



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 19.09.2011)
Пошлина: учтена за 7 год с 08.09.2006 по 07.09.2007

(21)(22) Заявка: [2000123154/28](#), 07.09.2000(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.09.2000

(45) Опубликовано: 27.06.2002 Бюл. № 18

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 1810681 A1, 23.04.1993. SU
1357633 A2, 07.12.1987. WO 99/31408 A1,
24.06.1999. US 4960003, 02.10.1990. SU
1359524, 15.12.1987. JP 60164059,
27.08.1985.

Адрес для переписки:

121923, Москва, ул. Новый Арбат, 21,
эт.13, ЗАО "Интербизнеспроект"

(71) Заявитель(и):

Панин Александр Андреевич

(72) Автор(ы):

Панин А.А.,
Шумилов В.П.,
Литвяк В.А.

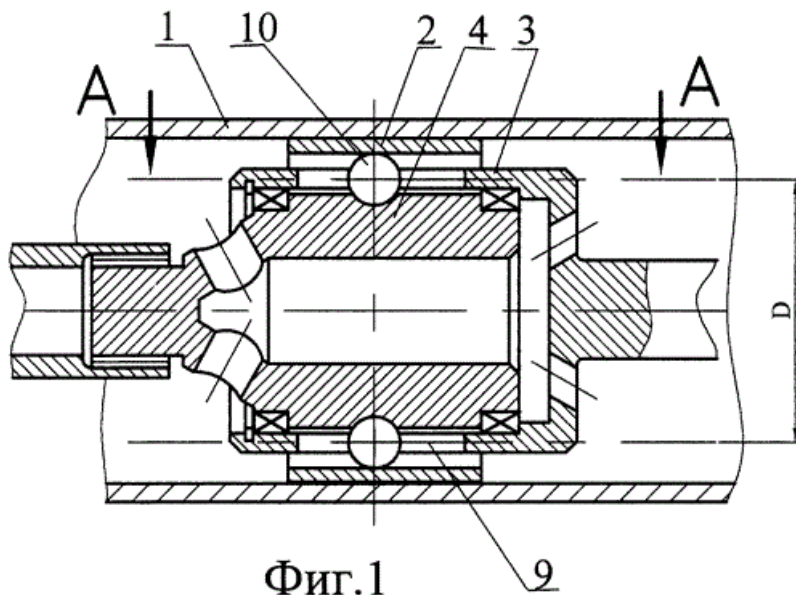
(73) Патентообладатель(и):

Панин Александр Андреевич

(54) ШАРИКОВАЯ ПЛАНЕТАРНАЯ ПЕРЕДАЧА (ВАРИАНТЫ)

(57) Реферат:

Изобретение относится к области машиностроения. Шариковая планетарная передача содержит три коаксиальных цилиндрических обоймы, одна из которых выполнена неподвижной, на внутренней и наружной выполнены рабочие канавки и канавки возврата, а на промежуточной - сквозные прорезы. Шарики, расположенные в прорезах, взаимодействуют с канавками обойм. Технический результат - повышение эксплуатационных качеств передачи путем повышения к.п.д. и ресурса. 3 с. и 11 з.п. ф-лы, 9 ил.



Изобретение относится к машиностроению и буровой технике, в частности к механизмам для преобразования скорости вращения между соосно располагаемыми валами.

Известна шариковая планетарная передача, содержащая корпус, размещенные в нем ведомый и ведущий валы, которые установлены на упорных подшипниках, три коаксиально расположенные цилиндрические обоймы, наружная из которых закреплена на корпусе, а промежуточная и внутренняя соединены соответственно с ведомым и ведущим валами, на наружной поверхности внутренней и на внутренней поверхности наружной обойм выполнены винтовые канавки, а на промежуточной обойме - сквозные прорезы, шарики, размещенные в прорезах и предназначенные для одновременного взаимодействия с винтовыми канавками, и канавки возврата шариков (SU, A1, 1525375).

Ударный вход шариков в канавку возврата ухудшает прочностные характеристики передачи и приводит к ограничениям по частоте вращения.

Известна также шаровинтовая планетарная передача, содержащая три коаксиальные цилиндрические обоймы, на наружной и внутренней из которых выполнены винтовые канавки с рабочими участками и канавки с участками возврата, ориентированными в сторону, противоположную направлениям рабочих участков, а на промежуточной обойме - сквозные прорезы, шарики, расположенные в прорезах и взаимодействующие с канавками других обойм (SU, A1, 1810681). Эта передача является наиболее близким аналогом всех вариантов изобретения.

Указанная передача обеспечивает достаточно высокую надежность, а также большую быстроходность. Однако из-за наличия немонотонно изменяющегося ускорения при движении шариков в канавке возврата остаются проблемы, связанные с повышенным износом в местах сопряжения в канавке возврата, что ограничивает быстроходность передачи.

Существуют решения, направленные на уменьшение ударных нагрузок путем профилирования канавки возврата (А.И. Турпаев, "Винтовые механизмы и передачи", Москва, Машиностроение, 1982, с. 130-137), однако известные решения не устраняют полностью немонотонно изменяющиеся ускорения на всем протяжении канавки возврата.

В данном изобретении решается задача повышения надежности и долговечности передачи путем полного устранения ударных нагрузок в канавке возврата за счет профилирования канала по кривым, исключающим возникновение ускорений в моменты входа и выхода, а также в точках перегиба траектории движения шариков в канавке возврата.

Изобретение представляет собой шариковую планетарную передачу, содержащую три коаксиальные цилиндрические обоймы, одна из которых выполнена неподвижной, на внутренней и наружной выполнены рабочие винтовые канавки и канавки возврата, ориентированные в сторону, противоположную направлениям рабочих канавок, а на промежуточной обойме - сквозные прорезы, шарики, расположенные в прорезах и взаимодействующие с канавками других обойм.

Канавка возврата на внутренней обойме между точками сопряжения на участках входа и выхода из нее выполнена по осевой линии центра шариков в виде двух одинаковых зеркально отображенных кусков кривых, описываемых уравнением вида $y_{1,2} = ax^n$ в локальных системах координат, при этом одна из кривых связана с системой координат (x_1, y_1) , расположенной на продолжении винтовой рабочей канавки, а другая (x_2, y_2) - на продолжении винтовой канавки возврата, причем точки отчета для обеих систем координат отстоят от точки взаимного пересечения осевых линий винтовой рабочей канавки и винтовой канавки возврата соответственно со стороны входа или выхода на величину $L \geq D/Z_{пр} \cos \phi$, а в месте сопряжения кривых выдержан одинаковый угол наклона касательных, здесь $x_{1,2}$ - относительные локальные координаты, которые отсчитываются от своих начал в долях от длины отрезка L , n - целое число более 2, одинаковое для обеих сопрягаемых кривых, D - диаметр окружности, проходящей через центры шариков, ϕ - угол наклона рабочей канавки на внутренней обойме по отношению к окружному направлению, $Z_{пр}$ - число прорезей в промежуточной обойме.

