



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ
(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(19) RU (11) 2 341 710 (13) C1(51) МПК
F16H 25/06 (2006.01)

Статус: прекратил действие, но может быть восстановлен (последнее изменение статуса: 27.05.2015)
Пошлина: учтена за 7 год с 10.07.2013 по 09.07.2014

(21)(22) Заявка: 2007126016/11, 09.07.2007(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.07.2007(45) Опубликовано: 20.12.2008 Бюл. № 35(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: WO 2006137604 A1, 28.12.2006. RU
2246649 C1, 20.02.2005. RU 2253777 C2,
10.06.2005. US 4829851 A1, 16.05.1989.Адрес для переписки:
634063, г.Томск-63, а/я 1989, В.В.
Становскому

(72) Автор(ы):

Становской Виктор Владимирович (RU),
Казакивичюс Сергей Матвеевич (RU),
Ремнева Татьяна Андреевна (RU),
Кузнецов Владимир Михайлович (RU)

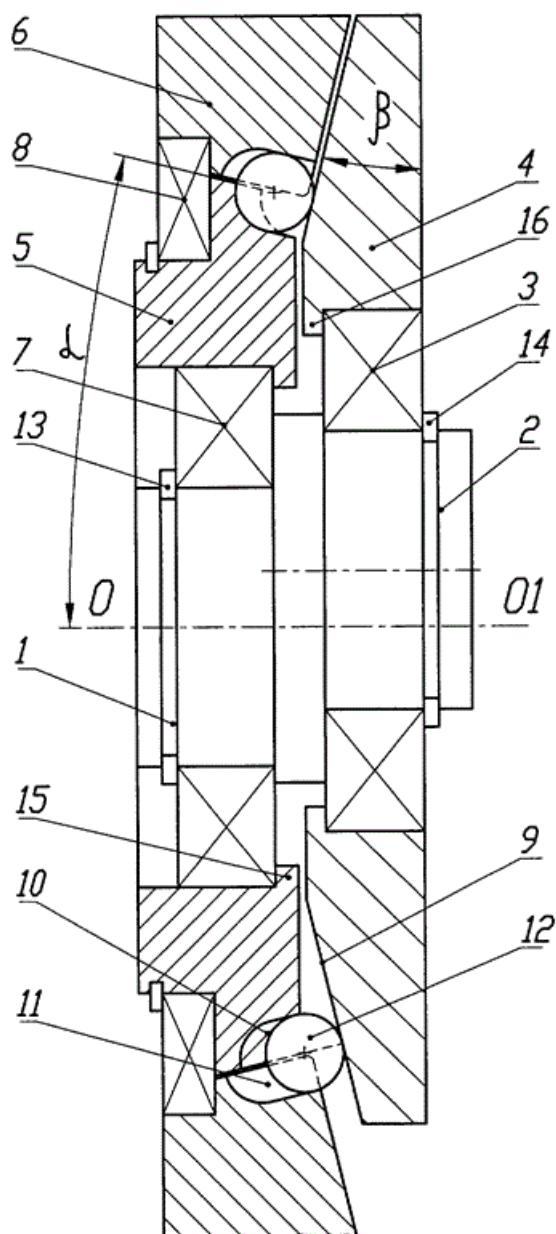
(73) Патентообладатель(и):

Становской Виктор Владимирович (RU)

(54) **ЭКСЦЕНТРИКОВАЯ ШАРИКОВАЯ ПЕРЕДАЧА (ВАРИАНТЫ)**

(57) Реферат:

Изобретение относится к планетарным механизмам преобразования скорости вращения, использующим шариковое зацепление, и может эффективно использоваться в приводах грузоподъемной техники, рулевого управления. Эксцентриковая шариковая передача содержит плавающую шайбу (4), посаженную на эксцентрик (2) входного вала (1) и воздействующую на цепочку шариков (12), находящихся в отверстиях (17) центрального колеса (6) и зацепляющихся с периодической дорожкой качения (10) центрального колеса (5). Рабочая поверхность плавающей шайбы (4) выполнена конической (9). Периодическая дорожка качения (10) на центральном колесе (5) имеет направление изгиба вдоль поверхности, образующая которой лежит в диапазоне углов от перпендикуляра к конической поверхности (9) до параллельного направления к оси передачи. Под действием плавающей шайбы (4) и конической поверхности (9) шарики (12) совершают волновое перемещение в направлении, перпендикулярном к плоскости движения шайбы, что позволяет увеличивать эксцентриситет передачи без увеличения габаритных размеров. Стопорные кольца (13, 14) предотвращают осевое смещение шайбы (4) и колеса (5) друг относительно друга. Если угол при основании конуса рабочей поверхности (9) меньше, чем угол трения между шариком и этой поверхностью, то передача приобретает свойство самоторможения. Такое выполнение позволяет создать надежную малогабаритную передачу. 2 н. и 9 з.п. ф-лы, 10 ил.



Фиг.1

Изобретение относится к механическим передачам вращения с изменением скорости, а более конкретно к планетарным эксцентриковым передачам с шариковым зацеплением. Оно может быть эффективно использовано в приводах машин и механизмов там, где необходимо предотвратить движение обратного хода, например в грузоподъемной технике, в приводах эскалаторов, лифтов, подъемных ворот, в системах рулевого управления летательных аппаратов и т.п.

Известны передачи с шариковыми промежуточными звеньями (RU 2029167), в которых каждый шарик взаимодействует одновременно с тремя звеньями. На эксцентрик входного вала с возможностью вращения посажена плавающая шайба, взаимодействующая своей боковой цилиндрической поверхностью с цепочкой шариков, расположенных в прорезях обоймы, охватывающей шайбу. Снаружи систему охватывает колесо с зубчатым профилем на внутренней цилиндрической поверхности, число зубьев которого отличается от числа шариков. Этот профиль образует замкнутую периодическую дорожку качения для шариков с радиальным направлением изгиба. Шарiki одновременно взаимодействуют с плавающей шайбой, с зубчатым профилем и прорезями обоймы. Нагрузочная способность такой передачи определяется прочностью обоймы с прорезями, которые являются самым слабым звеном передачи.

Повышенной нагрузочной способностью обладают передачи SU 1260604, RU 2246649. В этой передаче вдоль оси последовательно расположены три диска, взаимодействующие друг с другом посредством цепочки шариков. Средний диск является плавающей шайбой, свободно установленной на эксцентрик для воздействия на шарiki своей боковой цилиндрической поверхностью. На обращенных друг к другу плоских сопрягаемых поверхностях крайних дисков выполнены замкнутая периодически изогнутая дорожка качения и прерывистые, равномерно разнесенные по окружности радиальные канавки. Образующая

замкнутой периодической дорожки качения лежит в плоскости, перпендикулярной оси передачи, и дорожка имеет изгиб в радиальном направлении.

В обеих описанных выше передачах каждый шарик взаимодействует одновременно с тремя звеньями, поэтому они имеют одинаковый принцип действия, и в общем случае могут быть описаны следующей совокупностью существенных признаков. Передача имеет эксцентриковое звено - плавающую шайбу, посаженную с возможностью вращения на эксцентрик входного вала и воздействующую на цепочку тел качения своей боковой цилиндрической рабочей поверхностью. Два центральных колеса выполнены с периодическими элементами на поверхности. Эти элементы на одном колесе выполнены в виде замкнутой и периодически изогнутой в радиальном направлении дорожки качения. Образующая линия такой дорожки качения лежит в плоскости, перпендикулярной оси передачи. Периодические элементы на другом центральном колесе прерывистые и расположены по окружности с равномерным шагом. В каждом прерывистом элементе находится шарик, одновременно взаимодействующий и с замкнутой периодической дорожкой качения и с рабочей поверхностью плавающей шайбы. Число периодов замкнутой дорожки качения отличается на единицу от числа шариков или от числа, кратного числу шариков. Эту передачу принимаем за прототип для первого варианта изобретения.

Известны также эксцентриковые шариковые передачи, в которых каждый шарик взаимодействует только с двумя дисковыми звеньями. Один из дисков посажен с возможностью вращения на эксцентрик входного вала и является плавающей шайбой. Оба диска имеют на обращенных друг к другу плоских поверхностях замкнутые периодически изогнутые дорожки качения (EP 0107485, US 4829851) с разным числом периодов или замкнутые периодические дорожки и разнесенные по окружности лунки (RU 2253777) с цепочкой шариков между ними. Шарика находятся в одновременном контакте с дорожками и лунками. Замкнутые дорожки изогнуты в радиальном направлении в плоскости дисков, то есть линия изгиба дорожек лежит в плоскости, составляющей угол 90 градусов с осью передачи. Плавающая шайба снабжена дополнительным механизмом, приводящим вращение плавающей шайбы вокруг собственной оси к общей оси передачи. Таким механизмом (или передающим узлом с передаточным отношением, равным 1) может служить механизм параллельных кривошипов или шариковый механизм параллельных кривошипов (EP 0107485, JP 62004961). В патентах US 4643047 и RU 2253777 функцию механизма, приводящего вращение плавающей шайбы к оси передачи, выполняет второй передающий узел со второй цепочкой шариков, реализованный на другой стороне той же плавающей шайбы. Для этого на обратной стороне плавающей шайбы и на поверхности дополнительно введенного диска выполнены периодические дорожки качения с шариками между ними. В передаче расширен диапазон передаточных отношений.

