку текучей среды - бурового раствора 4, который имеет плотность до  $1500 \text{ кг/м}^3$ , содержит до 2% песка и до 5% нефтепродуктов.

Планетарно-роторное вращение ротора 41 внутри входного демпфера 16 из эластомера во входной по потоку текучей среды - бурового раствора 4 части 5  
15 трубчатого корпуса 1, внутри зубьев 10 обкладки 9 из эластомера, закрепленной внутри трубчатого корпуса 1, а также внутри зубьев 24 выходного демпфера 23 в выходной по потоку текучей среды 4 части 7 трубчатого корпуса 1 передает крутящий момент (в противоположном направлении) через приводной (карданный) вал, вал шпиндельной  
20 секции, на долото, закрепленное в муфтовой резьбе вала шпиндельной секции (не изображенные), осуществляя бурение наклонно направленных и горизонтальных скважин.

В режиме максимальной мощности частота вращения вала шпиндельной секции и долота составляет, например,  $(1,8 \div 2,5) \text{ с}^{-1}$ ; момент силы на валу шпиндельной секции  
25 составляет  $(9 \div 14) \text{ кН}\cdot\text{м}$ ; перепад давления (межвиткового, на зубьях обкладки из эластомера в корпусе 1) в режиме максимальной мощности составляет  $17 \div 28 \text{ МПа}$ ; максимальная осевая нагрузка (на долото) составляет 250 кН.

Винтовые зубья 17 входного демпфера 16 из эластомера во входной по потоку 4 текучей среды - бурового раствора части 5 трубчатого корпуса 1, винтовые зубья 10  
30 обкладки 9 из эластомера, закрепленной внутри трубчатого корпуса 1, а также винтовые зубья 24 выходного демпфера 23 в выходной по потоку 4 текучей среды части 7 трубчатого корпуса 1 подвергаются сложной деформации и изгибу при планетарно-роторном вращении ротора 41 внутри входного демпфера 16 из эластомера во входной по потоку 4 текучей среды - бурового раствора части 5 трубчатого корпуса 1, внутри  
35 обкладки 9 из эластомера, закрепленной в трубчатом корпусе 1, а также внутри выходного демпфера 23 из эластомера с внутренними винтовыми зубьями 35 в выходной по потоку 4 части 7 трубчатого корпуса 1.

В заявляемой конструкции за счет того, внутренние винтовые зубья 3 на внутренней поверхности 2 трубчатого корпуса 1 образованы множеством внутренних винтовых  
40 шлиц 25 с круговым профилем 26 поперечного сечения, а вершины 27 внутренних винтовых шлиц 25 сопряжены с огибающей 28 упомянутых внутренних винтовых шлиц 25, идентичной теоретическому профилю 29 поперечного сечения внутренних винтовых зубьев 3 на внутренней поверхности 2 трубчатого корпуса 1, обеспечивается повышение ресурса и надежности за счет максимально прочного соединения обкладки из эластомера  
45 с корпусом статора и улучшенного теплоотвода внутреннего тепла от обкладки из эластомера к потоку бурового раствора внутри корпуса, а также сквозь стенки корпуса к потоку бурового раствора с выбуренной породой в затрубном пространстве, что предотвращает отслоение обкладки из эластомера на рабочей длине статора, предотвращает растрескивание, отслоение и вырывы кусков обкладки из эластомера

обкладки из эластомера по краям, со стороны входа и выхода текучей среды (бурового раствора), в напряженных условиях работы (при бурении в твердых породах): при наличии в рабочей паре между ротором и обкладкой трубчатого корпуса необходимого натяга контактное давление составляет  $2,5 \div 3$  МПа, скорость скольжения составляет  $0,5 \div 2,5$  м/с, гидростатическое давление может достигать 50 МПа, а момент силы на выходном валу в режиме максимальной мощности может достигать 30 кН м, причем в условиях высокой турбулентности бурового раствора, который имеет плотность до  $1500 \text{ кг/м}^3$ , содержит до 2% песка и до 5% нефтепродуктов.