Математическое выражение $y_{1,2} = ax^n$ представляет собой степенную функцию $y = ax^n$, где a , n - постоянные величины (М.Я.Выгодский "Справочник по элементарной математике", Москва, "Наука", 1982 г., с. 312), индексами 1, 2 ($y_{1,2}$, $x_{1,2}$) обозначены различные, описанные выше и обозначенные на фиг.3 системы координат.

Канавка возврата выполнена на неподвижной обойме с шириной в поперечном сечении, составляющей не менее $(1+L/dZ_{пр})$ ширины винтовой рабочей канавки, где d - диаметр шарика.

Известна конструкция планетарного редуктора (Р.М. Игнатищев. "Синусошариковые редукторы", Минск, Высшая школа, 1983, с. 8), включающая коаксиально расположенные цилиндрические обоймы, имеющие: внутренняя на наружной цилиндрической поверхности и наружная - на внутренней цилиндрической поверхности беговые разнопериодные синусоидальные дорожки, в которых установлены шарики, размещенные в продольных окнах (прорезах) сепаратора (водила). Указанная конструкция известна как синусошариковый редуктор (СШР), применяется в забойных двигателях (турбобурах, электробурах). Ее преимуществом по сравнению с известными, применяющимися для аналогичных целей зубчатыми планетарными редукторами (Н. Д. Деркач, Э. Н. Крутик, Промышленные конструкции редукторных турбобуров. Нефтяная и газовая промышленность, НТС Сборник строительно-нефтяных и газовых скважин, 2-3 выпуск ВНИИОЭНГ, Москва, 1992, с. 26-30), является то, что простота синусошариковых редукторов сочетается с большими кинематическими возможностями, а именно с практическим диапазоном передаточных отношений одной ступени $1,5 \div 10$, в то время как в тех же диаметральных габаритах передаточное отношение одной ступени зубчатых редукторов забойных машин составляет $2 \div 4$, а для больших величин требуется двухступенчатая передача, что существенно усложняет конструкцию. Кроме этого,

для достижения высокой нагрузочной способности редуктора выполнение многорядной одноступенчатой передачи синусошариковых редукторов обеспечивается более просто, нежели это имеет место в многорядной одноступенчатой зубчатой планетарной передаче.

Однако синусошариковый планетарный многорядный редуктор имеет известные недостатки. Одним из существенных эксплуатационных недостатков синусошариковых редукторов является то, что при движении шариков по синусоидальным беговым дорожкам обойм величина нагрузки, передаваемой ими окнам (прорезям) водила, является переменной, достигающей максимума посередине амплитуды осевого перемещения шарика в прорези водила. Это приводит к неравномерности износа рабочей (контактной) поверхности окон водила с максимальным износом их в средней части. Как результат - возможные заклинки при осевом относительно окон перемещении шариков и снижение КПД передачи в процессе ее эксплуатации.

Другим существенным недостатком синусошариковых редукторов, связанным с технологией его изготовления, являются относительно сложные требования к точности нарезания синусоидальных беговых дорожек по методу принудительной кинематики на фрезерных станках, в том числе и с числовым программным управлением. Как правило, применяется селективная сборка, не исключающая, тем не менее, необходимости введения дополнительных конструктивных устройств для обеспечения равномерности распределения нагрузки по рядам многорядного редуктора.

Наконец, недостатком синусошариковых редукторов по сравнению с зубчатым редуктором является его относительно низкий КПД ($0,85 \div 0,87$) для передаточных чисел $3 \div 7$.

Некоторые из названных недостатков синусошариковых редукторов устраняются в шариковой планетарной передаче (SU, A1, 1810681), содержащей три цилиндрические обоймы, одна из которых выполнена неподвижной, на внутренней и наружной выполнены винтовые рабочие канавки и канавки возврата, ориентированные в сторону, противоположную направлениям рабочих канавок, а на промежуточной обойме - сквозные прорези, шарики, размещенные в прорезях и взаимодействующие с канавками других обойм.

По сути, рассмотренное техническое решение представляет собой кинематический аналог синусошарикового редуктора с той разницей, что замкнутые круговые синусоиды, по которым направлены беговые дорожки синусошарикового редуктора, заменены замкнутой круговой системой винтовых дорожек. Это обеспечивает равномерность передачи прорезям водила окружного усилия шариками при их движении по винтовым рабочим канавкам.

Однако эта передача имеет следующие существенные недостатки, ограничивающие или исключающие ее применимость в многорядных тяжело нагруженных и лимитированных по диаметральным габаритам передачах, каковыми, например, являются редукторы буровых забойных машин:

1. неуравновешенность в осевом направлении обуславливается тем, что шары нагружены окружным усилием только на винтовых рабочих канавках одного направления;
2. сложность изготовления и монтажа наружной обоймы;
3. сложность равномерного распределения нагрузок по рядам передачи в случае использования ее в многорядном тяжело нагруженном редукторе (например, для забойной буровой машины).

Изобретение решает задачу повышения надежности и долговечности передачи путем устранения осевых нагрузок на подшипники.

Изобретение представляет собой шариковую планетарную передачу, содержащую три коаксиальные цилиндрические обоймы, одна из которых выполнена неподвижной, на внутренней и наружной обоймах, устанавливаемых соответственно на входном валу и в корпусе редуктора, выполнены рабочие винтовые канавки и канавки возврата, ориентированные в сторону, противоположную направлениям винтовых рабочих канавок, а на промежуточной обойме (сепаратор, водило), соединенной с выходным валом редуктора, - сквозные прорези, шарики, расположенные в прорезях и взаимодействующие с канавками других обойм, при этом для выполнения многорядной передачи тяжело нагруженного редуктора число рядов, внутренние и наружные обоймы которых имеют рабочие винтовые канавки правого направления, равно числу рядов, внутренние и наружные обоймы которых имеют рабочие винтовые канавки левого направления, а ширина канавки возврата на неподвижной обойме составляет не менее 1,09 ширины рабочей канавки.

Передача снабжена корпусом, в котором с фиксацией от проворота установлена наружная обойма, на которой рабочие винтовые канавки и канавки возврата выполнены сквозными с выходом на торцы обоймы, а канавки возврата направлены параллельно оси обоймы.

Наружная обойма выполнена в виде соответствующих рядов и снабженных втулками секций, причем каждая секция обоймы установлена во втулке с возможностью осевого перемещения, а каждая втулка установлена в корпусе с фиксацией от проворота, при этом длина втулки превышает длину секции.

Между секциями и/или втулками размещены пружинные элементы. Кроме описанных проблем при эксплуатации шариковых планетарных передач, включая передачи и с винтовыми и с синусоидальными дорожками, существует проблема ускоренного износа шарика и рабочей поверхности дорожки из-за сложного взаимодействия шарика с дорожкой, поскольку в процессе работы передача усилия от шарика промежуточной обоймы осуществляется посредством контактирования шарика с поверхностью прорези при его одновременном вращении и возвратно-поступательном перемещении вдоль прорези.