Передачу RU 2253777 принимаем за прототип для второго варианта изобретения. Передача содержит два диска, взаимодействующих друг с другом посредством цепочки шариков. Один из дисков посажен с возможностью вращения на эксцентрик входного вала и является плавающей шайбой. На обращенных друг к другу плоских поверхностях диска и плавающей шайбы выполнены замкнутая периодически изогнутая дорожка качения и лунки, находящиеся в постоянном контакте с каждым шариком. Число периодов замкнутой дорожки качения на единицу отличается от числа, кратного числу шариков. Линия изгиба замкнутой периодической дорожки лежит в плоскости диска, составляющей угол 90 градусов с осью передачи. Передача снабжена механизмом, приводящим вращение плавающей шайбы вокруг собственной подвижной оси к оси передачи.

В обоих прототипах присутствует подшипник, на котором на эксцентрик входного вала посажена плавающая шайба. Этот подшипник имеет жесткие условия эксплуатации, а именно он работает с высокой скоростью вращения, развиваемой двигателем и при высоких нагрузках, обратно пропорциональных величине эксцентриситета входного вала. При небольшом эксцентриситете нагрузки высоки и требуют применения подшипников больших габаритов, что увеличивает радиальные габариты передачи в целом. Увеличение эксцентриситета с целью уменьшения нагрузки на этот подшипник ведет к увеличению амплитуды периодической дорожки качения, т.е. также увеличивает радиальные размеры передачи.

Кроме того, все вышеописанные передачи в принципе обратимые, т.е. могут работать как редуктор и как мультипликатор. Лишь отдельные типоразмеры передач, у которых мал КПД прямого хода, могут иметь достаточно низкий КПД обратного хода, но надежного самоторможения не обеспечивают и они.

Таким образом, задачей изобретения является создание надежной малогабаритной шариковой передачи.

Техническим результатом изобретения является возможность увеличения эксцентриситета передачи без увеличения амплитуды периодических дорожек качения и радиальных размеров передачи. Дополнительным техническим результатом является появление в некоторых частных случаях реализации шариковой передачи (при некоторых условиях) принципиально нового свойства, а именно свойства самоторможения. Т.е. при отсутствии входной мощности самопроизвольное движение ведущего звена под действием сил производственных сопротивлений невозможно.

Такое свойство передачи очень важно при использовании ее в приводах отдельных областей техники, например в грузоподъемной технике, в системах рулевого управления летательных аппаратов и т.п., когда самотормозящая передача делает ненужной систему рабочих тормозов, на растормаживание которых тратится до 20% энергии привода.

Для достижения указанного технического результата в первом варианте исполнения передача как и прототип содержит три звена, одновременно взаимодействующих с цепочкой шариков. Одним из звеньев является плавающая шайба, посаженная с возможностью вращения на эксцентрик входного вала и воздействующая своей рабочей поверхностью на цепочку шариков. Два других звена являются центральными колесами. На одном из них выполнена замкнутая периодически изогнутая дорожка качения, а на другом - разнесенные по окружности прерывистые элементы, в которых размещены шарики, причем число периодов замкнутой дорожки качения на единицу отличается от числа, кратного числу шариков.

В отличие от прототипа рабочая поверхность плавающей шайбы выполнена наклонной к оси передачи, образуя коническую поверхность. Замкнутая периодическая дорожка качения изогнута в осевом или радиально-осевом направлении, т.е. ее линия изгиба лежит на воображаемой поверхности вращения, образующая которой составляет с осью передачи угол α , меньший 90 градусов. Плавающая шайба и колесо с замкнутой дорожкой качения снабжены элементами, препятствующими их осевому смещению друг относительно друга.

Наиболее оптимальный диапазон для выбора угла α лежит в пределах от 0 градусов до перпендикуляра к конической поверхности плавающей шайбы, т.е. $0^\circ \leq \alpha \leq \beta$, где β - угол наклона конической рабочей поверхности плавающей шайбы к плоскости ее планетарного движения (или угол при основании конуса). При угле $\alpha = \beta$, когда дорожка качения изогнута по линии, лежащей на воображаемой конической поверхности, перпендикулярной к рабочей поверхности плавающей шайбы, амплитуда изгиба дорожки в наименьшей степени зависит от эксцентриситета. Кроме того, шариковое зацепление в этом случае имеет наилучшее распределение сил, так как линия, соединяющая точки контактов шарика с плавающей шайбой и замкнутой дорожкой качения, проходит через центр шарика. Следовательно, силы реакции, действующие на шарик со стороны замкнутой дорожки качения и плавающей шайбы, лежат на одной прямой и не имеют вредных составляющих. При угле α , равном 0 градусов, т.е. когда периодическая дорожка качения изогнута по воображаемой цилиндрической поверхности с образующей, параллельной оси вращения передачи, амплитуда изгиба с увеличением эксцентриситета вновь увеличивается. Однако это увеличение не вызывает увеличения радиальных размеров центральных колес. Кроме того, дорожка качения с таким изгибом более технологична в изготовлении.

По конструкции звена с разнесенными по окружности прерывистыми элементами предлагаемая передача может быть выполнена в двух модификациях. Если эти элементы представляют собой сквозные прорезы, то звено должно быть выполнено в форме конуса, повторяющего форму рабочей поверхности плавающей шайбы, размещенного между плавающей шайбой и поверхностью с периодической дорожкой качения второго центрального колеса.

Разнесенные элементы также могут быть выполнены в виде лунок, вытянутых в направлении, совпадающем с направлением изгиба замкнутой периодической дорожки на другом центральном колесе, и сопрягающихся с дорожкой.

Для повышения передаточного отношения обе модификации передачи могут быть выполнены из двух передающих узлов, реализованных на противоположных сторонах одной плавающей шайбы, для чего вторая сторона шайбы выполнена также с наклоном, образуя вторую коническую рабочую поверхность плавающей шайбы. В передачу дополнительно введены два центральных колеса, одно из которых жестко связано (или выполнено за одно целое) с любым из центральных колес первого узла. На одном из дополнительных колес выполнена замкнутая периодически изогнутая дорожка качения, а на другом - разнесенные по окружности прерывистые элементы, с которыми взаимодействует вторая цепочка шариков. Линия изгиба указанной замкнутой периодической дорожки качения лежит на воображаемой поверхности вращения, образующая которой составляет с осью передачи угол α , меньший 90°. Так же как и в первом передающем узле, оптимальные направления изгиба лежат в диапазоне между направлением, параллельным оси передачи и перпендикуляром к соответствующей рабочей конической поверхности плавающей шайбы. Функцию элемента, препятствующего осевому смещению плавающей шайбы, выполняет дополнительное колесо с замкнутой дорожкой качения, для чего оно выполнено с невозможностью осевого смещения относительно другого колеса с замкнутыми дорожками.

В такой конструкции целесообразно жестко связать или выполнить как единое целое колеса с замкнутыми периодически изогнутыми дорожками качения. В этом случае невозможность смещения колес с такими дорожками в осевом направлении друг относительно друга выполняется автоматически за счет жесткой связи. Т.е. отпадает необходимость в применении ограничивающих элементов.

Кроме того, передачу из двух передающих узлов можно сбалансировать по массе.

Для этого целесообразно плавающую шайбу выполнить из двух отдельных половин с конической поверхностью на каждой из них. Эксцентрик входного вала образован двумя противофазными эксцентричными участками. Каждая из половин плавающей шайбы посажена на свой эксцентричный участок.

Второй вариант изобретения представляет собой передачу, в которой каждый шарик взаимодействует только с двумя звеньями. Эксцентриковая шариковая передача, как и прототип, содержит два дисковых звена. На обращенных друг к другу поверхностях дисков выполнены замкнутая периодически изогнутая дорожка качения и разнесенные по окружности лунки. Дорожка и лунки взаимодействуют посредством цепочки шариков, причем число периодов дорожки качения на единицу отличается от числа, кратного числу шариков. Один из дисков посажен с возможностью вращения на эксцентрик входного вала и является плавающей шайбой. Передача снабжена механизмом приведения вращения плавающей шайбы к оси передачи.