При этом повышаются упруго-прочностные свойства эластомера в конструкции: усталостная выносливость при знакопеременном изгибе с вращением (ГОСТ 10952-75), остаточная деформация и усталостная выносливость при многократном сжатии (ГОСТ 20418-75), температурный предел хрупкости (ГОСТ 7912-74), истирание при скольжении (ГОСТ 426-77), вследствие этого снижается вероятность растрескивания, отслоения и вырывов кусков обкладки из эластомера во входной и выходной по потоку части обкладки из эластомера в статоре, предотвращается закупорка промывочного узла бурового долота, устраняется основной отказ компоновки низа буровой колонны (КНБК) при бурении скважин по причине - "резина в долоте", вследствие этого требуемый интервал скважины может быть добурен до конца, повышается наработка на отказ, обеспечиваются существенные экономические преимущества заявляемой конструкции.

В заявляемой конструкции за счет того, радиус  $r$ , 30 окружности каждого внутреннего винтового шлица 25 с круговым профилем поперечного сечения и радиус  $R$ , 31 окружности теоретического профиля поперечного сечения каждого внутреннего винтового зуба 3 на внутренней поверхности 2 трубчатого корпуса 1 связаны соотношением:  $r=(0,1 \div 0,2)R$ , обеспечиваются лучшие свойства эластомера в конструкции, например, усталостной выносливости при знакопеременном изгибе с вращением (ГОСТ 10952-75), остаточной деформации и усталостной выносливости при многократном сжатии (ГОСТ 20418-75), температурного предела хрупкости (ГОСТ 7912-74), истирания при скольжении (ГОСТ 426-77).

В заявляемой конструкции за счет того, что статор содержит во входной по потоку текучей среды 4 части 5 трубчатого корпуса 1 пояс 32 пониженной жесткости, характеризующийся выполнением стенки 33 трубчатого корпуса 1 уменьшенной толщиной 34, расположенным между краем 12 внутренних винтовых зубьев 3 трубчатого корпуса 1, направленных против потока текучей среды 4, и полным последним витком 35 внутренней резьбы 6 во входной по потоку текучей среды 4 части 5 трубчатого корпуса 1, при этом в выходной по потоку текучей среды 4 части 7 трубчатого корпуса 1 статор содержит пояс 36 пониженной жесткости, характеризующийся выполнением стенки 37 трубчатого корпуса 1 уменьшенной толщиной 38, расположенный между краем 19 внутренних винтовых зубьев 3 трубчатого корпуса 1, направленных по потоку текучей среды 4, и полным последним витком 39 внутренней резьбы 8 в выходной по потоку текучей среды 4 части 7 трубчатого корпуса 1, а отношение уменьшенной толщины 34 стенки 33 трубчатого корпуса 1 во входной по потоку текучей среды 4 части 5 трубчатого корпуса 1, а также отношение уменьшенной толщины 38 стенки 37 трубчатого корпуса 1 в выходной по потоку текучей среды 4 части 7 трубчатого корпуса 1 к наружному диаметру 40 трубчатого корпуса 1 составляет  $0,04 \div 0,08$ , обеспечивается повышение точности проходки наклонных и горизонтальных скважин, повышение темпа набора параметров кривизны скважин, а также улучшение проходимости, т.е. уменьшение сопротивления и напряжений в компоновке низа буровой колонны при

использовании в гидравлическом забойном двигателе, по существу, путем изгиба корпуса при прохождении через радиусные участки ствола скважины в условиях интенсивного трения по стволу скважины, а также снижения вероятности образования усталостных трещин по краям корпуса при наработке ресурса.

5 Изобретение повышает ресурс и надежность при использовании в гидравлическом забойном двигателе для бурения изогнутых скважин за счет максимально прочного соединения обкладки из эластомера с корпусом статора и улучшенного теплоотвода  
10 внутреннего тепла от обкладки из эластомера к потоку бурового раствора внутри корпуса, а также сквозь стенки корпуса к потоку бурового раствора с выбуренной породой в затрубном пространстве, за счет этого предотвращается закупорка промывочного узла бурового долота, вследствие этого требуемый интервал скважины может быть добурен до конца, повышается наработка на отказ, обеспечиваются экономические преимущества заявляемой конструкции.

