



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

Статус: прекратил действие, но может быть восстановлен (последнее изменение статуса: 28.09.2015)  
Пошлина: учтена за 11 год с 23.12.2013 по 22.12.2014

(21)(22) Заявка: 2003136909/11, 22.12.2003

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
22.12.2003

(45) Опубликовано: 10.06.2005 Бюл. № 16

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: JP 62004961 A, 10.01.1987. US  
4643047 A, 17.02.1987. RU 2075671 C1,  
20.03.1997.

Адрес для переписки:  
634063, г.Томск, а/я 1989, В.В.  
Становскому

(72) Автор(ы):

Становской В.В. (RU),  
Казакивичюс С.М. (RU),  
Петракович А.Г. (RU)

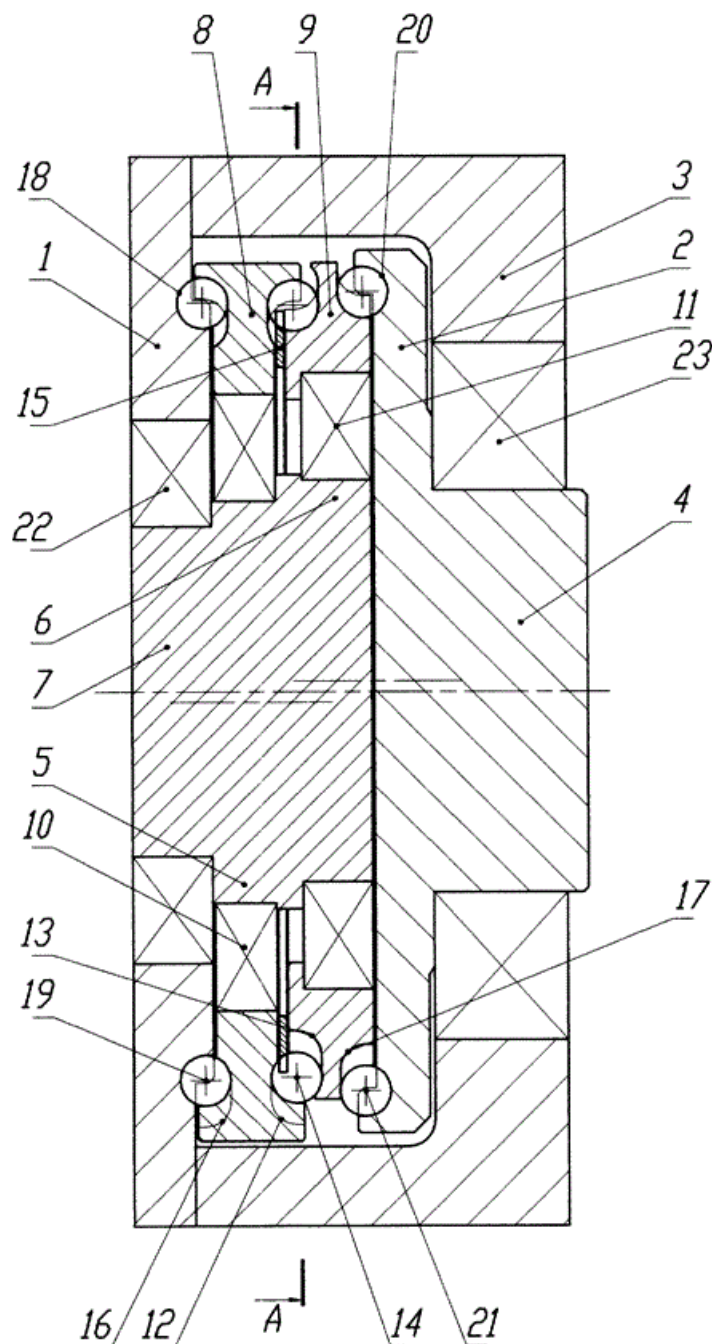
(73) Патентообладатель(и):