В отличие от прототипа поверхности обоих дисков в области периодических элементов выполнены в форме сопрягающихся конусов. Лунки выполнены тороидальной формы. Линия изгиба замкнутой дорожки качения лежит на воображаемой поверхности вращения, образующая которой составляет с осью передачи угол α , меньший 90 градусов. Оба диска снабжены элементами, препятствующими их осевому смещению друг относительно друга.

Наиболее оптимальный диапазон для выбора угла α лежит в пределах от 0 градусов до перпендикуляра к конической поверхности плавающей шайбы, т.е. $0^\circ \leq \alpha \leq \beta$, где β - угол при основании конической рабочей поверхности плавающей шайбы.

Механизм приведения вращения плавающей шайбы к оси передачи может быть выполнен в виде второй ступени аналогичной передачи, реализованной на противоположной поверхности плавающей шайбы. При этом эта поверхность выполнена также в форме части конуса, сопрягающегося с конической поверхностью дополнительно введенного диска. На одной из указанных поверхностей выполнены разнесенные по окружности тороидальные лунки, а на другой - замкнутая периодически изогнутая дорожка качения. Линия изгиба дорожки качения лежит на воображаемой поверхности вращения с образующей, которая составляет с осью передачи угол меньше 90 градусов. Лунки и периодическая дорожка качения взаимодействуют друг с другом посредством дополнительной цепочки шариков. Функцию элемента, препятствующего осевому смещению плавающей шайбы, выполняет дополнительный диск, для чего он также снабжен элементом, препятствующим его осевому смещению.

Оба варианта передачи при определенных условиях приобретают свойство самоторможения, когда какая угодно величина нагрузки со стороны выходного вала не может привести в движение входной вал. Гарантированно эффект самоторможения проявляется в случае, когда угол при основании конуса плавающей шайбы меньше угла трения между шариком и указанной конической поверхностью. Для передач с двумя передающими узлами и двумя цепочками шариков указанное условие должно выполняться, по меньшей мере, для выходного передающего узла.

Изобретение иллюстрируется графическими материалами. На фиг.1, 4, 6 и 7 схематически представлены в виде осевых сечений различные модификации первого варианта передачи, в котором каждый шарик взаимодействует одновременно с тремя звеньями. Фиг.2 и 3 иллюстрируют распределение сил, действующих на шарик, для двух оптимальных значений угла α . На фиг.5 показан общий вид передачи, изображенной на фиг.4, в разобранном состоянии. На фиг.8 и 9 приведено осевое сечение передачи по второму варианту с одним и с двумя передающими узлами соответственно. На фиг.10 представлена схема клинового аналога предлагаемой передачи, иллюстрирующая условия возникновения эффекта самоторможения.

Передача содержит входной вал 1 с эксцентриком 2. На эксцентрике 2 на подшипнике 3 посажен сателлит - плавающая шайба 4. Передача содержит также два центральных колеса 5 и 6. Колесо 5 с помощью подшипника 7 посажено на входной вал 1, а колесо 6 охватывает колесо 5 и образует с ним вращательную пару с помощью подшипника 8. Торцевая поверхность плавающей шайбы 4, обращенная к центральным колесам 5 и 6 выполнена с наклоном к плоскости шайбы под углом β , образуя коническую поверхность 9. Центральное колесо 5 на поверхности, обращенной к плавающей шайбе 4, имеет замкнутую периодическую дорожку 10, сопрягающуюся с разнесенными по окружности прерывистыми элементами 11 на центральном колесе 6.

Замкнутая дорожка 10 периодически изогнута в направлении, перпендикулярном к конической поверхности 9. Иными словами, линия изгиба лежит на воображаемой конической поверхности, перпендикулярной конусу 9 (см. фиг.3). Угол α (угол между образующей этой воображаемой поверхности и осью передачи) в этом случае равен углу β при основании конуса на плавающей шайбе 4. Прерывистые элементы 11 на колесе 6 представляют собой лунки, вытянутые вдоль направления изгиба дорожки качения 10. В лунках 11 размещены шарики 12, находящиеся в одновременном контакте с дорожкой 10 и конической поверхностью 9 плавающей шайбы 4. Амплитуда изгиба дорожки 10 не превышает радиуса шарика 12, так как иначе шарик

будет выходить из контакта с поверхностью 9 или 10.

Следует отметить, что дорожка качения 10 может иметь направление изгиба, лежащее в диапазоне углов наклона к оси ОО1 передачи от 0 до угла, меньшего 90 градусов. Если угол $\alpha = 90$ градусам, т.е. линия изгиба дорожки качения лежит в плоскости планетарного движения шайбы, то амплитуда изгиба дорожки качения и радиальные размеры центральных колес напрямую зависят от эксцентриситета, т.е. указанный технический результат не достигается. С уменьшением угла α зависимость амплитуды от эксцентриситета уменьшается, и при угле $\alpha = \beta$ амплитуда принимает минимально возможное значение. При дальнейшем уменьшении угла α амплитуда вновь растет, но при этом не происходит увеличения радиальных размеров передачи. При угле $\alpha = 0$ линия изгиба лежит на воображаемой цилиндрической поверхности, образующая которой параллельна оси ОО1 (см. фиг.2), и увеличение амплитуды может привести к увеличению только осевых размеров центральных колес. Радиальные их размеры перестают зависеть от амплитуды изгиба дорожки качения. Однако в этом случае силы реакции R_5 дорожки качения 10 и R_4 рабочей поверхности 9 плавающей шайбы 4 будут направлены под углом друг к другу, и появляется вредная составляющая силы R , выталкивающая шарик 12 из дорожки качения. Причем величина этой составляющей тем больше, чем больше угол β .

На фиг.3 показано распределение сил, действующих на шарик 12 со стороны противодействующих звеньев 5 и 4, для случая, когда направление изгиба дорожки 10 перпендикулярно конической рабочей поверхности 9 плавающей шайбы 4. Из фиг.3 видно, что силы реакции R_5 и R_4 в этом случае лежат на одной прямой, и составляющая R отсутствует. То есть значение угла $\alpha = \beta$, является оптимальным с точки зрения распределения сил.

Центральное колесо 5 с замкнутой дорожкой 10 и плавающая шайба 4 снабжены элементами, препятствующими их осевому смещению друг относительно друга. В конкретной конструкции на фиг.1 этими элементами являются опорные кольца 13 и 14 на валу 1 и эксцентрик 2, а также буртики 15 и 16 на центральном колесе 5 и плавающей шайбе 4, которые препятствуют осевому сдвигу упорных подшипников 7 и 3 друг относительно друга, а колеса 5 и шайбы 4 относительно подшипников 7 и 3. Реактивным неподвижным звеном и выходным звеном в передаче может выступать любое из центральных колес. То есть если неподвижно в корпусе закрепить колесо 6, то ведомым валом будет являться колесо 5, и наоборот.

В конструкции предлагаемой передачи разделены направления перемещения плавающей шайбы 4 и направление волнового перемещения шарика 4 по дорожке качения. Шайба 4 совершает планетарное движение в плоскости, перпендикулярной оси передачи, а шарик 12 совершает волновые перемещения вдоль воображаемой поверхности, на которой лежит центральная линия замкнутой дорожки качения 10. Именно это разделение направлений позволяет уменьшить зависимости амплитуды дорожки качения и радиального размера центральных колес от величины эксцентриситета. А это обстоятельство позволяет без значительного увеличения габаритов передачи увеличить эксцентриситет для уменьшения нагрузки, приходящейся на скоростной подшипник 3. Это же разделение направлений при определенных условиях позволяет создать самотормозящую передачу, которую мы рассмотрим ниже.

На фиг.4 и 5 приведена модификация передачи, у которой разнесенные по окружности периодические элементы на центральном колесе 6 представляют собой сквозные отверстия 17. Для этого часть колеса 6 в области расположения отверстий выполнена в форме обоймы 18, повторяющей коническую поверхность 9 плавающей шайбы 4. Эта обойма расположена между плавающей шайбой 4 и поверхностью колеса 5 с замкнутой периодической дорожкой 10. Амплитуда замкнутой периодической дорожки 10 в такой конструкции и толщина обоймы 18 совместно не должны превышать радиуса шарика. Линия изгиба замкнутой дорожки качения 10 лежит на воображаемой конической поверхности, перпендикулярной рабочей поверхности 9 плавающей шайбы 4. Все остальные элементы и обозначения в передаче соответствуют фиг.1.

В передаче из двух передающих узлов, приведенной на фиг.6, первый передающий узел аналогичен передаче на фиг.1 и имеет те же обозначения звеньев. Линия изгиба дорожки качения 10 лежит на воображаемой конической поверхности с образующей, перпендикулярной рабочей конической поверхности 9 плавающей шайбы 4 (угол $\alpha = \beta$).