Присущи указанные недостатки и известной шариковой планетарной передаче, содержащей три коаксиальные цилиндрические обоймы, одна из которых выполнена неподвижной, на внутренней и наружной выполнены винтовые рабочие канавки и канавки возврата, а на промежуточной обойме - сквозные прорези, шарики, расположенные в прорезях и взаимодействующие с канавками других обойм (SU, А1, 1810681).

Задачей изобретения является повышение эксплуатационных качеств передачи путем повышения ее прочности и увеличения ресурса.

Указанная задача решена в шариковой планетарной передаче, содержащей три коаксиальные цилиндрические обоймы, одна из которых выполнена неподвижной, на внутренней и наружной выполнены винтовые рабочие канавки и канавки возврата, а на промежуточной обойме - сквозные прорези, шарики, расположенные в прорезях и взаимодействующие с канавками других обойм, причем передача снабжена установленными в прорезях промежуточной обоймы с возможностью перемещения вдоль прорезей вкладышами, а шарики установлены с возможностью качения в выполненных во вкладышах гнездах. Часть поверхности или вся поверхность гнезда вкладыша выполнена сферической с радиусом сферы, соответствующим радиусу шарика.

Вкладыш выполнен с плоской поверхностью, контактирующей с поверхностью прорези, ориентированной в сторону вращения промежуточной обоймы.

Во вкладыше со стороны, противоположной контактирующей с поверхностью прорези плоской поверхности, выполнено цилиндрическое отверстие, ось которого проходит через центр сферической поверхности гнезда вкладыша, а радиус соответствует радиусу шарика.

Вкладыш выполнен в виде тела качения.

Тело качения выполнено в виде цилиндра, диаметр которого соответствует ширине прорези, а ось проходит через центр сферической поверхности гнезда вкладыша.

Размер вкладыша в радиальном для передачи направлении не превышает толщину промежуточной обоймы.

Поверхности, ограничивающие вкладыш в радиальном для передачи направлении, выполнены цилиндрическими.

Сущность изобретения поясняется фиг.1-9:

на фиг.1 показан продольный разрез шариковой планетарной передачи;
на фиг. 2 - совмещенная цилиндрическая развертка на плоскость наружной, промежуточной и внутренней обойм с выбранной системой координат;
на фиг.3 - в увеличенном масштабе канавка возврата на внутренней обойме с указанием локальных систем координат и точек сопряжения;
на фиг. 4 - продольный разрез редуктора шариковой планетарной передачи, выполненной в многорядном исполнении;
на фиг. 5 - совмещенная цилиндрическая развертка на плоскость наружной, промежуточной и внутренней обойм двух смежных рядов многорядной передачи;
на фиг.6 - схема нагрузок на элементы передачи;
на фиг.7-9 - варианты выполнения передачи с вкладышами.

Шариковая планетарная передача (фиг.1-3) содержит установленные в корпусе 1 три коаксиальные цилиндрические обоймы 2, 3, 4, одна из которых 2 выполнена неподвижной, на внутренней 4 и наружной 2 выполнены соответственно винтовые рабочие канавки 5 и 6 и канавки 7 и 8 возврата, ориентированные в сторону, противоположную направлениям винтовых рабочих канавок 5 и 6, на промежуточной обойме 3 выполнены сквозные прорези 9, в которых расположены шарики 10, взаимодействующие с канавками обойм 2 и 4.

Для решения поставленной задачи канавка 7 возврата на внутренней обойме 4 и между точками O_1 и O_2 сопряжения на участках входа и выхода из нее выполнена по осевой линии 11 центра шариков 10 в виде двух одинаковых зеркально отображенных кусков кривых 12 и 13, описываемых уравнением вида $y_{1,2} = ax^n$ в локальной системе координат, при этом одна из кривых связана с системой координат (x_1, y_1) , расположенной на продолжении винтовой рабочей канавки 5, а другая (x_2, y_2) - на продолжении винтовой канавки 7 возврата. Точки сопряжения (или точки отсчета) O_1 и O_2 для обеих систем координат отстоят от точки С взаимного пересечения продолжения осевых линий винтовой рабочей канавки 5 и винтовой канавки 7 возврата соответственно со стороны входа или выхода на величину $L \geq D/Z_{np} \cos \phi$, где $x_{1,2}$ - относительные локальные координаты, которые отсчитываются от своих начал в долях от длины отрезка L, n - целое число более 2, одинаковое для обеих

сопрягаемых кривых, D - диаметр окружности, проходящей через центры шариков 10, ϕ - угол наклона рабочей канавки 5 на внутренней обойме 4 по отношению к окружному направлению, $Z_{пр}$ - число прорезей 9 в промежуточной обойме 3. В месте сопряжения кривых в точке Т выдерживается одинаковый угол наклона касательных к кривым 12 и 13 в локальных системах координат. Канавка 8 возврата на неподвижной обойме 2 имеет ширину в поперечном сечении не менее $(1+L/dZ_{пр})$ ширины винтовой рабочей канавки 6, где d - диаметр шарика 10.

Для описания работы шариковой планетарной передачи выбрана основная система координат, в которой ось X совпадает с осью вращения передачи, а ось Y ориентирована в окружном направлении, причем за начало (точка O) принимается точка пересечения продолжения линии 11, проходящей через центры шариков 10 винтовой рабочей канавки 5 на внутренней обойме 4 с осью X . Так как в изображенной на фиг.2 совмещенной цилиндрической развертке по сечению AA ось OX делит длину окружности на две равные части, то с этой же осью пересекается продолжение винтовой рабочей канавки 5, замыкающей виток в точке B .

При вращении внутренней обоймы 4 шарики 10, которые одновременно взаимодействуют с винтовыми рабочими канавками 5 на внутренней обойме 4, продольными прорезями 9 на промежуточной обойме 3 и винтовыми рабочими канавками 6 на наружной обойме 2, начинают перемещаться вдоль винтовых рабочих канавок 6. Так как шарики 10 располагаются в прорезях 9, то такое движение шариков сопровождается перемещением промежуточной обоймы 3 в окружном направлении. В свою очередь, движение шариков 10 вдоль винтовых рабочих канавок 5 ограничено их протяженностью. При непрерывном вращении внутренней обоймы 4 в направлении, указанном стрелкой E (фиг.2), шарики 10, располагаемые в прорезях 9 промежуточной обоймы 3, в результате взаимодействия с винтовыми рабочими канавками 6 последовательно оказываются в крайнем левом положении. Для возобновления движения шариков 10 вдоль винтовых рабочих канавок 6 необходимо осуществить их перевод из крайне левого положения на начало следующей винтовой рабочей канавки 6 на неподвижной обойме 2. Для этого предусмотрены канавки возврата 7 и 8, которые выполнены соответственно на внутренней 4 и наружной 2 обоймах.

Для осуществления такого перевода точка C , где располагается центр шарика 10 на последнем участке винтовой рабочей канавки 5 на внутренней обойме 4, соединяется винтовой канавкой возврата 7 с точкой C' , куда необходимо переместить шарик 10, находящийся в точке C для возобновления его движения на новой винтовой рабочей канавке 6.