ЗАО "Томские трансмиссионные  
системы" (RU)

(54) **ПЛАНЕТАРНАЯ ШАРИКОВАЯ ПЕРЕДАЧА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к общему машиностроению, а именно к средствам для преобразования скорости вращения без использования зубчатых колес, и может быть использовано в приводах машин и механизмов. Передача содержит два центральных диска: опорный 1 и выходной 2, и расположенные между ними два плавающих диска 8, 9. Диски 8 и 9 установлены на противофазных эксцентриках входного вала 7 посредством подшипников 10, 11. На обращенных друг к другу поверхностях дисков 8 и 9 выполнены периодические дорожки качения 12 и 13, взаимодействующие посредством первой цепочки шариков 14. На поверхностях плавающих дисков 8 и 9, обращенных к центральным дискам 1 и 2, выполнены замкнутые периодические дорожки качения 16 и 17. Периодическая дорожка качения 16 взаимодействует посредством цепочек шариков 19 с периодическими элементами в виде полусферических лунок 18, выполненных на поверхности опорного центрального диска 1. Периодическая дорожка качения 17 взаимодействует посредством цепочек шариков 21 с периодическими элементами в виде полусферических лунок 20, выполненных на поверхности выходного центрального диска 2. Технический результат - упрощение технологии изготовления передачи путем снижения величины эксцентриситета и снижение количества элементов передачи. 1 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг.1

Изобретение относится к области общего машиностроения, а именно к средствам для преобразования скорости вращения без использования зубчатых колес, а более конкретно, к передачам момента вращения посредством цепочки шариков. Оно может быть использовано в приводах машин и механизмов самого широкого назначения.

При современных технологиях в различных станках и механизмах желательно использовать редукторы, которые обеспечивают высокое передаточное отношение в компактной структуре, повышенную прочность с высоким коэффициентом зацепления, повышенную управляемость с низкой инерционной способностью вращающихся элементов, низкие потери момента и минимальный износ. Наиболее полно удовлетворяют этим требованиям планетарные редукторы с шариковым зацеплением, одним из передающих элементов которых является плавающая шайба, установленная на эксцентрик входного вала. Пример такого редуктора дан, например, в описании к патенту США №4829851. Указанный редуктор имеет дисковую структуру, при этом один из дисков соединен с неподвижным корпусом, другой - с выходным валом редуктора, третий диск, установленный на эксцентрик входного вала, является плавающей шайбой. На обращенных друг к другу торцевых поверхностях дисковых элементов расположены периодические элементы, взаимодействующие друг с другом посредством двух цепочек шариков. Периодические элементы на обращенных друг к другу поверхностях опорного

(соединенного с корпусом) диска и плавающей шайбы выполнены в виде периодических дорожек качения шариков с разным числом периодов. Периодические элементы на второй торцевой поверхности плавающей шайбы и на обращенной к ней поверхности выходного диска выполнены в виде кольцевых лунок, так, что к выходному диску передается только вращательное движение без составляющей орбитального перемещения плавающей шайбы. Такой редуктор обеспечивает при компактной структуре передаточное отношение в диапазоне 1:20-1:30.

Однако часто требуется передаточное отношение более высокое (от 1:50 до 1:100 и выше). С точки зрения прочности и точности обработки дорожек очень сложно получить диапазон высоких передаточных отношений в описанном редукторе без ухудшения его компактности.