Второй передающий узел использует ту же плавающую шайбу 4. Для этого ее поверхность, противолежащая конической поверхности 9, выполнена также в форме конуса 19. Дополнительное центральное колесо 20 с разнесенными по окружности вытянутыми лунками 21 выполнено за одно целое с колесом 6. Второе дополнительное центральное колесо 22 имеет на поверхности, обращенной к плавающей шайбе 4, замкнутую периодически изогнутую дорожку качения 23. Эта дорожка имеет направление изгиба, перпендикулярное соответствующей рабочей конической поверхности 19. То есть линия изгиба замкнутой дорожки качения 23 лежит на воображаемой конической поверхности. Лунки 21 вытянуты в этом же направлении и сопрягаются с дорожкой качения 23. В лунках 21 размещены шарики 24 второй цепочки. Центральное колесо 22 посажено между входным валом 1 и

наружным центральным колесом 20 с помощью подшипников 25 и 26.

В этой конкретной конструкции замкнутые периодические дорожки качения выполнены на колесах 5 и 22. Элементами, предотвращающими взаимное осевое смещение колес 5 и 22, являются опорные шайбы 13 и 28 радиально-упорных подшипников 7 и 25, а также буртики 15 и 30 на центральных колесах.

Любые два из трех центральных колес 5, 22 или совмещенное колесо 6 - 20 могут служить неподвижным реактивным или выходным звеном, тогда третье звено будет свободно вращаться. Для крепления колес 5 и 22 к внешним звеньям предусмотрены резьбовые отверстия 31 и 32. Входной вал 1 может иметь внутреннее отверстие, поэтому передача может с успехом использоваться в приводе трубопроводной арматуры. В этом случае удобнее всего в качестве корпуса выбрать наружное совмещенное колесо 6 - 20. Любое из колес 5 или 22 может служить выходным звеном.

Если передача предназначена для использования в приводе лебедки, то удобнее реактивным неподвижным звеном сделать любое из колес 5 или 22, соединив его со станиной, а выходным звеном выбрать наружное совмещенное колесо 6 - 20, поместив его внутри барабана лебедки.

Во всех вышеописанных передачах есть дисбаланс масс и существует необходимость в балансировке эксцентрика и плавающей шайбы. В следующей модификации передачи, изображенной на фиг.7, дисбаланс отсутствует. Для этого в передаче с двумя передающими узлами плавающая шайба выполнена из двух отдельных половин 33 и 34, каждая из которых имеет рабочую коническую поверхность 9 и 19. Каждая из половин посажена с помощью подшипников 35 и 36 на противофазные участки 37 и 38 эксцентрика входного вала 1.

Центральные колеса 39 и 40 двух передающих узлов здесь выполнены с разнесенными по окружности вытянутыми лунками 41 и 42. Центральное колесо 43 является общим для обоих передающих узлов и на нем выполнены две замкнутые периодически изогнутые дорожки качения 44 и 45. Направление изгиба этих дорожек выбрано параллельным оси передачи, в этом же направлении вытянуты лунки 41 и 42. В лунках 41 расположена цепочка шариков 12 первого передающего узла, а в лунках 42 - цепочка шариков 24 второго передающего узла.

Поскольку замкнутые периодические дорожки качения 44 и 45 здесь выполнены на одной детали, то средством, предотвращающим взаимное осевое перемещение этих дорожек, является сила упругости колеса 43 и отсутствует необходимость в упорных подшипниках и опорных кольцах. Любые два из трех центральных колес 39, 40 и 43 могут быть выбраны в качестве реактивного или ведомого звена. Наборы резьбовых отверстий 31 и 32, как и в предыдущей передаче, служат для крепления центральных колес 39 и 40 к внешним звеньям (ведомому валу или корпусу).

Перейдем теперь ко второму варианту реализации изобретения, в котором каждый шарик находится в одновременном контакте с дорожками качения только двух звеньев (см. фиг.8). Передача содержит входной вал 1 с эксцентриком 2. На валу 1 с помощью подшипника 7 посажен диск 46, а на эксцентрике 2 на подшипнике 3 посажен диск 47, являющийся плавающей шайбой. Обращенные друг к другу поверхности дисков 46 и 47 выполнены в форме сопрягающихся конических поверхностей 48 и 49. На этих поверхностях на диске 47 выполнены разнесенные по окружности тороидальные канавки 50, а на диске 46 - замкнутая периодически изогнутая дорожка качения 51. В каждой тороидальной канавке помещен шарик 12, одновременно контактирующий с периодической дорожкой качения 51. Направление изгиба дорожки качения 51 перпендикулярно к конической поверхности 48. Требования к направлению изгиба дорожки качения здесь ничем не отличаются от аналогичных требований в первом варианте изобретения. Оптимальные значения углов наклона α к оси передачи также лежат в диапазоне от 0 до β . На противоположной стороне плавающей шайбы 47 выполнен механизм параллельных кривошипов, который приводит вращение шайбы 47 вокруг собственной оси СС1 к оси передачи ОО1. Механизм представляет собой лунки или отверстия 52 и пальцы 53. Диаметр отверстий 52 равен диаметру пальцев 53 плюс удвоенный эксцентриситет эксцентрика 2. Все пальцы 53 связаны с диском 54, имеющим ось вращения, совпадающую с осью передачи. Один из дисков 46 или 54 может быть ведомым звеном, тогда другой диск будет реактивным неподвижным звеном. На предлагаемой фиг.8 выходным звеном является диск 54, связанный с выходным валом 55, а диск 46 является элементом неподвижного корпуса. Диски 46 и 47 имеют средства для предотвращения их осевого перемещения друг относительно друга. Это опорные кольца 56 и 57 радиально-упорных подшипников 7 и 3, а также буртики 58 и 59 на диске 46 и плавающей шайбе 47.

Рассмотрим передачу, в которой функцию механизма, приводящего вращение плавающей шайбы 47 к оси передачи, выполняет второй передающий узел (см. фиг.9). Для этого второй торец плавающей шайбы 47 выполнен также с наклоном к оси ОО1 передачи, образуя коническую поверхность 58. Угол наклона этой поверхности может быть любым, но целесообразно делать его равным углу конусной поверхности 49. В этом случае рабочие поверхности 49 и 58 плавающей шайбы 47 будут симметричны друг другу. Коническая поверхность 58 сопрягается с конической поверхностью 59 дополнительного диска 60. Диск 60 на подшипнике 61 посажен на

входном валу 1. На поверхностях 58 и 59 выполнены периодические элементы. На поверхности 58 плавающей шайбы 47 они представляют собой разнесенные по окружности тороидальные канавки 62, а на поверхности 59 это замкнутая периодически изогнутая дорожка качения 63. В лунках 62 размещены дополнительные шарики 64, находящиеся в непрерывном контакте с дорожкой 63. Направление изгиба дорожки качения 63 на дополнительном диске 60 перпендикулярно к коническим поверхностям 58 и 59.

Подшипник 61 дополнительного диска 60 выполнен радиально-упорным и снабжен опорным кольцом 65. Вместе с опорным кольцом 56 радиально-упорного подшипника 7 они препятствуют осевому смещению дисков 46 и 60 относительно плавающей шайбы 47.

Любая из описанных выше конструкций шариковой передачи при выполнении определенных условий приобретает свойство самоторможения. Т.е. при отсутствии входной мощности самопроизвольное движение ведущего звена под действием сил производственных сопротивлений невозможно. Такое свойство двигателя очень важно при использовании в отдельных областях, например в грузоподъемной технике, в системах рулевого управления летательных аппаратов и т.п.

Для определения условий самоторможения обратимся к фиг.10, где представлен клиновой аналог эксцентриковой шариковой передачи, изображенной на фиг.4. Для упрощения примем, что обойма 18 с отверстиями 11 является реактивным неподвижным звеном. Кроме того, рассмотрим случай, когда направление изгиба дорожки качения перпендикулярно конической поверхности плавающей шайбы. Полученные результаты будут справедливы и для любого другого направления. Дело в том, что направление действия силы со стороны шарика на клиновую поверхность 9 в любом случае будет перпендикулярно ее поверхности (см. фиг.2). Клин 66 имитирует плавающую шайбу 4 с конической поверхностью 9. Буквой Р обозначена движущая сила прямого хода, а буквой Q - сила производственного сопротивления, возникающая под действием момента вращения со стороны ведомого вала при отсутствии силы со стороны ведущего звена. Клин 66 движется без скольжения по направляющей 67. В конкретной конструкции отсутствие скольжения обеспечивается радиально-упорным подшипником 3. Шарик 12, перемещающийся в отверстиях 11 обоймы 18, можно условно представить как клин 68 в направляющих 18. В книге Турпаев А.И. Самотормозящие механизмы. М., «Машиностроение», 1976, на стр.43 дано условие самоторможения $\beta < \phi_1$, где ϕ_1 в нашем случае угол трения шарика 12 и клиновой поверхности 9. Полученный критерий является приближенным. Во-первых, он не учитывает трение в других кинематических парах, однако трение в этих парах способствует самоторможению. Поэтому если параметры механизма удовлетворяют указанному критерию, то самоторможение тем более будет существовать. Во-вторых, критерий выведен для плоского движения клиньев, а в реальных шариковых передачах движение осуществляется в пространстве и клиновой аналог справедлив только для отдельных положений отдельных шариков. Учет других шариков будет только увеличивать эффект самоторможения. Таким образом, обобщая, можно утверждать, что условием гарантированного самоторможения является требование, чтобы угол у основания конусной поверхности плавающей шайбы был меньше угла трения между шариком и этой поверхностью.