Однако соединение точек C и C' винтовой канавкой возврата приводит к появлению удара в момент входа и выхода из нее шарика. Появление такого удара ухудшает прочностные характеристики передачи и приводит к ограничениям по частоте вращения передачи.

Для устранения ударного входа и выхода канавка 7 возврата на внутренней обойме 4 сопряжена с винтовой рабочей канавкой 5 с помощью двух одинаковых зеркально отображенных кусков кривых, описываемых уравнением $y_{1,2} = ax^n$.

Применение двух одинаковых зеркально отображенных кривых обусловлено тем, что только указанные степенные зависимости позволяют реализовать безударный вход и выход. При проектировании канавок возврата в различных винтовых механизмах и передачах (Турпаев А.И., "Винтовые механизмы и передачи", М., Машиностроение, 1982 г., с.130-137) для увеличения срока службы стремятся исключать ударные нагрузки. С этой целью канавку возврата проектируют так, чтобы в точках сопряжения кривизна траектории движения шара была равна нулю и лишь затем плавно возрастала. Кривизна в прямоугольной системе координат, как известно, определяется из выражения

$K_p = y'' \sqrt{1+y'^2}^3$, где y' и y'' - соответственно первая и вторая производные функции, используемой для описания траектории движения в канавке возврата.

Обычно при профилировании канавки возврата ограничиваются тем, что обеспечивают только безударный вход ($x=0$), не обращая внимания на появление ударной нагрузки при сопряжении входного участка с прямолинейными участками. Во всех случаях при таком сопряжении при использовании указанных степенных зависимостей появляется удар из-за того, что в местах сопряжения при $x>0$ не удается обеспечить требование $K_p=0$.

Указанные трудности возможно преодолеть, если участок сопряжения в канавке возврата разбить на два одинаковых участка.

В силу симметрии канавки 7 возврата по отношению к точке G рассмотрим формирование траектории движения шариков только со стороны входа в эту канавку.

Один из участков должен быть привязан к локальной системе координат (y_1, x_1) с расположением начала в точке O_1 , а другой - к системе координат (y_2, x_2) с расположением начала в точке O_2 . Протяженность L участка сопряжения для осей O_1X_1 и O_2X_2 должна быть одинакова и выбрана из условия $L \geq D/Z_{пр} \cos \phi$. Это означает, что величина L должна быть меньше длины отрезка OO_1 , чтобы обеспечить благоприятные углы контакта канавки 7 возврата с шариком 10 в момент

его ускоренного движения в прорези 9. При таком выборе локальных систем координат точкой сопряжения используемых степенных зависимостей является точка Т. Это означает, что обеспечивается равенство $x_{1T}=x_{2T}$ и $y_{1T}=y_{2T}$.

Однако для обеспечения плавности (и, следовательно, равенства кривизны) сопрягаемых участков требуется еще добиться равенства углов наклона касательных к кривым в точке Т, то есть $\gamma'_{1T} = \gamma'_{2T} = \gamma'_T$. Для удовлетворения этому условию необходимо, чтобы угол γ_T наклона касательной в точке Т в системах координат (x_1, y_1) и (x_2, y_2) был равен половине угла γ между осями O_1X_1 и O_2X_2 .

При условии, что все геометрические параметры передачи уже известны (угол наклона ϕ винтовой рабочей канавки 5, половина протяженности прорези 9, то есть длина отрезка ОГ, длина участка сопряжения в координатах (O_1X_1) или (O_2X_2)), все недостающие характеристики (x_{1T} , y_{1T} , y'_T , γ и γ_T) вычисляются с использованием соответствующего математического аппарата.

Для упрощения конструкции шариковой планетарной передачи, повышения ее надежности и быстроходности канавка 8 возврата на неподвижной обойме 2 в поперечном сечении выполнена шире рабочей канавки 6. Это увеличение ширины составляет не менее $(1+L/dZ_{пр})$ ширины рабочей винтовой канавки и сделано в целях обеспечения свободного перемещения шариков 10 вдоль канавок 8 возврата при их ускоренном перемещении на начало следующей винтовой рабочей канавки 6 на наружной обойме 2. Так как при возврате шарики 10 не участвуют в передаче окружного усилия, то это позволяет существенно упростить конфигурацию канавок 8 возврата. В частности, в этом случае канавки возврата 8 на всем протяжении могут быть выполнены по винтовым линиям без соответствующих участков входа и выхода, как это делается на канавке 7 возврата на внутренней обойме 4. Относительное увеличение ширины канавки возврата зависит от длины L , диаметра d шариков и числа прорезей $Z_{пр}$ в промежуточной обойме 9. Для изображенной на фиг. 2 цилиндрической развертки относительное увеличение ширины канавок возврата по сравнению с рабочими канавками составляет 1,092.

Шариковая планетарная передача (фиг.4-6) редуктора (например, для буровой забойной машины - турбобура или электробура) выполнена многорядной и содержит корпус 1, входной и выходной валы 14 и 15 и собственно шариковую планетарную передачу, включающую внутреннюю обойму 4 с винтовыми рабочими канавками 5 правого и левого направлений и канавками 7 возврата, наружную обойму 2 с винтовыми рабочими канавками 6 правого и левого направлений и канавками 8 возврата, промежуточную обойму 3 с прорезями 9, в которых размещены шарики 10.

Внутренняя обойма 4 может быть выполнена в виде секций, установленных на входном валу 14 с помощью шпонок 16, закрепленных жестко в осевом направлении гайкой 17. Наружная обойма 2 также может быть выполнена в виде секций, каждая из которых установлена во втулке 18 на шпонках 19 с возможностью осевого перемещения.

Втулки 18 в свою очередь жестко закреплены в корпусе 1 путем фрикционного сжатия по торцам. Длина втулки 18 превышает длину секции обоймы 2. Каждая секция внутренней обоймы 4 и наружной 2 содержит, по крайней мере, один ряд рабочих винтовых канавок 5 и 6 правого или левого направлений. Промежуточная обойма 3, являющаяся общей для всех рядов внутренней и наружной обойм 4 и 2, соединена с выходным валом 15 с помощью шлицевой муфты или любого подобного известного в технике устройства. Между секциями внутренней или наружной обойм 2 и 4, а также между втулками 18 могут быть установлены пружинные элементы 22.

Винтовые рабочие канавки 5 и 6 и канавки 7 и 8 возврата с участками сопряжения образуют замкнутые беговые дорожки.

Беговые дорожки внутренних 4 и 5 и наружных 6 и 7 обойм выполняются следующим образом. На внутренней обойме 4 одного ряда беговая дорожка имеет рабочий участок - винтовую канавку 5 правого направления и винтовую канавку 7 возврата левого направления, сопрягаемые между собой канавкой 20, ось 21 которой описывается степенной функцией. Углы наклона ϕ_n и β_n винтовых канавок 5 и 7

различны, а на круговой длине развертки на плоскость размещено целое число пар канавок 5 и 7 так, что обеспечивается замкнутая круговая система беговых дорожек.

