



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2004129188/11, 04.10.2004

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
04.10.2004

(43) Дата публикации заявки: 10.03.2006

(45) Опубликовано: 20.01.2007 Бюл. № 2

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: JP 6185592 A, 05.07.1994. US 4829851  
A1, 16.05.1989. US 4643047 A1, 17.02.1987. SU  
1649182 A1, 15.05.1991.

Адрес для переписки:

634009, г.Томск, пер. Совпартшкольный, 13,  
Закрытое акционерное общество "Томские  
трансмиссионные системы"

(72) Автор(ы):

Становской Виктор Владимирович (RU),  
Казаквичюс Сергей Матвеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Закрытое акционерное общество "Томские  
трансмиссионные системы" (RU)

## (54) ШАРИКОВЫЙ ПЕРЕДАЮЩИЙ УЗЕЛ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СКОРОСТИ (ВАРИАНТЫ)

(57) Реферат:

Изобретение относится к машиностроению, а именно к механизмам для преобразования скорости вращения без использования зубчатых колес, и может быть использовано в приводах машин и механизмов самого широкого назначения. Передающий узел содержит три последовательно расположенных дисковых элемента вращения с периодическими дорожками качения 4, 5 и 7, 8 на обращенных друг к другу поверхностях. Обращенные друг к другу дорожки образуют две пары сопрягающихся дорожек качения, зацепляющихся друг с другом посредством двух цепочек шариков 6, 9. Два крайних диска 1, 3 соосны друг с другом. Средний диск 2 посажен с возможностью вращения на эксцентрик 13, проходящем внутри узла вала 12. Дополнительная

охватывающая втулка 15 установлена коаксиально крайним дискам с возможностью вращения. На внутренней поверхности охватывающей втулки 15 в области расположения среднего диска 2 выполнен эксцентричный участок 18, в котором на подшипнике посажен средний диск 2. Эксцентричный участок охватывающей втулки 15 и эксцентрик вала 12 имеют одинаковый эксцентриситет с одинаковой направленностью. Второй вариант модуля отличается от первого варианта лишь отсутствием внутреннего вала с эксцентриком. Технический результат - расширение функциональных возможностей шарикового передающего узла, получение на конкретном наборе шариков более одного передаточного отношения. 2 н.п. ф-лы, 18 ил.

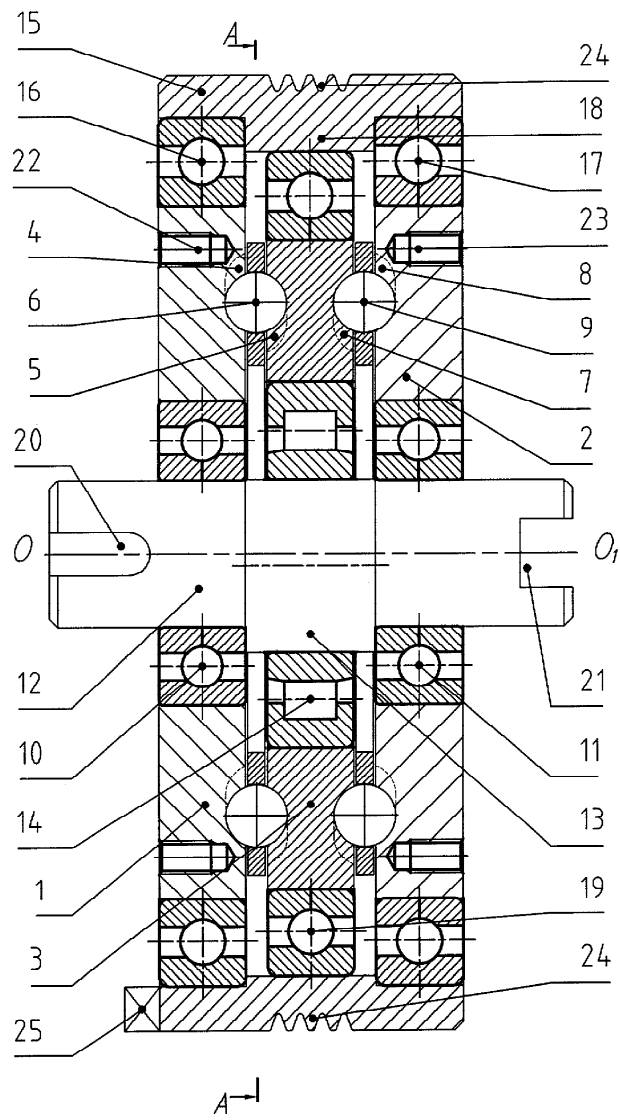


Fig. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2004129188/11, 04.10.2004**(24) Effective date for property rights: **04.10.2004**(43) Application published: **10.03.2006**(45) Date of publication: **20.01.2007 Bull. 2**

Mail address:

**634009, g.Tomsk, per. Sovpartshkol'nyj, 13,  
Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo "Tomskie  
transmissionnye sistemy"**

(72) Inventor(s):

**Stanovskoj Viktor Vladimirovich (RU),  
Kazakjavichjus Sergej Matveevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo "Tomskie  
transmissionnye sistemy" (RU)**