Следует отметить, что угол трения между двумя звеньями зависит не только от материала этих звеньев, но и от состояния поверхности, наличия смазки или посторонней жидкости, поэтому угол конусности плавающей шайбы в каждом конкретном случае целесообразно подбирать экспериментально.

Рассмотрим работу передачи на фиг.1. Для определенности пусть центральное колесо 6 будет являться реактивным звеном, соединенным с неподвижным корпусом. При вращении входного вала 1 с эксцентриком 2 плавающая шайба 4 начнет совершать плоскопараллельное планетарное движение вокруг оси передачи. Благодаря конической форме рабочей поверхности 9 шайбы 4 она периодически будет давить на шарики 12 силой, направленной перпендикулярно к этой поверхности (R_4 на фиг.2 и 3). Под действием этой силы каждый шарик 12 за один оборот входного вала 1 совершит одну волну возвратно поступательного перемещения в лунках 11. Очевидно, что при взаимодействии шарика 12 с поверхностью 9 плавающей шайбы 4 и периодической дорожкой 10 колеса 5 появится сила, расталкивающая эти звенья вдоль оси. Для предотвращения взаимного осевого перемещения звеньев под действием расталкивающей силы колесо 5 и плавающая шайба 4 снабжены буртиками 15 и 16, а радиально-упорные подшипники 3 и 7 снабжены опорными кольцами 13 и 14.

Поскольку шариков 12 на единицу больше или меньше, чем периодов дорожки качения 10, то их взаимодействие с периодической дорожкой качения 10 вызовет поворот центрального колеса 5 на один угловой шаг этой дорожки. Передаточное отношение механизма будет равно числу периодов дорожки качения 10. Как видим, принцип действия предлагаемой передачи мало отличается от принципа действия прототипа. Отличия заключаются лишь в том, что в прототипе движение плавающей шайбы и волновое движение шариков совершаются в одной плоскости, а в предлагаемой передаче эти движения разнесены в пространстве. Плавающая шайба 4 движется в плоскости, перпендикулярной оси ОО1 передачи, а шарики совершают

волновое перемещение вдоль воображаемой конической поверхности, перпендикулярной конической рабочей поверхности 9 плавающей шайбы 4. Именно такое разнесение в пространстве этих движений позволяет уменьшить зависимость между амплитудой периодической дорожки качения и величиной эксцентриситета эксцентрика 2. Благодаря этому же пространственному разнесению движений в предлагаемой передаче проявляется эффект клина, вызывающий ее самоторможение при определенной величине угла клина.

Передача на фиг.4 работает аналогично обычной шариковой передаче с сепаратором со сквозными прорезями. При вращении входного вала 1 плавающая шайба своей конической рабочей поверхностью 9 будет последовательно давить на шарики 12, заставляя их колебательно перемещаться в прорезях 17. Взаимодействие волнового перемещения шариков 12 с торцевой дорожкой качения 10 вызовет поворот колеса 5. По сравнению с предыдущей передачей с лунками передача со сквозными прорезями обладает теми же сравнительными достоинствами и недостатками, что и обычная передача. В ней улучшено распределение сил, так как периодическая дорожка качения действует на шарики не в области края дорожки качения, как это имеет место в предыдущей конструкции, а в области дна дорожки. В то же время колесо с прорезями является менее прочным звеном, чем колесо с лунками. Пространственное разделение движений плавающей шайбы и шариков здесь также обеспечено конической формой рабочей поверхности 9.

Передача с двумя передающими узлами на фиг.6 в зависимости от выбора реактивного и ведомого звена может работать в нескольких режимах, обеспечивая разные передаточные отношения. Если неподвижным корпусом сделать совмещенное колесо 6 - 20, то передача будет иметь два ведомых вала, причем вращение этих валов не зависит друг от друга и может происходить с различной скоростью и даже в противоположных направлениях. Это зависит от выбора вида периодических элементов на ведомых колесах 5 и 22 и колесах 6 и 20 и чисел периодов этих дорожек. Передаточное отношение на конкретном ведомом валу определяется числом периодических элементов на ведомом колесе, а направление вращения зависит от того, какие периодические элементы выполнены на нем: замкнутая дорожка качения или разнесенные по окружности прерывистые элементы (лунки или сквозные прорези). На совмещенном колесе целесообразно для обоих передающих узлов делать периодические замкнутые дорожки, как это показано на фиг.7. В этом случае расталкивающие силы, действующие со стороны конических поверхностей 9 и 19 плавающей шайбы 4 через шарики 12 и 24 на замкнутые дорожки, будут компенсироваться силой упругости колеса 43.

Если неподвижным звеном в передаче на фиг.6 выбрать, например, центральное колесо 5, а ведомым - 22, то можно получить большее передаточное отношение. В этом случае передаточное отношение и будет определяться, как и в обычной планетарной передаче, следующим образом

$$U = -(Z_{11} \cdot Z_{23} / Z_{10} \cdot Z_{21}) / (1 - Z_{11} \cdot Z_{23} / Z_{10} \cdot Z_{21}), \quad (1)$$

где Z_{11} , Z_{21} и Z_{10} , Z_{23} - число лунок 11, 21 и число периодов дорожек качения 10 и 23 соответственно. Выбрав числа периодов дорожек 10 и 23, равными 10 и 11, а числа лунок 11 и 21, равными 9 и 10, получим достаточно высокое общее передаточное отношение, равное - 99. То есть вращение ведомого звена будет происходить в обратном направлении.

Если теперь неподвижным звеном выбрать колесо 22, а ведомым - колесо 5 то при тех же значениях периодов мы получим общее передаточное, равное 100. Вращение будет попутным.

Таким образом, передача на фиг.6 в зависимости от схемы ее подключения в приводе может обеспечить различные передаточные отношения.

Для получения в этом механизме эффекта самоторможения достаточно, чтобы условия самоторможения выполнялись для конической поверхности плавающей шайбы со стороны ведомого звена. В случае ведомого колеса 22 угол при основании конической поверхности 19 должен быть меньше угла трения в паре шарик 24 - поверхность 19.

Все вышесказанное в равной степени относится и к работе передачи на фиг.7. Единственное отличие состоит в том, что она будет испытывать меньшие биения при работе, обусловленные значительным уменьшением дисбаланса масс.

Рассмотрим работу второго варианта шариковой передачи, изображенной на фиг.8. При вращении входного вала 1 с эксцентриком 2 плавающая шайба 47 начинает совершать плоскопараллельное планетарное движение в плоскости, перпендикулярной к оси 001 передачи. Из-за того, что рабочая поверхность шайбы 47 имеет коническую форму, то шарики 12, находящиеся в лунках 50 и торцевой периодической дорожке качения 51, относительно поверхности 49 будут совершать обкатное движение по тороидальным лункам 50 и одновременно волновое возвратно-поступательное движение вдоль оси передачи. Так как число шариков 12 не равно числу периодов дорожки 51, то это волновое осевое перемещение шариков вызовет поворот диска 46 относительно диска 47 на один шаг периодической дорожки. При этом, если диск 46 закреплен неподвижно, т.е. является реактивным звеном, то такой поворот вокруг своей оси СС1 совершит плавающая шайба 47. Этот поворот приводится к оси передачи с помощью диска 54 с пальцами 53. Пальцы 53

обкатывают отверстия 52 в плавающей шайбе, диаметр которых больше диаметра пальцев 53 на удвоенную величину эксцентриситета. Возможен и другой режим работы передачи, когда неподвижным является диск 54. Тогда этот механизм, позволяя плавающей шайбе 47 совершать планетарное движение, не позволяет ей вращаться вокруг собственной оси. Тем самым во вращение вовлекается диск 46, являющийся в данном случае ведомым. В передаче, как и в предыдущих, разделено в пространстве движение плавающей шайбы и волновое движение шариков, поэтому в ней также возможно увеличение эксцентриситета без увеличения амплитуды периодической дорожки, а следовательно, и без увеличения радиальных габаритов. Точно также при выполнении условия, что угол при основании конуса поверхности 49 плавающей шайбы 57 будет меньше угла трения между шариком 12 и этой поверхностью, передача имеет свойство самоторможения. Естественно, что рассматривается трение между шариком 12 и тороидальной лункой 50.