Конструкция компактного и легкого редуктора, позволяющего получить передаточные отношения порядка 1:100, описана в патенте США №4542664. В указанном редукторе предусмотрены два последовательно расположенных передающих узла. Первый или входной передающий узел состоит из неподвижного диска с периодической трохойдальной дорожкой на его торцевой поверхности, на обращенной к ней поверхности плавающей шайбы, установленной на первом эксцентрике входного вала, выполнена сопряженная трохойдальная дорожка качения, указанные дорожки сопрягаются посредством цепочки шариков, расположенных в гнездах дискового сепаратора, расположенного между указанными поверхностями. Сепаратор является свободным звеном, расположенным на втором эксцентрике входного вала с возможностью свободного вращения, и в процессе работы совершает орбитальное перемещение вместе с цепочкой шариков. Второй передающий узел образован периодической дорожкой на втором торце плавающей шайбы и периодической дорожкой на выходном диске, между которыми также расположен сепаратор, посаженный на второй эксцентрик входного вала.

Недостатком устройства является сложная посадка сепараторов, которые в их центральной части устанавливаются на эксцентричных направляющих пальцах. Кроме того, недостатком является необходимость балансировки, а также большая амплитуда перемещения шариков в сопрягающихся трохойдальных дорожках качения.

Более сбалансированным является устройство по патенту США №4643047, варианты которого, показанные на фиг.8 и 9, приняты за прототип. Данное устройство содержит два центральных диска, опорный и выходной, между которыми на эксцентриках входного вала, находящихся в противофазе, установлены через подшипники две плавающие шайбы. Поскольку в такой конструкции шайбы являются самобалансирующимися, то не требуется уравнивающих устройств. Торцевые поверхности плавающих шайб, обращенные к центральным дискам, имеют периодические дорожки качения, зацепляющиеся с периодическими дорожками на центральных дисках двумя цепочками шариков, образуя два передающих узла. Торцевые поверхности плавающих шайб, обращенные друг к другу, сопрягаются посредством шарикового параллельного кривошипа, обеспечивающего передачу вращения от одной шайбы к другой без передаточного отношения. Для этого на обеих сопрягающихся поверхностях плавающих шайб выполнены противолежащие друг другу кольцевые лунки, в которых катаются шарики.

Для надежной работы такого устройства шарики, взаимодействующие с периодическими дорожками в каждом передающем узле, должны находиться на равных расстояниях друг от друга и это положение должно соблюдаться с высокой точностью. Поэтому шарики этих цепочек должны быть снабжены сепаратором, в отверстиях которого они расположены. Сепаратор не участвует в передаче момента, а только фиксирует взаимное угловое положение шариков. Эксцентриситет передачи достаточно большой, т.к. он определяется суммой амплитуд периодических дорожек качения на плавающих шайбах и на центральных дисках, к которым они обращены, а амплитуды определяют силовые характеристики передачи. Этими обстоятельствами обусловлены основные недостатки передачи. Необходимость в сепараторе, причем изготовленном с высокой точностью, усложняет конструкцию, уменьшает ее технологичность. Большой эксцентриситет при передаче высоких моментов увеличивает неравномерность работы передачи, создавая биения и шум. Изготовление четырех замкнутых периодических дорожек качения, сопрягающихся друг с другом с высокой точностью, является сложной технологической задачей.

Таким образом, задачей изобретения является упрощение технологии изготовления передачи, обеспечивая, тем не менее, ее равномерную работу. Техническим результатом передачи будет снижение величины эксцентриситета и снижение количества элементов передачи за счет снижения количества сепараторов. Кроме того, техническим результатом является расширение диапазона передаточных отношений. Дополнительный результат, достигаемый в следующем варианте выполнения изобретения, заключается в улучшении распределения сил между шариками и дорожками качения, за счет смещения точек приложения этих сил от краев дорожек.

Поставленная задача решается тем, что планетарная шариковая передача, как и прототип, содержит два центральных диска, опорный и выходной, и расположенные между ними две плавающих диска, установленных на противофазных эксцентриках

входного вала посредством подшипников, на обращенных друг к другу поверхностях которых образованы периодические элементы, взаимодействующие посредством первой цепочки шариков, образуя узел передачи вращения. На торцах плавающих дисков, обращенных к центральным дискам, выполнены замкнутые периодические дорожки качения, взаимодействующие посредством двух цепочек шариков с периодическими элементами на обращенных к ним поверхностях центральных дисков. В отличие от прототипа, на обращенных друг к другу поверхностях плавающих дисков периодические элементы выполнены в виде замкнутых периодических дорожек качения, а на поверхностях центральных дисков, обращенных к плавающим дискам, периодические элементы выполнены в виде полусферических лунок, в которых посажены шарики с возможностью вращения.