15 Изобретение повышает также точность проходки наклонных и горизонтальных скважин, темп набора параметров кривизны скважин, а также улучшает проходимость, т.е. уменьшает сопротивления и напряжения в компоновке низа бурильной колонны за счет изгиба корпуса при прохождении через радиусные участки ствола скважины в условиях интенсивного трения по стволу скважины, снижает вероятность образования усталостных трещин по краям корпуса при наработке ресурса.

20

#### (57) Формула изобретения

1. Статор винтовой героторной гидромашин, содержащий трубчатый корпус с внутренней поверхностью, выполненной с внутренними винтовыми зубьями, на каждом краю трубчатого корпуса выполнена внутренняя резьба, а также содержащий  
25 закрепленную в трубчатом корпусе обкладку из эластомера, прилегающую к внутренней поверхности трубчатого корпуса, обкладка из эластомера выполнена с внутренними винтовыми зубьями и совпадает по форме с внутренними винтовыми зубьями в трубчатом корпусе, а также содержащий во входной по потоку части трубчатого корпуса демпферную полость, расположенную ниже по потоку от края внутренних  
30 винтовых зубьев в трубчатом корпусе, направленного против потока, выполненную в виде кольцевой канавки внутри трубчатого корпуса, примыкающей к боковым поверхностям внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, образованной упомянутой кольцевой канавкой, а обкладка из эластомера содержит в упомянутой демпферной полости входной демпфер из эластомера с собственными внутренними  
35 винтовыми зубьями, примыкающими к внутренним винтовым зубьям обкладки из эластомера, прилегающий к поверхности кольцевой канавки внутри трубчатого корпуса и боковым поверхностям внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, образованным упомянутой кольцевой канавкой, с возможностью скрепления с обкладкой из эластомера, а также с кольцевой канавкой внутри трубчатого корпуса и  
40 боковыми поверхностями внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, образованными упомянутой кольцевой канавкой, а также содержащий в выходной по потоку части трубчатого корпуса демпферную полость, расположенную выше по потоку от края внутренних винтовых зубьев в трубчатом корпусе, направленного по потоку, выполненную в виде кольцевой канавки внутри трубчатого корпуса,  
45 примыкающей к боковым поверхностям внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, образованным упомянутой кольцевой канавкой, а обкладка из эластомера содержит в упомянутой демпферной полости выходной демпфер из эластомера с собственными внутренними винтовыми зубьями, примыкающими к внутренним

винтовым зубьям обкладки из эластомера, прилегающий к поверхности кольцевой канавки внутри трубчатого корпуса и боковым поверхностям внутренних винтовых зубьев трубчатого корпуса, образованным упомянутой кольцевой канавкой, с  
5  
возможностью скрепления с обкладкой из эластомера, а также с кольцевой канавкой  
внутри трубчатого корпуса и боковыми поверхностями внутренних винтовых зубьев  
трубчатого корпуса, образованными упомянутой кольцевой канавкой, отличающийся  
тем, что внутренние винтовые зубья на внутренней поверхности трубчатого корпуса  
образованы множеством внутренних винтовых шлиц с круговым профилем поперечного  
10  
сечения, а вершины внутренних винтовых шлиц сопряжены с огибающей упомянутых  
внутренних винтовых шлиц, идентичной теоретическому профилю поперечного сечения  
внутренних винтовых зубьев на внутренней поверхности трубчатого корпуса.

2. Статор винтовой героторной гидромашины по п. 1, отличающийся тем, что радиус  
г окружности каждого внутреннего винтового шлица с круговым профилем поперечного  
сечения и радиус R окружности теоретического профиля поперечного сечения каждого  
15  
внутреннего винтового зуба на внутренней поверхности трубчатого корпуса связаны  
соотношением:  $r=(0,1\div 0,2)R$ .