В передаче на фиг.9 функцию приведения вращения плавающей шайбы 47 к оси выполняет второй передающий узел, реализованный на противоположной стороне плавающей шайбы 47. Соответственно изменяется и передаточное отношение, которое определяется по формуле, аналогичной (1).

Таким образом, представленные здесь варианты эксцентриковых шариковых передач позволяют улучшить условия эксплуатации и снизить требования к подшипнику эксцентрика. Кроме того, все передачи при определенных конструктивных параметрах могут приобретать свойство самоторможения.

Формула изобретения

1. Эксцентриковая планетарная шариковая передача, содержащая плавающую шайбу, посаженную с возможностью вращения на эксцентрик входного вала и воздействующую своей рабочей поверхностью на цепочку шариков, и два центральных колеса, с замкнутой периодически изогнутой дорожкой качения на одном и с разнесенными по окружности прерывистыми элементами - на другом, с которыми взаимодействуют шарики, причем число периодов замкнутой дорожки качения на единицу отличается от числа, кратного числу шариков, отличающаяся тем, что рабочая поверхность плавающей шайбы выполнена наклонной к оси передачи, образуя коническую поверхность, линия изгиба замкнутой периодической дорожки качения лежит на воображаемой поверхности вращения, образующая которой составляет с осью передачи угол α , меньший 90° , а плавающая шайба и колесо с замкнутой дорожкой качения снабжены элементами, препятствующими их осевому смещению относительно друг друга.

2. Эксцентриковая планетарная передача по п.1, отличающаяся тем, что угол α лежит в диапазоне от 0 до β , где β - угол при основании конуса плавающей шайбы.

3. Эксцентриковая планетарная передача по п.1, отличающаяся тем, что разнесенные по окружности прерывистые элементы на одном из центральных колес выполнены в виде лунок, вытянутых в направлении, совпадающем с направлением изгиба замкнутой периодической дорожки на другом центральном колесе и сопрягающихся с ней.

4. Эксцентриковая планетарная передача по п.1, отличающаяся тем, что разнесенные по окружности прерывистые элементы на одном из центральных колес выполнены в виде сквозных прорезей в обойме, выполненной в форме конуса, повторяющего форму наклонной рабочей поверхности плавающей шайбы, и коническая обойма размещена между рабочей поверхностью плавающей шайбы и поверхностью с периодической замкнутой дорожкой качения другого центрального колеса.

5. Эксцентриковая планетарная шариковая передача по п.1, отличающаяся тем, что дополнительно введен второй передающий узел, реализованный на противоположной поверхности плавающей шайбы, для чего эта поверхность выполнена наклонной в форме части конуса, дополнительно введены два центральных колеса, одно из которых жестко связано (или выполнено за одно целое) с любым из центральных колес первого узла, на дополнительных колесах выполнены замкнутая периодически изогнутая дорожка качения и разнесенные по окружности прерывистые элементы, с которыми взаимодействует вторая цепочка шариков, линия изгиба указанной замкнутой периодической дорожки качения лежит на воображаемой поверхности вращения, образующая которой составляет с осью передачи угол α , меньший 90° , и функцию элемента, препятствующего осевому смещению плавающей шайбы, выполняет дополнительное колесо с замкнутой дорожкой качения, для чего оно выполнено с невозможностью осевого смещения относительно колеса с замкнутой дорожкой качения первого передающего узла.

6. Эксцентриковая планетарная шариковая передача по п.5, отличающаяся тем, что центральное колесо, являющееся общим для обоих передающих узлов, выполнено с двумя замкнутыми периодически изогнутыми дорожками качения, а два других центральных колеса выполнены с разнесенными по окружности лунками, вытянутыми в направлениях, совпадающих с направлениями изгиба соответствующих замкнутых периодических дорожек.

7. Эксцентриковая планетарная шариковая передача по п.5, отличающаяся тем, что плавающая шайба выполнена из двух отдельных половин с наклонными рабочими

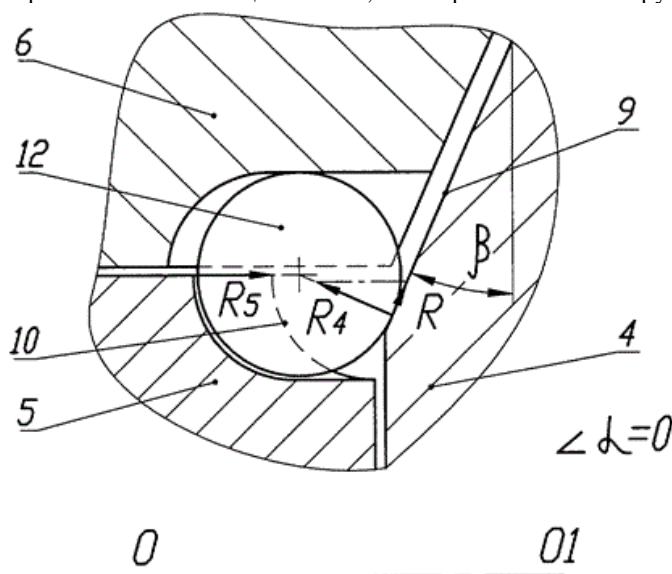
поверхностями в форме конуса на каждой из них, причем каждая половина шайбы посажена на эксцентрик входного вала, образованный двумя противофазными эксцентричными участками.

8. Эксцентриковая планетарная шариковая передача, содержащая два диска, один из которых посажен с возможностью вращения на эксцентрик входного вала и является плавающей шайбой, на обращенных друг к другу поверхностях дисков выполнены замкнутая периодически изогнутая дорожка качения и лунки, взаимодействующие посредством цепочки шариков, причем число периодов замкнутой дорожки качения отличается на единицу от числа, кратного числу шариков, а также механизм приведения вращения плавающей шайбы к оси передачи, отличающаяся тем, что поверхности дисков в области периодических элементов выполнены в форме сопрягающихся конусов, лунки на одном из дисков выполнены тороидальной формы, а замкнутая дорожка качения на другом диске изогнута по линии, лежащей на воображаемой поверхности вращения, образующая которой составляет угол α с осью передачи, меньший 90° , и оба диска снабжены элементами, препятствующими их осевому перемещению друг относительно друга.

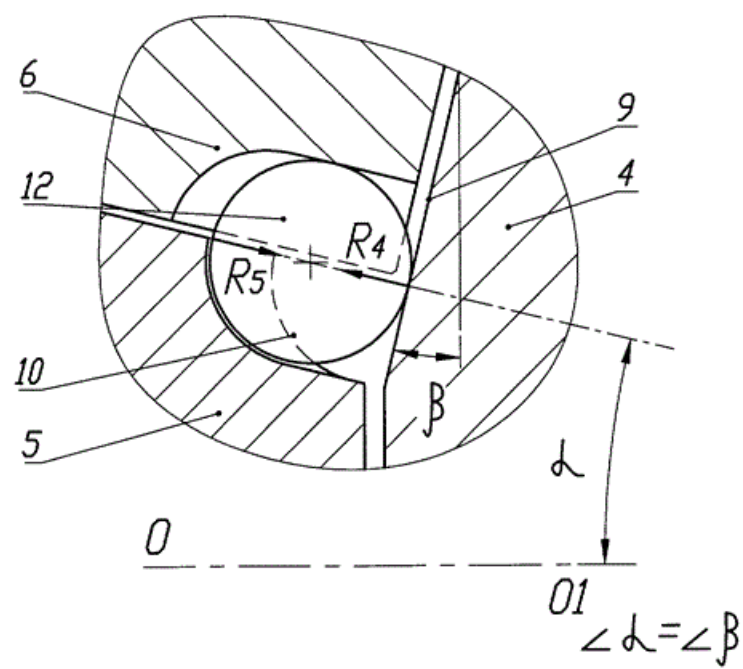
9. Эксцентриковая планетарная передача по п.8, отличающаяся тем, что угол α лежит в диапазоне от 0 до β , где β - угол при основании конуса плавающей шайбы.