Такое выполнение периодических элементов на дисках значительно уменьшает дисбаланс передачи, особенно передачи, рассчитанной на высокие силовые характеристики, в которой используют шарики большого размера. Действительно, в прототипе все три цепочки шариков совершают орбитальное движение и увеличивают тем самым дисбалансную массу. В предлагаемом изобретении прецессируют только плавающие диски и цепочка шариков между ними, а цепочки шариков на центральных дисках совершают лишь вращение, не участвуя в прецессии. Кроме того, при таком исполнении сепаратор нужен только для цепочки шариков, расположенных между плавающими дисками. Две другие цепочки шариков удерживаются в полусферических лунках и не требуют сепараторов. За счет выполнения периодических дорожек качения на обращенных друг к другу поверхностях плавающих дисков появляется дополнительная ступень со своим передаточным отношением, в отличие от прототипа, где узел передачи между плавающими дисками имеет передаточное отношение равное 1. Т.е. передача становится трехступенчатой, позволяя увеличить диапазон возможных передаточных отношений, не увеличивая числа периодов дорожек качения, т.е. без снижения прочности и увеличения габаритов передачи. Эксцентриситет передачи также уменьшен, так как он равен амплитуде периодических дорожек качения на плавающих шайбах, а не сумме амплитуд как в прототипе.

Кроме того, для увеличения долговечности передающего узла и его силовых характеристик, обращенные друг к другу поверхности дисков в области расположения периодических элементов выполнены ступенчато-сопрягаемыми, а периодические элементы образованы в этих ступенчато-сопрягаемых поверхностях таким образом, что в каждой периодической дорожке одна из стенок имеет высоту, превышающую радиус шарика, с соответственным снижением высоты противоположающей стенки во втором периодическом элементе из взаимодействующей пары, а высота другой стенки дорожки уменьшена на такую же величину, с соответствующим увеличением противоположающей стенки во втором периодическом элементе из взаимодействующей пары.

Далее изобретение иллюстрируется графическими материалами, где на Фиг.1 схематически представлен продольный разрез шариковой планетарной передачи, на Фиг.2 показаны периодические дорожки на обращенных друг к другу поверхностях плавающих дисков, на Фиг.3 - схема, поясняющая выполнение стенок периодических элементов и их взаимодействие с шариками.

Планетарная шариковая передача в соответствии с заявляемым изобретением содержит два соосных центральных диска 1 и 2. Диск 1 является опорным и жестко соединен с корпусом передачи 3. Диск 2 является выходным и соединен с выходным валом 4. Между центральными дисками на противофазных эксцентриках 5 и 6 входного вала 7 установлены два плавающих диска 8 и 9 посредством подшипников 10 и 11, обеспечивающих возможность их свободного вращения. На обращенных друг к другу торцевых поверхностях плавающих дисков 8 и 9 выполнены периодические дорожки качения 12 и 13, одна из них - эпитрохоидальная, другая - гипотрохоидальная, взаимодействующие посредством цепочки шариков 14, размещенных в отверстиях дискового сепаратора 15. Эксцентрики 5 и 6 выполнены с разностью фаз в 180 градусов. На обращенных к центральным дискам поверхностях плавающих дисков 8 и 9 выполнены также периодические дорожки качения 16 и 17, соответственно. Периодическая дорожка 16 на поверхности плавающего диска 8 взаимодействует с периодически расположенными на поверхности опорного диска 1 полусферическими лунками 18 посредством цепочки шариков 19, посаженных в лунки 18 с возможностью свободного вращения в них. Размеры лунок соответствуют размерам шариков, так, что каждый шарик плотно сидит в лунке без возможности его смещения, но с возможностью вращения в лунке. Периодическая дорожка 17 на поверхности плавающего диска 9 взаимодействует с такими же лунками 20 на выходном диске 2 посредством цепочки шариков 21. Глубина каждой лунки 18 или 20 вместе с глубиной противоположающей ей периодической дорожки качения 16 или 17, с учетом зазора между плавающими дисками 8 и 9 и соответствующими центральными дисками 1 или 2, равна диаметру шарика. При этом целесообразно глубину периодических дорожек 16 и 17 выбирать не меньшей радиуса шарика. Тогда глубина лунок будет меньше радиуса шарика, по меньшей мере, на величину зазора между соответствующим центральным диском 1 или 2 и плавающим диском 8 или 9, соответственно. Вращение входного вала 7 относительно корпуса 3 обеспечивается