На внутренней обойме 4 другого ряда система беговых дорожек аналогична, но зеркально противоположна, то есть рабочие участки - винтовые канавки 5 - левого направления, винтовые канавки возврата 7 - правого направления, сопрягающие канавки 20 описаны той же степенной функцией, но обратного знака. При этом соблюдается равенство по величине соответствующих углов ($\phi_n = \phi_d = \phi$, $\beta_n = \beta_d = \beta$).

Система беговых дорожек наружной обоймы 2 представляет собой рабочие винтовые канавки 6 правого направления с углом наклона α_n для обоймы 2 одного ряда и рабочие винтовые канавки 6 левого направления с углом β_d для обоймы 2 другого ряда, а также вертикальные (параллельные оси обоймы) канавки 8 возврата, поперечная ширина которых S_B составляет не менее 1,09 ширины S_p рабочих канавок 6. Углы наклона рабочих винтовых канавок обоймы 2 разных рядов равны по величине ($\alpha_n = \alpha_d = \alpha$), а на круговой длине развертки на плоскость размещено целое

число пар рабочих винтовых канавок и канавок возврата так, что обеспечивается замкнутая круговая система беговых дорожек.

Винтовые канавки 6, а также канавки возврата 8 выполнены сквозными, с выходом на торцы А и В наружной обоймы.

Соотношение числа пар рабочих винтовых канавок и винтовых канавок возврата внутренних обойм (Z_1) и числа пар рабочих винтовых канавок и канавок возврата наружной обоймы (Z_3) или углов наклона рабочих винтовых канавок внутренних (ϕ) и наружных (α) обойм определяет кинематическое передаточное отношение шаровинтового редуктора i как:

$$i = \frac{Z_1 + Z_3}{Z_1} = \frac{\operatorname{tg} \phi + \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \phi},$$

что известно из общей теории подобных механизмов.

В варианте изобретения по фиг. 7-9 передача снабжена установленными в прорезях 9 промежуточной обоймы 3 с возможностью перемещения вдоль прорезей 9 вкладышами 23, а шарики 10 установлены с возможностью качения в выполненных во вкладышах 23 гнездах 24. Часть поверхности или вся поверхность гнезда 24 вкладыша 23 выполнена сферической с радиусом сферы $R_{\text{сф}}$, соответствующим радиусу шарика.

Вкладыш 23 выполнен с плоской поверхностью 25, контактирующей с поверхностью прорези 9, ориентированной в сторону вращения промежуточной обоймы 3. Во вкладыше 23 со стороны, противоположной контактирующей с поверхностью прорези 9 плоской поверхности 25, выполнено цилиндрическое отверстие 26, ось 27 которого проходит через центр $F_{\text{сф}}$ сферической поверхности гнезда 24 вкладыша 23, а радиус $R_{\text{отв}}$ соответствует радиусу шарика. Ось 27 перпендикулярна плоскости 25. Вкладыш 23 выполнен в виде тела качения (фиг. 7). Тело качения выполнено в виде цилиндра, диаметр $D_{\text{ц}}$ которого соответствует ширине $S_{\text{пр}}$ прорези 9, а ось проходит через центр $F_{\text{сф}}$ сферической поверхности гнезда 24 вкладыша 23.

Размер $S_{\text{вкл}}$ вкладыша 23 в радиальном для шариковой планетарной передачи направлении не превышает толщину промежуточной обоймы 3. Поверхности 28, 29, ограничивающие вкладыш 23 в радиальном для передачи направлении, выполнены цилиндрическими.

Особенности работы, технологические и эксплуатационные преимущества предложенной шариковой планетарной передачи заключаются в следующем.

В процессе изготовления существенно упрощается оформление беговых дорожек наружных обойм, являющихся наиболее трудоемкими деталями передачи из-за сложности нарезания беговых дорожек на внутренней цилиндрической поверхности.

Нарезание винтовых канавок "на проход" (то есть с выходом на торцы обойм) винтовых канавок (рабочих и прямолинейных вертикальных внутренних пазов (канавки возврата)) существенно упрощает и удешевляет этот процесс без потери эксплуатационных качеств передачи.

В процессе монтажа передачи при ее многорядном исполнении на собранные и закрепленные на валу 2 секции внутренней обоймы 4 устанавливается промежуточная обойма (водило) 8 и затем, после установки, в его прорезях 9 и в беговых дорожках 5 и 7 независимо от места их совпадения закладываются шарики 10 последовательно в каждый ряд, на каждый из которых последовательно навинчиваются соответствующие (правые и левые) секции наружной обоймы 2. Благодаря сквозным (выполненным "на проход" с выходом на торцы обойм) винтовым рабочим канавкам и канавкам возврата 6 и 8 установка наружных обойм адекватна навинчиванию гайки (наружная обойма) на болт (вал с установленными внутренними обоймами), происходящему при свободном проворачивании сепаратора (промежуточная обойма), кинематически связанного с обоймами расположенными в их беговых дорожках шариками.

Установленные на наружных обоймах 2 на шпонках 19 втулки 18 после закрепления в корпусе 1 путем, например, осевого зажатия по торцам фиксируют положение (каждая своей) наружных обойм 2 от проворота, а, благодаря разнице в осевых высотах втулки 18 и наружной обоймы 2, последняя имеет возможность осевого перемещения в пределах зазоров между шариками и рабочими поверхностями канавок (беговых дорожек), обусловленных неточностями (или погрешностями) изготовления. Таким образом, в многорядной передаче путем самоустановки секций обоймы 2 достигается высокая степень равномерности распределения рабочих нагрузок по ее рядам.

Работа шариковой планетарной передачи в многорядном исполнении (например, в тяжелонагруженном редукторе бурового забойного двигателя) заключается в следующем. При вращении входного вала 2 с окружной частотой n_1 находящиеся в беговых дорожках обойм 4 и 2 и в прорезях 9 промежуточной обоймы 3 шарики 10 в силу заданной кинематики механизма обеспечивают изменение окружной частоты вращения n_2 сепаратора и связанного с ним выходного вала 3 в соответствии с кинематическим передаточным отношением шаровинтовой передачи i , как

$$n_2 = n_1 / i, (2)$$

При нагружении выходного вала 3 рабочим моментом M на входном валу 2 редуктора возникает момент

$$M_2 = M / i\eta, (3)$$

где η - коэффициент полезного действия передачи, а на корпусе 1 редуктора - реактивный момент

$$M_3 = M_1 (i\eta - 1), (4)$$

В соответствии с этим на шарики 10, находящиеся в винтовых рабочих канавках обойм 4 и 2 и в прорезях 9 промежуточной обоймы 3, в зависимости от радиусов приложения усилий и углов наклона винтовых рабочих канавок обойм ϕ и α , количества рядов передачи и числа шариков в ряду действуют со стороны обойм и сепаратора нормальные силы N_1, N_2, N_3 . Из анализа сил шаровинтовой ячейки фиг.6 следует, что нагрузки в контакте шарика с обоймами определяются как:

$$N_1 = M / K k i \eta r_1 \sin \phi, (5)$$

$$N_2 = M / K k r_2, (6)$$

$$N_3 = M (i\eta - 1) / (i\eta K k r_3 \sin \alpha), (7)$$

где r_1, r_2 и r_3 - радиусы приложения окружных составляющих контактных нагрузок, k - число шариков, находящихся в рабочих винтовых канавках (определяется из кинематики механизма), K - число рядов передачи.