10. Эксцентриковая шариковая передача по п.8, отличающаяся тем, что в качестве механизма приведения вращения плавающей шайбы к оси передачи использован второй передающий узел, для чего противоположная поверхность плавающей шайбы выполнена также в форме конуса, введен дополнительный диск с конической поверхностью, сопрягающейся со второй конической поверхностью плавающей шайбы, на одной из поверхностей выполнены разнесенные по окружности тороидальные лунки, а на другой - замкнутая периодически изогнутая дорожка качения, линия изгиба которой лежит на воображаемой поверхности вращения, образующая которой составляет с осью передачи угол α , меньший 90° , лунки и периодическая дорожка качения взаимодействуют друг с другом посредством дополнительной цепочки шариков, и дополнительный диск также снабжен элементом, препятствующим его осевому смещению.

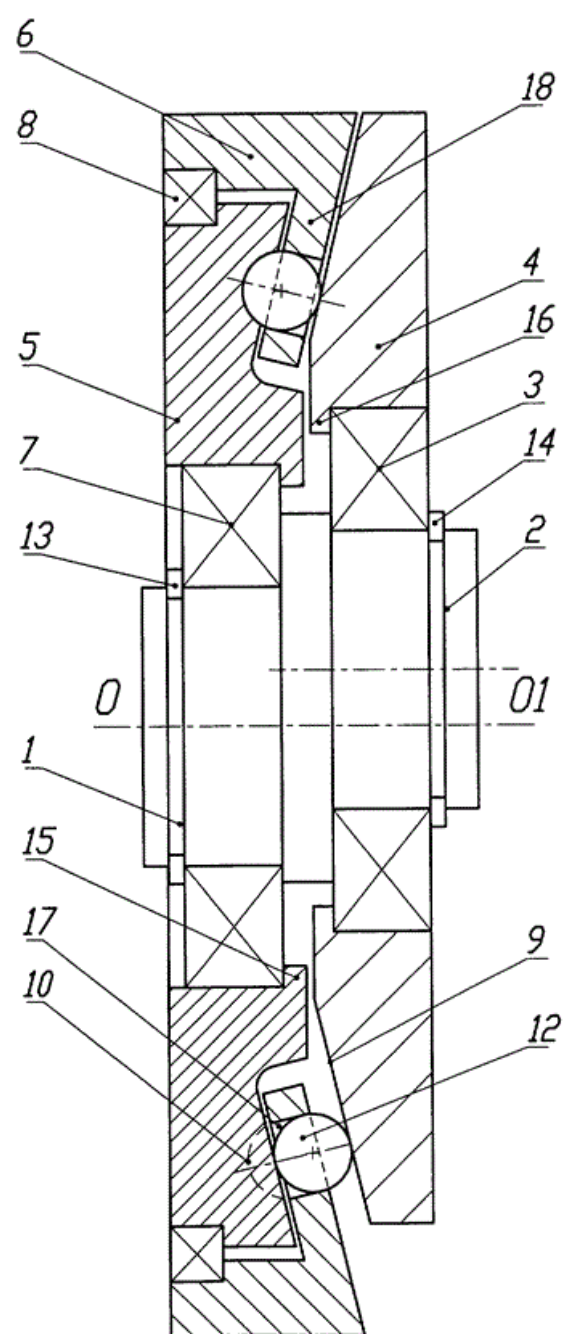
11. Эксцентриковая шариковая передача по любому из пп.1-10, отличающаяся тем, что угол при основании конуса плавающей шайбы меньше угла трения между шариком и поверхностью плавающей шайбы, с которой он контактирует.