подшипником 22, а вращение выходного вала - подшипником 23.

На фиг.2а и 2б показан пример выполнения периодических дорожек 12 и 13 на обращенных друг к другу поверхностях плавающих дисков 8 и 9. Здесь дорожка 12 - гипотрохоида с 29 периодами, а дорожка 13 - эпитрохоида с 27 периодами, между которыми размещено 28 шариков. Каждая из этих замкнутых дорожек качения имеет две стенки. В дорожке 12 это стенки 24 и 25, а в дорожке 13 - стенки 26 и 27.

На фиг.2 видно, что стенки 24 и 27 имеют большую приведенную кривизну, чем стенки 25 и 26. Выполнение дорожек зависит от конкретной конструкции передающего узла и необходимого передаточного отношения. В данном случае стенка 24 дорожки 12 и стенка 27 дорожки 13 являются наиболее нагруженными, а стенки 25 и 26 обеспечивают только возврат шарика. В последующем варианте выполнения изобретения, для выравнивания нагрузки на шарик, а также для того, чтобы более нагруженные стенки подвергались меньшему износу, высота стенок с большей приведенной кривизной (т.е. рабочих стенок) выполнена превышающей радиус шарика, тогда противолежащая ей стенка дорожки (возвратная стенка) на другом элементе выполнена сниженной на эту же величину.

Более детально это показано на Фиг.3. Здесь стенка 24 выполнена превышающей радиус шарика на величину  $\Delta$ . Стенка 25 этой же дорожки снижена на такую же величину. В другой дорожке 13 из пары взаимодействующих дорожек 12 и 13 стенка 27, как наиболее нагруженная, выполнена превышающей радиус шарика на ту же величину  $\Delta$ , а вторая стенка 26 понижена на такую же величину. В результате, шарик почти полностью охвачен стенками дорожек, при этом крайняя точка А области контакта стенки дорожки и шарика смещается от края дорожки к ее центральной части.

На Фиг.4 показано выполнение стенок периодических элементов, когда сопрягаются периодическая дорожка и полусферическая лунка, например, дорожка 17 и лунка 20. Все стенки лунки имеют одинаковую кривизну, но дорожка имеет стенку 28 с большей кривизной, которая выполнена с высотой, превышающей радиус шарика, тогда противолежащая ей стенка 29 лунки выполнена сниженной на такую же величину, стенка лунки 30, которая противолежит пониженной стенке 31 дорожки, выполнена превышающей радиус шарика.

Для того чтобы обеспечить такое выполнение стенок периодических элементов на обращенных друг к другу поверхностях дисков, можно выполнить эти поверхности ступенчато-сопряженными в области образования периодических элементов, а периодические элементы, лунки или дорожки вырезать в этих ступенчато-сопряженных поверхностях, обеспечивая разную высоту противолежащих стенок периодических элементов на сопрягающихся поверхностях. Такое выполнение передающего узла позволяет снизить износ шариков и дорожек, а также повысить силовые характеристики передающего узла.