Исходя из требования допустимости предельной контактной нагрузки $[N]$:

$$N_1 \leq [N], N_2 \leq [N], N_3 \leq [N], (8)$$

определяется число рядов K , которое практически находится в диапазоне (для тяжело нагруженной передачи бурового забойного двигателя) $K = 6 \div 10$. Число рядов с правым и левым направлениями рабочих винтовых канавок выбирается равным, то есть $K_{\text{пр}} = K_{\text{лв}} = K/2$ из следующих соображений. Сила N_1 на внутренней обойме раскладывается на окружную m_1 и осевую P_1 составляющие, первая из которых определяет величину момента M_1 на ведущем (входном) валу 2 редуктора, вторая - осевое усилие, действующее на вал со стороны внутренней обоймы. Как видно из схемы, силы P_1 на обоймах 4 и 6 правого и левого направлений винтовых рабочих канавок противоположно направлены и равны, то есть ряды взаимно уравновешены.

Таким образом в предложенной шариковой планетарной передаче входной вал и его опоры не испытывают осевых нагрузок, что, учитывая его высокую частоту вращения, наряду с указанными выше достоинствами передачи обеспечивает дополнительную возможность повышения механического КПД редуктора с многорядной шариковой планетарной передачей и его долговечности.

При работе шариковой планетарной передачи по варианту III (фиг.7-9) при вращении внутренней обоймы 4 шарики 10 в прорезях 9 промежуточной обоймы 3 взаимодействуют по сферической поверхности гнезда 24 с вкладышем 23, который в свою очередь взаимодействует с рабочей поверхностью прорези 9. Таким образом сложное трение заменено на два: трение шарика 10 по сфере и трение вкладыша 23 по рабочей поверхности прорези 9. При выполнении вкладыша 23 в виде тела качения (фиг.7), трение вкладыша 23 заменено его качением.

Шариковая планетарная передача в представленных вариантах применима в устройствах с механизмами для преобразования скорости вращения между соосно располагаемыми валами, где имеются ограничения на диаметральные размеры при больших крутящих моментах, например, в забойных двигателях для бурения нефтяных и газовых скважин, в станкостроении, робототехнике и других областях техники.

Формула изобретения

1. Шариковая планетарная передача, содержащая три коаксиальные цилиндрические обоймы, одна из которых выполнена неподвижной, на внутренней и наружной выполнены винтовые рабочие канавки и канавки возврата, ориентированные в сторону, противоположную направлениям рабочих канавок, а на промежуточной обойме - сквозные прорези, шарики, расположенные в прорезях и взаимодействующие с канавками других обойм, отличающаяся тем, что канавка возврата на внутренней обойме между точками сопряжения на участках входа и выхода из нее выполнена по осевой линии центра шариков в виде двух одинаковых зеркально отображенных кусков кривых, описываемых уравнением вида $y_{1,2} = ax_{1,2}^n$ в локальных системах координат, при этом одна из кривых связана с системой координат (x_1, y_1) , расположенной на продолжении винтовой рабочей канавки, а другая (x_2, y_2) - на продолжении винтовой канавки возврата, причем точки отсчета для обеих систем координат отстоят от точки взаимного пересечения осевых линий винтовой рабочей канавки и винтовой канавки возврата соответственно со стороны входа или выхода на величину $L \leq \pi D / Z_{\text{пр}} \cos \phi$, а в месте сопряжения выдержан одинаковый угол наклона касательных, здесь $x_{1,2}$ - относительные локальные координаты, отсчитываемые от своих начал в долях от длины отрезка L ; n - целое

число более 2, одинаковое для обеих сопрягаемых кривых; D - диаметр окружности, проходящей через центры шариков; ϕ - угол наклона рабочей канавки на внутренней обойме по отношению к окружному направлению; $Z_{пр}$ - число прорезей в промежуточной обойме.

2. Передача по п. 1, отличающаяся тем, что канавка возврата выполнена на неподвижной обойме с шириной в поперечном сечении, составляющей не менее $(1+L/dZ_{пр})$ ширины винтовой рабочей канавки, где d - диаметр шарика.

3. Передача по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что она снабжена корпусом, в котором с фиксацией от проворота установлена наружная обойма, причем рабочие винтовые канавки и канавки возврата наружной обоймы выполнены сквозными с выходом на торцы обоймы, а канавки возврата направлены параллельно оси обоймы.

4. Шариковая планетарная передача, содержащая три коаксиальные цилиндрические обоймы, одна из которых выполнена неподвижной, на внутренней и наружной выполнены винтовые рабочие канавки и канавки возврата, ориентированные в сторону, противоположную направлениям рабочих канавок, а на промежуточной обойме - сквозные прорези, шарики, расположенные в прорезях и взаимодействующие с канавками других обойм, отличающаяся тем, что она выполнена многорядной, каждый ряд которой включает выполненные на внутренней и наружной обоймах рабочие винтовые канавки правого или левого направления, причем число рядов правого направления равно числу рядов левого направления, а ширина канавки возврата на неподвижной обойме составляет не менее 1,09 ширины рабочей канавки.

5. Передача по п. 4, отличающаяся тем, что она снабжена корпусом, в котором с фиксацией от проворота установлена наружная обойма, на которой рабочие винтовые канавки и канавки возврата выполнены сквозными с выходом на торцы обоймы, а канавки возврата направлены параллельно оси обоймы.

6. Передача по п. 5, отличающаяся тем, что наружная обойма выполнена в виде соответствующих рядов и снабженных втулками секций, причем каждая секция обоймы установлена во втулке с возможностью осевого перемещения, а каждая втулка установлена в корпусе с фиксацией от проворота.

7. Передача по п. 6, отличающаяся тем, что длина втулки превышает длину секции.

8. Передача по п. 6 или 7, отличающаяся тем, что между секциями и/или втулками размещены пружинные элементы.

9. Шариковая планетарная передача, содержащая три коаксиальные цилиндрические обоймы, одна из которых выполнена неподвижной, на внутренней и наружной выполнены рабочие канавки, а на промежуточной обойме - сквозные прорези, шарики, расположенные в прорезях и взаимодействующие с канавками других обойм, отличающаяся тем, что она снабжена установленными в прорезях промежуточной обоймы с возможностью перемещения вдоль прорезей вкладышами, а шарики установлены с возможностью качения в выполненных во вкладышах гнездах.