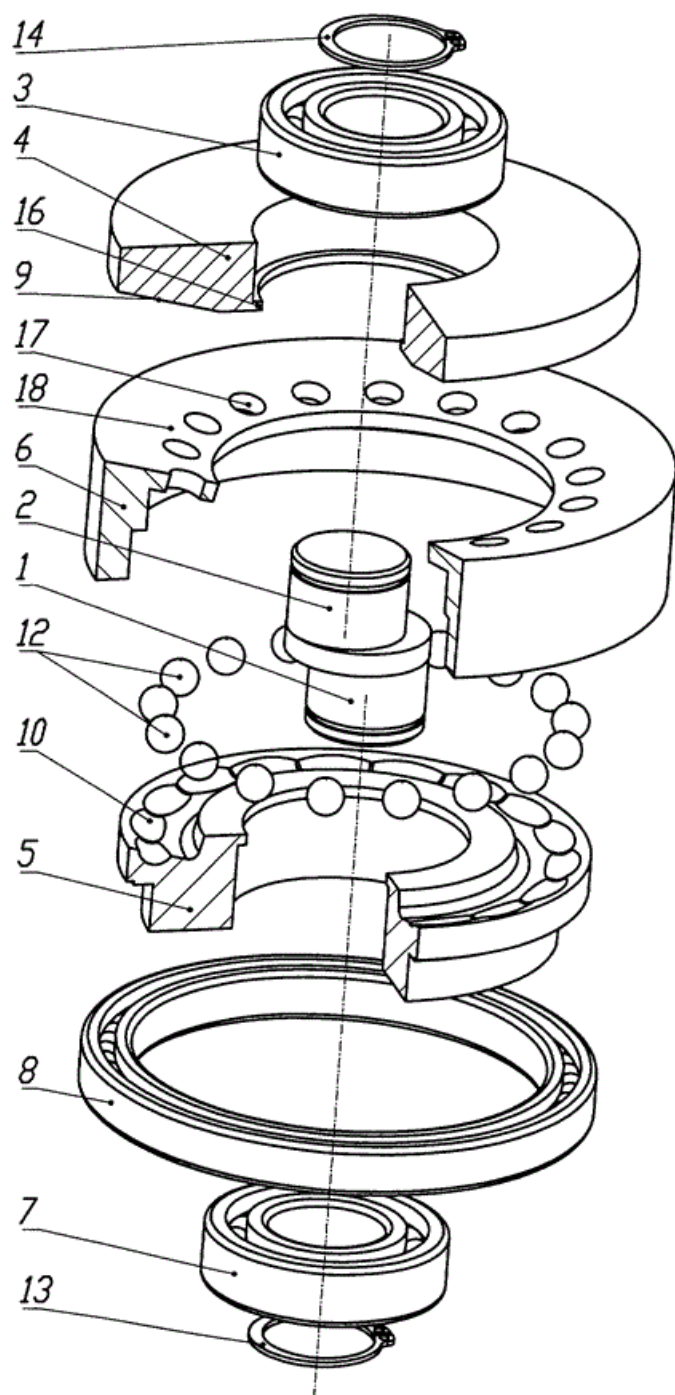
Фиг.2



Фиг. 3



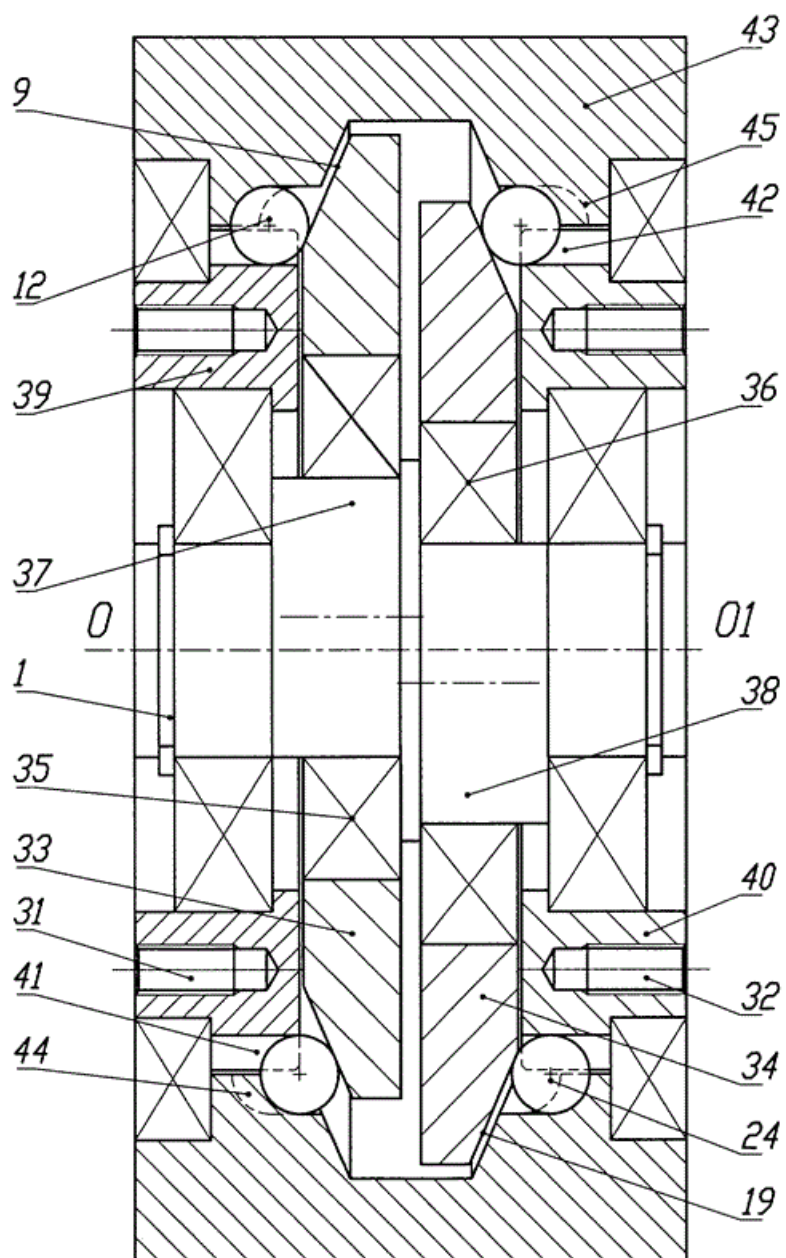
Фиг. 4



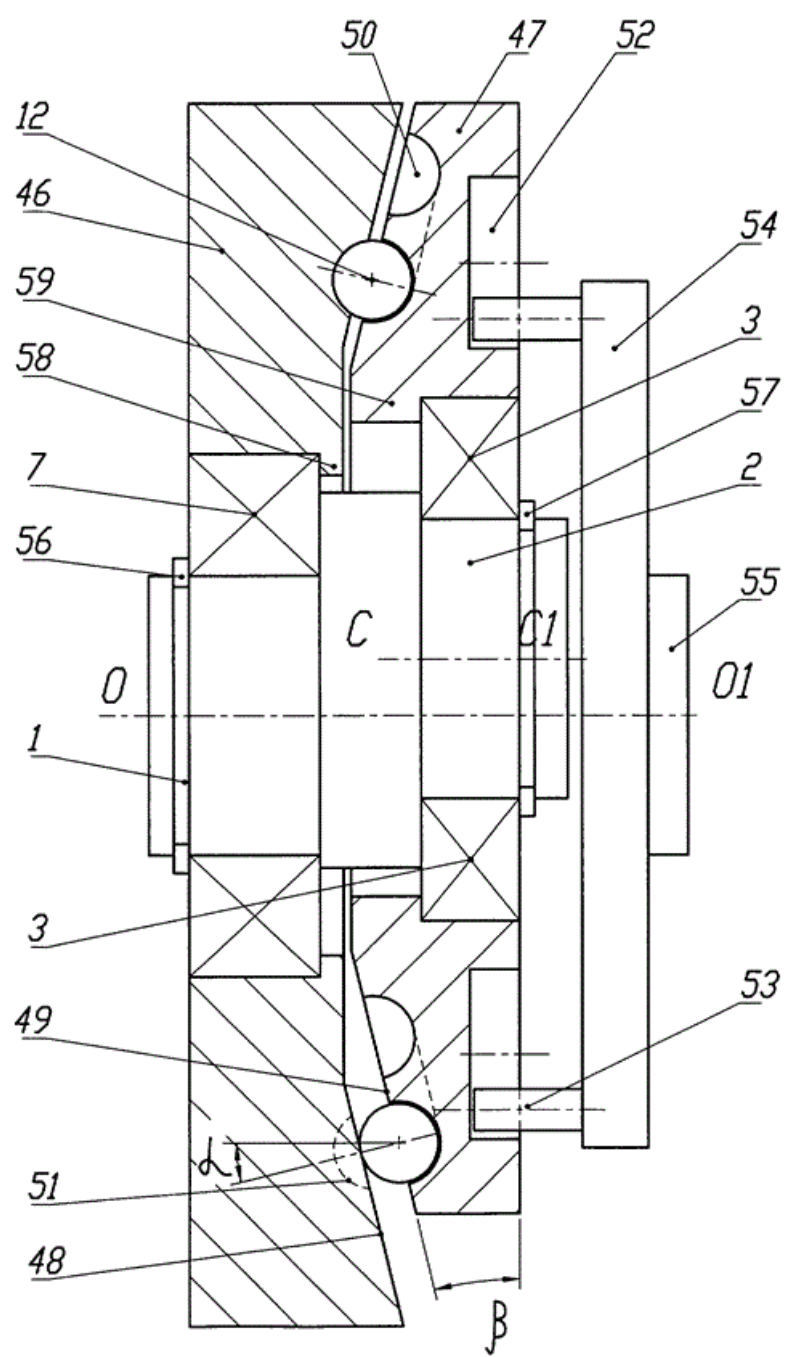
Фиг.5



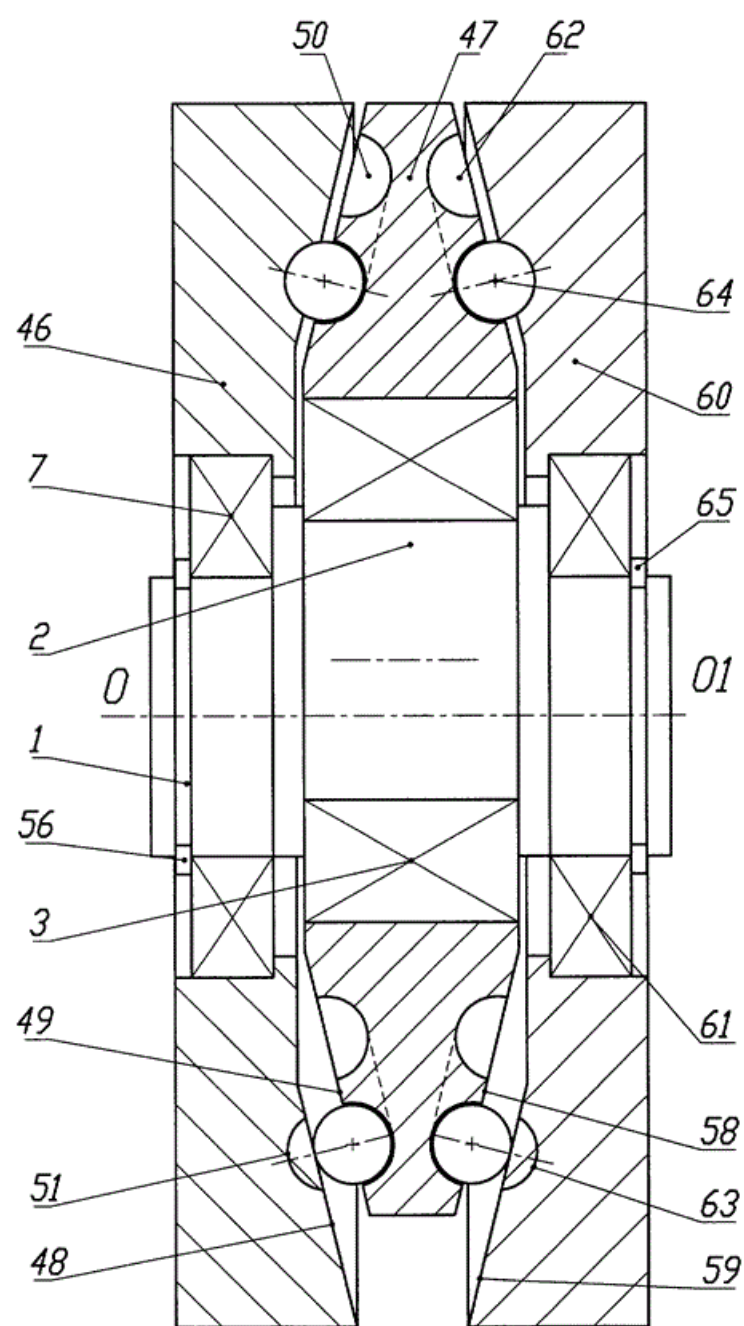
Фиг. 6



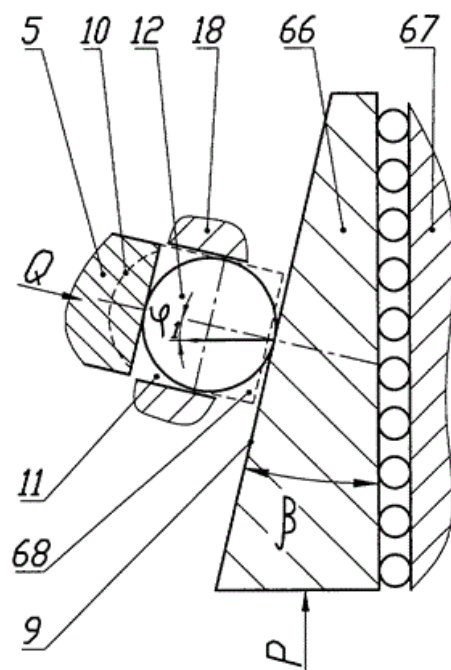
Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг.10

ИЗВЕЩЕНИЯ

ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: 10.07.2014

Дата публикации: [20.05.2015](#)