Работает передача следующим образом. Вращение входного вала 7 с эксцентриками 5 и 6 преобразуется в планетарное перемещение плавающих шайб 8 и 9 в противофазе. Взаимодействие периодической дорожки 16 с неподвижной цепочкой шариков 19, сидящих в лунках 18 опорного диска 1, вызовет поворот плавающей шайбы 8 вокруг ее собственной оси на угол, равный периоду замкнутой дорожки 16 за один оборот входного вала. Взаимодействие периодических дорожек 12 и 13 посредством шарика 14 заставляет поворачиваться вокруг собственной оси плавающий диск 9 со скоростью, сниженной передаточным отношением данного передающего узла, определяемым отношением чисел периодов дорожек 12 и 13. А взаимодействие дорожки 17 с цепочкой шариков 21 в лунках 20 приводит во вращение выходной диск 2 с еще меньшей скоростью, относительно плавающего диска 9, определяемой отношением числа периодов дорожки 17 и числа шариков 21. Причем из-за того, что шарик находится в лунках 20 выходной диск получает только вращательную составляющую планетарного и вращательного движения диска 9.

Общее передаточное отношение планетарной шариковой передачи определяется по формуле:

$i = Z_2 Z_4 Z_5 / (Z_1 Z_4 Z_5 - Z_2 Z_3 Z_6)$ , где  $Z_1$  и  $Z_6$  - число лунок на опорном и выходном дисках соответственно;

$Z_2, Z_3$  - числа периодов дорожек на торцах первой плавающей шайбы, начиная со стороны, обращенной к опорному диску,  $Z_4, Z_5$  - числа периодов дорожек на торцах второй плавающей шайбы, начиная со стороны, обращенной к первой плавающей шайбе.

Может быть разработана передача по данному изобретению с передаточным отношением до 1:5000.

Теперь разберем взаимодействие шарика со стенками периодических элементов в дисках в последующем варианте выполнения изобретения. На Фиг.2а и 2б показаны дорожки качения 12 и 13 с шариком 14, посредством которого они взаимодействуют. В дорожке 12 наиболее нагруженной является стенка 24, как было описано выше, и шарик оказывает на нее основное воздействие. На Фиг.3 шарик показан в положении, когда он находится в возвратной части дорожки 12 и оказывает более сильное воздействие на стенку 27 дорожки 13, и эта стенка выполнена увеличенной на ту же величину  $\Delta$ . Тогда воздействие шарика происходит не на край этой стенки, а на область, смещенную от края стенки. Это позволяет существенно снизить износ как

стенки дорожки, так и шарика. Кроме того, снижается составляющая силы, действующей на стенку дорожки, стремящейся раздвинуть сопрягающиеся элементы, т.е. улучшаются условия контакта шарика с дорожкой. Рассмотрим теперь Фиг.4, где шарик взаимодействует с дорожкой качения и лункой, например шарик 21, взаимодействующий с дорожкой 17 и лункой 20. Стенка 28 этой дорожки выполнена превышающей радиус шарика на некоторую величину  $\Delta$ , а противолежащая стенка 29 лунки выполнена также превышающей радиус шарика на ту же величину, образуя выступ на диске 2, сопрягающийся с формой периодической дорожки 17 в этой области. При этом другие стенки дорожки и лунки уменьшены на такую же величину  $\Delta$ . Т.е. шарик практически охвачен стенками взаимодействующих элементов, и в этом случае не нужен сепаратор. В этом случае также снижен износ стенок периодических элементов и шарика.