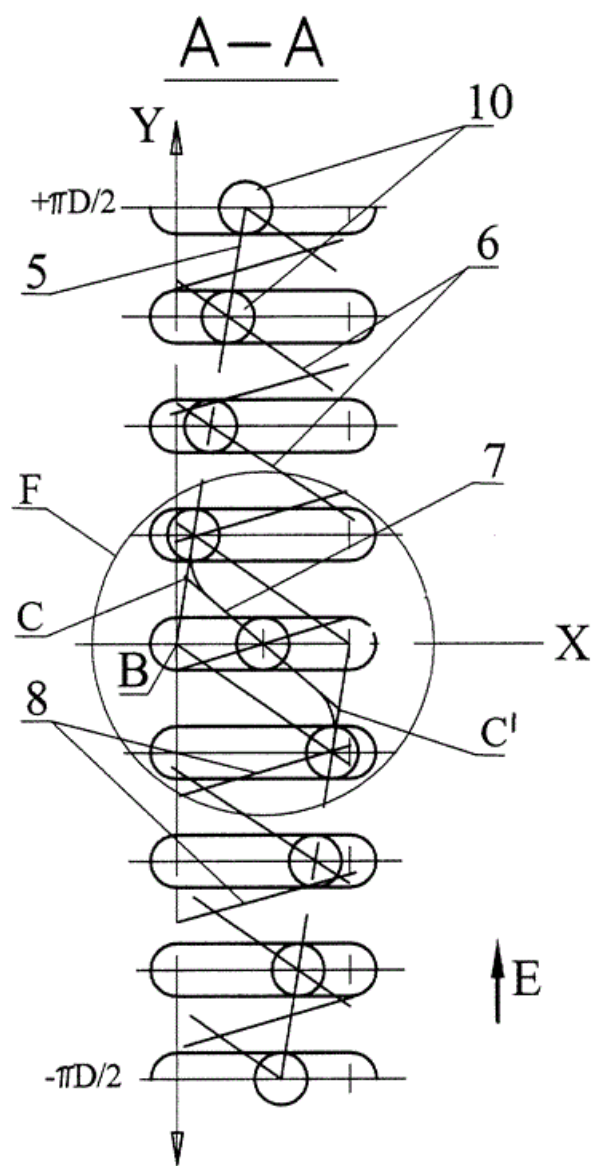
10. Передача по п. 9, отличающаяся тем, что часть поверхности или вся поверхность гнезда вкладыша выполнена сферической с радиусом сферы, соответствующим радиусу шарика.

11. Передача по п. 9 или 10, отличающаяся тем, что вкладыш выполнен с плоской поверхностью, контактирующей с поверхностью прорези, ориентированной в сторону вращения промежуточной обоймы.

12. Передача по п. 11, отличающаяся тем, что во вкладыше со стороны, противоположной контактирующей с поверхностью прорези плоской поверхности, выполнено цилиндрическое отверстие, ось которого проходит через центр сферической поверхности гнезда вкладыша, а радиус соответствует радиусу шарика.

13. Передача по п. 9 или 10, отличающаяся тем, что вкладыш выполнен в виде тела качения.

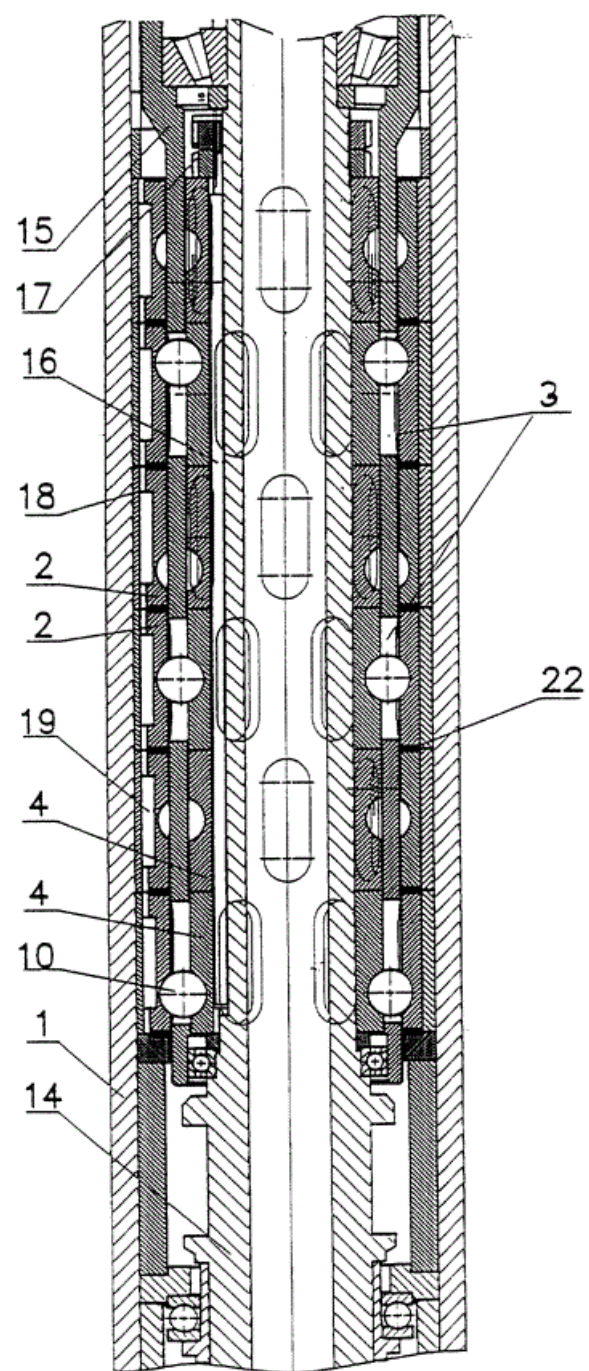
14. Передача по п. 13, отличающаяся тем, что тело качения выполнено в виде цилиндра, диаметр которого соответствует ширине прорези, а ось проходит через центр сферической поверхности гнезда вкладыша.