3. Статор винтовой героторной гидромашины по п. 1, отличающийся тем, что  
содержит во входной по потоку части трубчатого корпуса с закрепленной в нем  
обкладкой из эластомера пояс пониженной жесткости, характеризующийся выполнением  
20  
стенки трубчатого корпуса уменьшенной толщиной, расположенный между краем  
обкладки из эластомера, направленным против потока, и полным последним витком  
внутренней резьбы во входной по потоку части трубчатого корпуса, а в выходной по  
потоку части трубчатого корпуса содержит пояс пониженной жесткости,  
характеризующийся выполнением стенки трубчатого корпуса уменьшенной толщиной,  
25  
расположенный между краем обкладки из эластомера, направленным по потоку, и  
полным последним витком внутренней резьбы в выходной по потоку части трубчатого  
корпуса, при этом отношение уменьшенной толщины стенок трубчатого корпуса во  
входной по потоку части трубчатого корпуса, а также в выходной по потоку части  
трубчатого корпуса к наружному диаметру трубчатого корпуса составляет  $0,04\div 0,08$ .

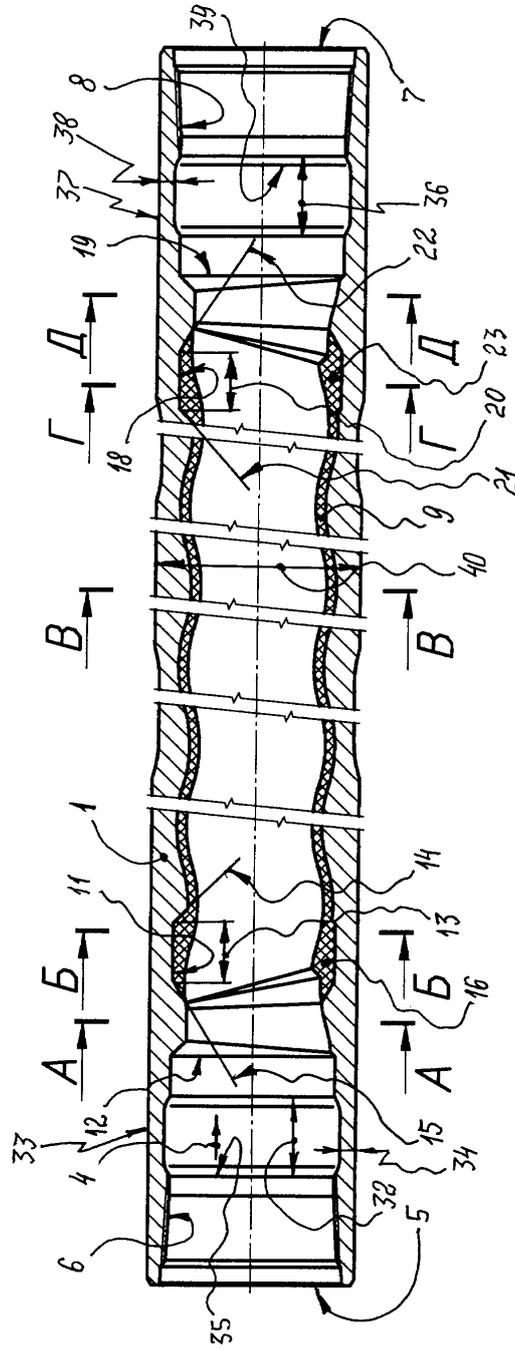
30

35

40

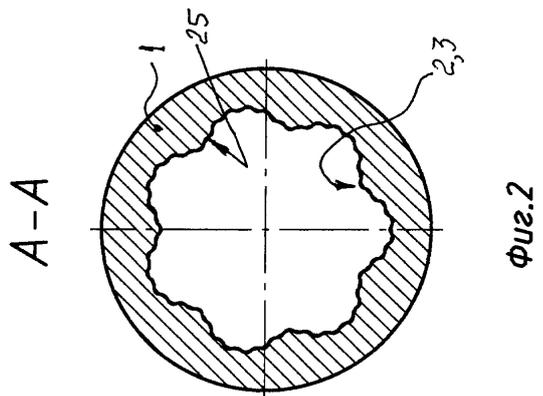
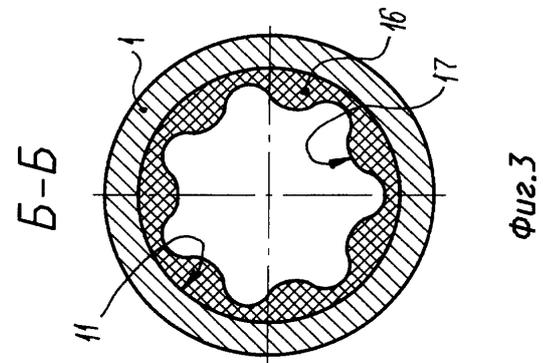
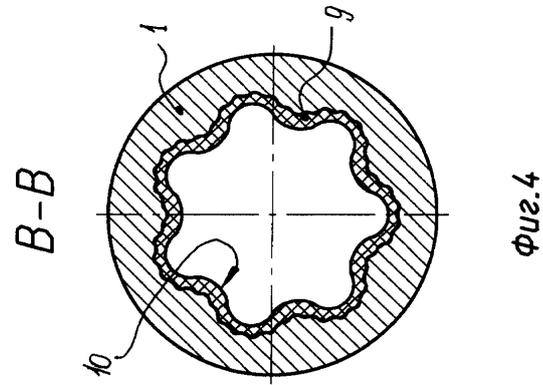
45