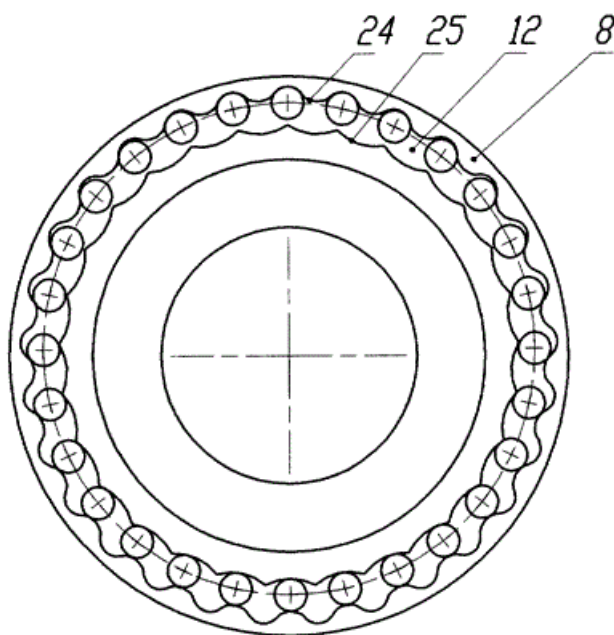
За счет того, что шарик в лунках совершают только вращательное движение, снижены биения передачи, а соответственно и шум при работе.

Таким образом, предлагаемая планетарная шариковая передача обладает более широким диапазоном передаточных отношений по сравнению с прототипом, является компактной и передает более высокий момент при сохранении относительной простоты изготовления.