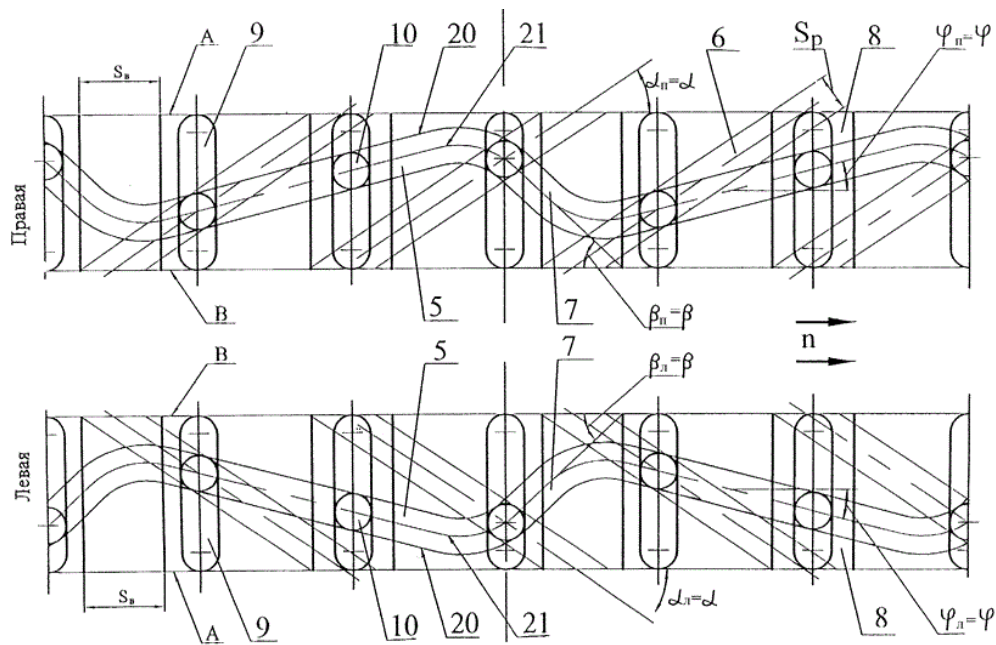
1000



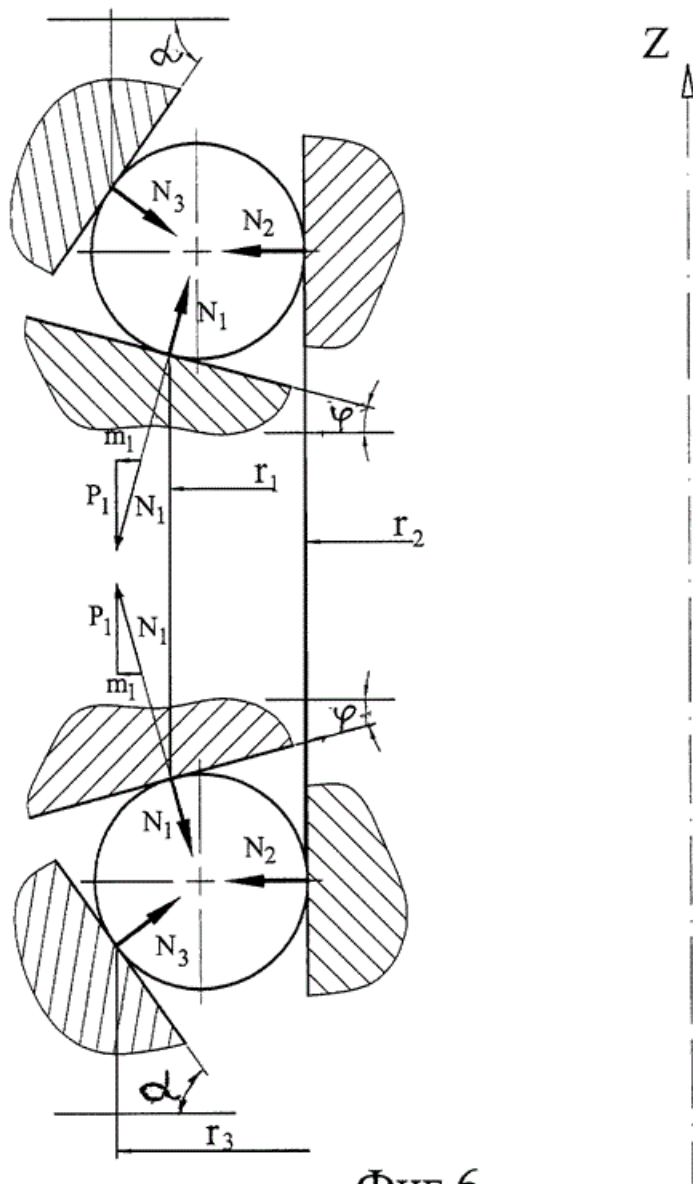
Фиг.3



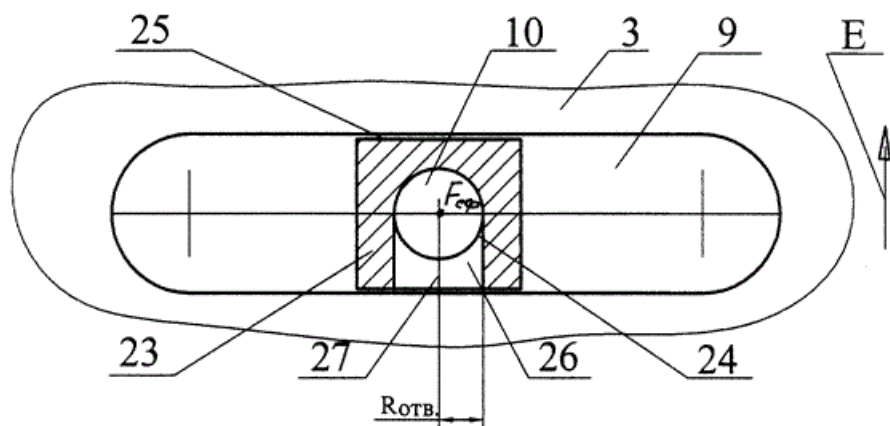
Фиг. 4



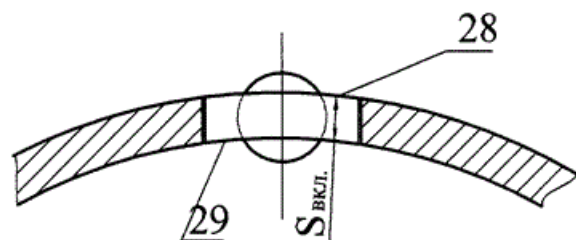
Фиг.5



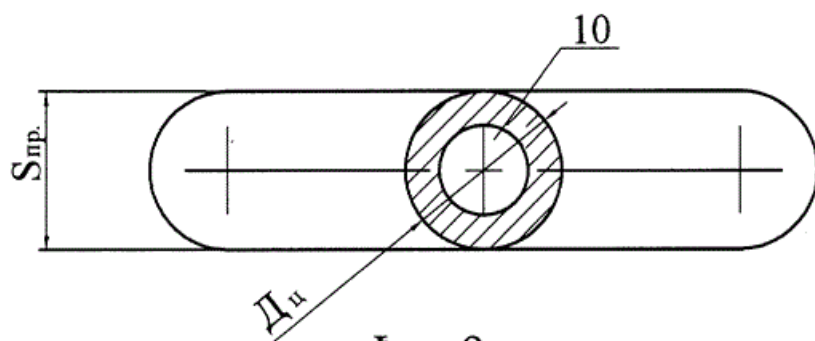
Фиг.6



Фиг.7



Фиг.8



Фиг.9

ИЗВЕЩЕНИЯ

ММ4А - Досрочное прекращение действия патента СССР или патента Российской Федерации на изобретение из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

(21) Регистрационный номер заявки: [2000123154](#)

Дата прекращения действия патента: 08.09.2007

Извещение опубликовано: [10.03.2009](#)

БИ: 07/2009