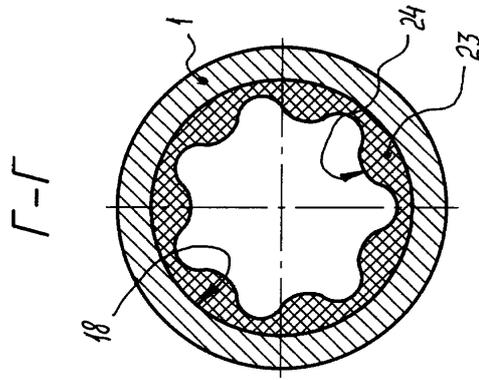
1



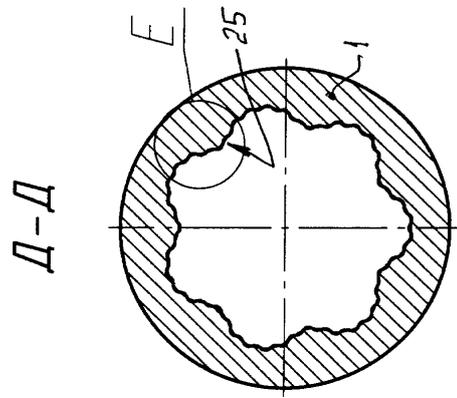
Фиг.1

2

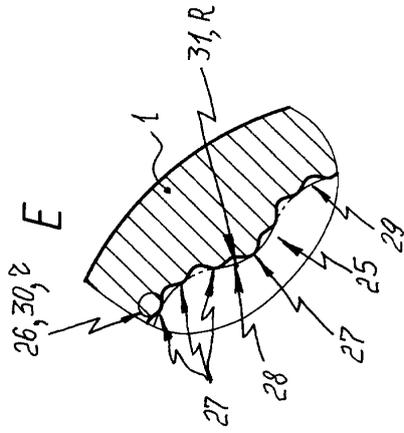




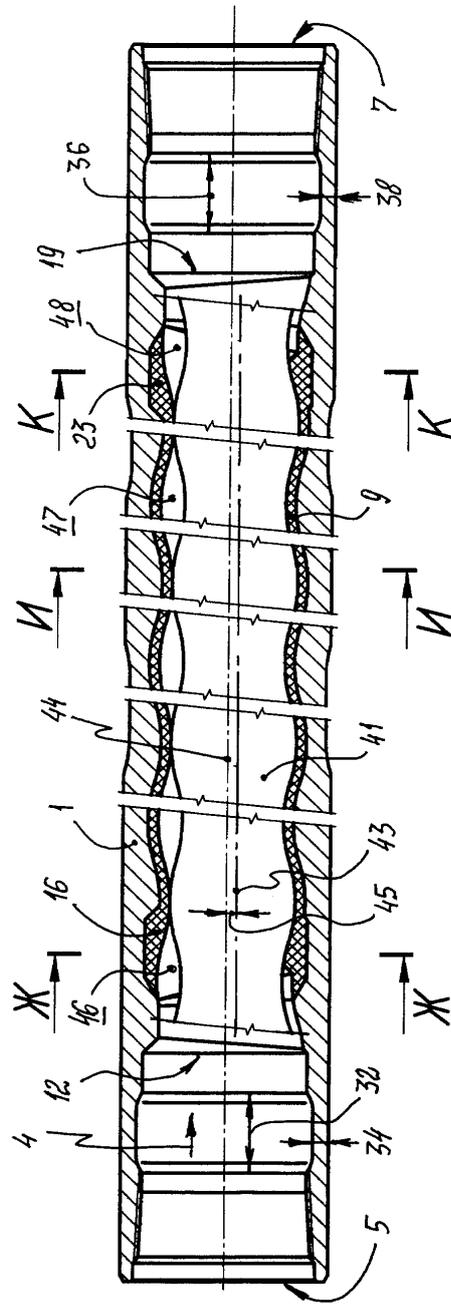