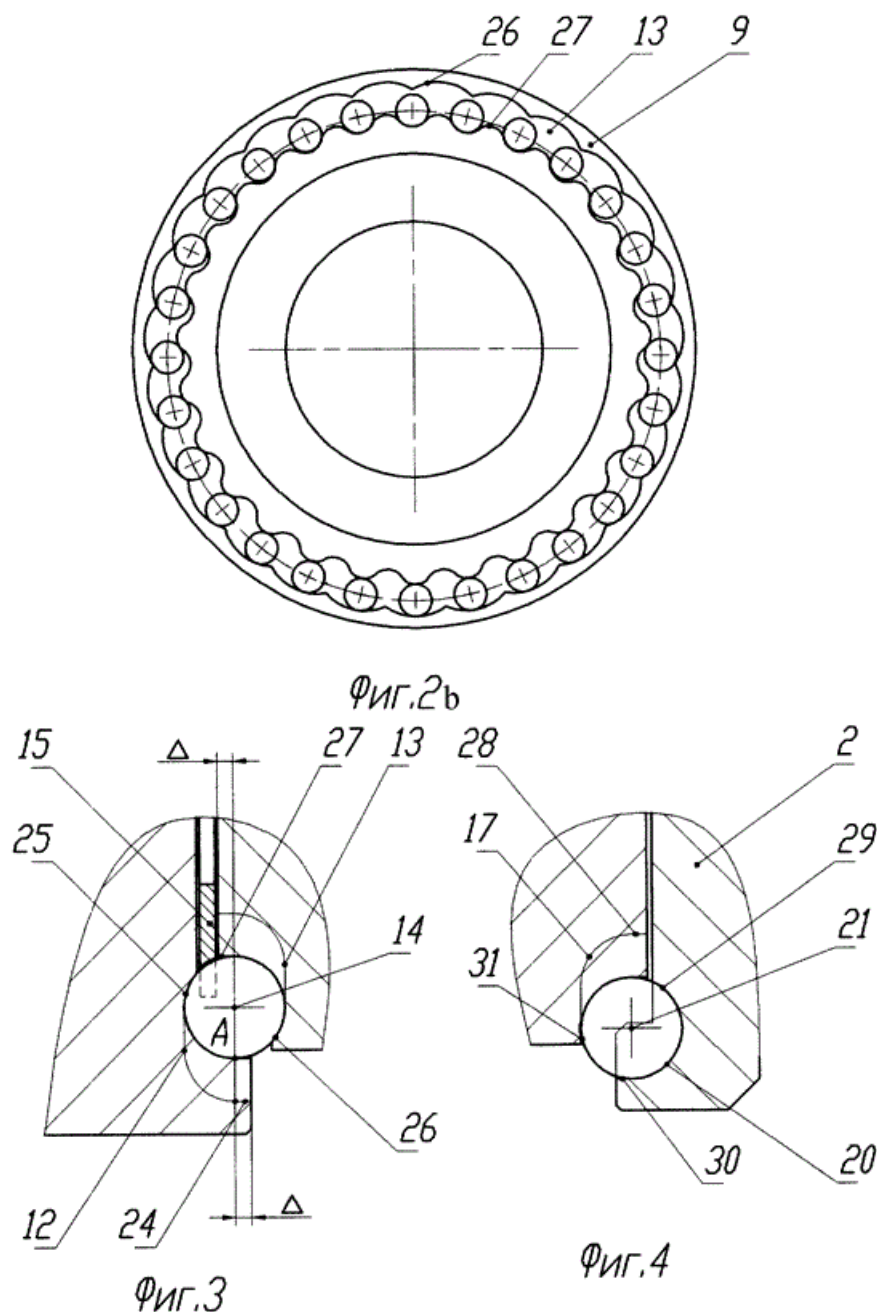
#### Формула изобретения

1. Шариковая планетарная передача, содержащая два центральных диска, опорный и выходной, и расположенные между ними два плавающих диска, установленные на противофазных эксцентриках входного вала посредством подшипников, на обращенных друг к другу поверхностях которых образованы периодические элементы, взаимодействующие посредством первой цепочки шариков, образуя узел передачи вращения, на поверхностях плавающих дисков, обращенных к центральному диску, выполнены замкнутые периодические дорожки качения, взаимодействующие посредством двух других цепочек шариков с периодическими элементами на обращенных к ним поверхностях центральных дисков, отличающаяся тем, что на обращенных друг к другу поверхностях плавающих дисков периодические элементы выполнены в виде замкнутых дорожек качения, а на поверхностях центральных дисков, обращенных к плавающим дискам, периодические элементы выполнены в виде полусферических лунок, в которых с возможностью вращения в них посажены шарик.

2. Шариковая планетарная передача по п.1, отличающаяся тем, что обращенные друг к другу поверхности дисков в области расположения периодических элементов выполнены ступенчато-сопрягаемыми, а периодические элементы образованы в этих ступенчато-сопрягаемых поверхностях таким образом, что в каждой периодической дорожке одна из стенок имеет высоту, превышающую радиус шарика, с соответственным уменьшением высоты противолежащей стенки во втором периодическом элементе из взаимодействующей пары, а высота другой стенки дорожки уменьшена на такую же величину, с соответствующим увеличением противолежащей стенки во втором периодическом элементе из взаимодействующей пары.



Фиг.2а



## ИЗВЕЩЕНИЯ

HE4A - Изменение адреса для переписки с обладателем патента Российской Федерации на изобретение

(21) Регистрационный номер заявки: [2003136909](#)

Адрес для переписки:

634009, г. Томск, пер. Совпартшкольный, 13, ЗАО "Томские трансмиссионные системы"

Извещение опубликовано: [10.02.2006](#)

БИ: 04/2006

PC4A Государственная регистрация договора об отчуждении исключительного права

Дата и номер государственной регистрации договора: 22.03.2013 РД0121129

(73) Патентообладатель(и):

Закрытое акционерное общество "Центр точной механообработки" (RU)

Приобретатель исключительного права: Закрытое акционерное общество "Центр точной механообработки" (RU)

Лицо(а), передающее(ие) исключительное право:

Закрытое акционерное общество "Томские трансмиссионные системы" (RU)

Дата внесения записи в Государственный реестр: 22.03.2013

Дата публикации: [10.05.2013](#)

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

Дата прекращения действия патента: 23.12.2014

Дата публикации: [20.09.2015](#)