Фиг.5



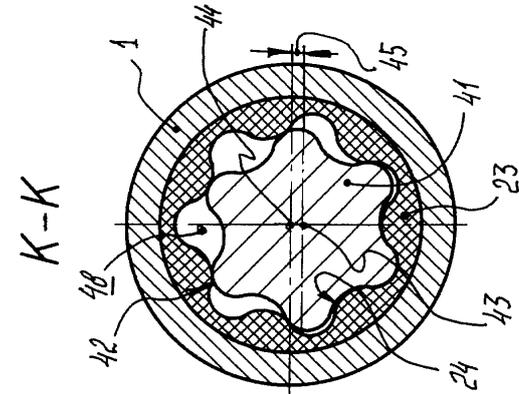
Фиг.6



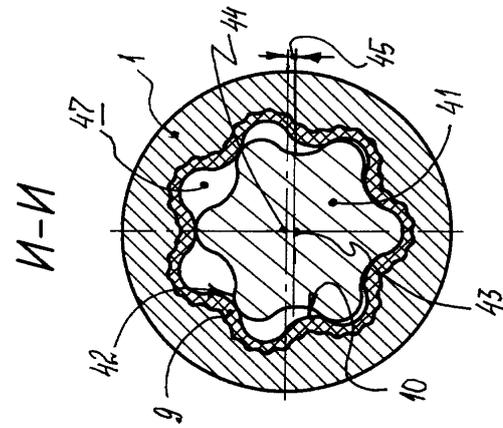
Фиг.7



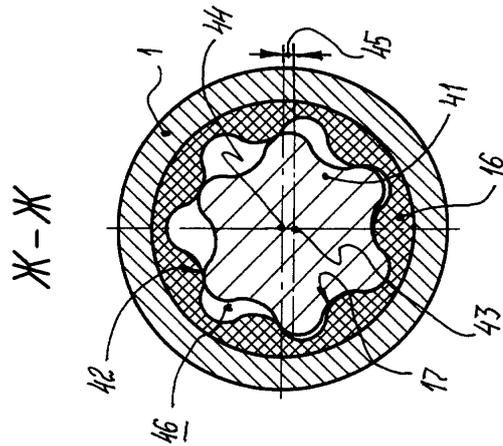
Фиг. 8



Фиг. 11



Фиг. 10



Фиг. 9