(54) **BALL TRANSMITTING UNIT OF VARIATOR**

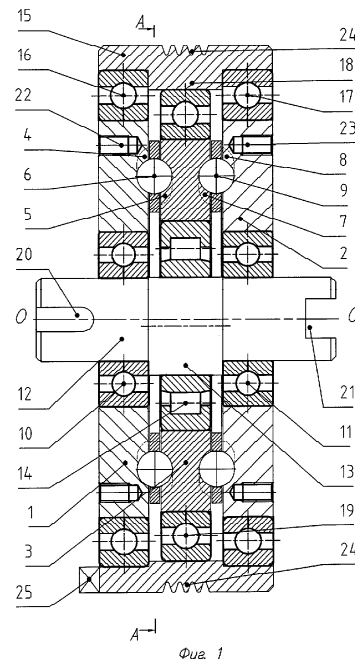
(57) Abstract:

FIELD: mechanical engineering.

SUBSTANCE: ball transmitting unit comprises disk rotation members arranged in series and provided with periodic ways (4), (5) and (7) and (8) in the sides that face each other. The ways define pairs of ways that engage each other by means of chains of balls (6) and (9). Two end disks (1) (3) are axially aligned. Intermediate disk (2) is set on eccentric (13) for permitting rotation. The eccentric passes through the unit of shaft (12). Additional embracing bushing (15) is mounted coaxially to the end disks for permitting rotation. The inner side of embracing bushing (15) near intermediate disk (2) is provided with eccentric section (19). Intermediate disk (2) is fit in the eccentric section in the bearing. The eccentricities of the eccentric section of embracing bushing (15) and eccentric shaft (12) are the same and unidirectional.

EFFECT: expanded functional capabilities.

2 cl, 18 dwg



Изобретение относится к области общего машиностроения, а именно к механизмам 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. Особенно перспективно его использование в качестве модуля для конструирования ступенчатых коробок переключения скоростей по различным схемам соединения.

Известен эпициклический редуктор (US 4643047), содержащий диск, закрепленный на корпусе (статор), и выходной диск, между которыми расположен промежуточный диск. Промежуточный диск посажен с возможностью вращения на эксцентрик входного вала. На обращенных друг к другу поверхностях статора, и выходного диска, а также на обеих поверхностях промежуточного диска выполнены периодические эпи- и гипотрохоидальные дорожки. В сопрягающихся дорожках статора и промежуточного диска расположена цепочка шариков, каждый из которых контактирует одновременно с обеими дорожками с передачей момента вращения. Точно так же в аналогичных дорожках промежуточного и выходного дисков расположена вторая цепочка шариков.

По аналогичному принципу построен дифференциальный преобразователь скорости, изображенный на фиг.8 в патенте US 4829851. Передающий узел данного преобразователя авторы назвали "беззубым", так как он построен без зубчатых колес. Передающий узел содержит три установленных последовательно диска. Крайние диски имеют на обращенных друг к другу поверхностях замкнутые периодические синусоидальные дорожки качения. Средний диск имеет на обеих своих поверхностях замкнутые периодические дорожки, которые совместно с дорожками крайних дисков образуют две пары сопрягающихся дорожек, зацепляющихся посредством двух цепочек шариков. Каждый шарик в цепочке контактирует с обеими сопрягающимися дорожками качения. Число периодов сопрягающихся дорожек отличается на 2. Средний диск посажен с возможностью вращения на эксцентрик входного вала, проходящего сквозь отверстие в одном из крайних дисков. Этот диск является опорным. Другой крайний диск жестко связан с выходным валом, который вращается с результирующей скоростью, зависящей от скоростей вращения входного вала и опорного диска. Если этот диск неподвижен, т.е. связан с корпусом, то передаточное отношение в патенте определено как  $\pm 2/z_2 \pm 2/z_3$ , где  $z_2$  и  $z_3$  - числа периодов дорожек качения на среднем диске, сопрягающихся с дорожкой качения на опорном диске и на выходном диске соответственно. Знаки + и - зависят от соотношения чисел периодов сопрягающихся дорожек. Указанный шариковый передающий узел принимаем за прототип.

Таким образом, шариковый передающий узел с конкретным набором дорожек качения с определенными числами периодов будет обеспечивать одно передаточное отношение. Для обеспечения другого передаточного отношения необходимо изготавливать дорожки качения с другими параметрами. Передающий узел достаточно прост по конструкции, и наиболее трудоемкими в изготовлении у него будут именно дорожки качения.

В связи с этим ставится задача расширения функциональных возможностей шарикового передающего узла с одним набором дорожек качения, чтобы, изготовив один наиболее трудоемкий узел, можно было бы создать механизмы с разными передаточными отношениями. Техническим результатом изобретения является получение на конкретном наборе дорожек качения более одного передаточного отношения, что позволит, изготовив один набор дисков, сконструировать из них несколько различных передач.

Поставленная задача решается тем, что шариковый передающий узел преобразователя скорости, как и прототип, содержит три последовательно расположенных дисковых элемента вращения с периодическими дорожками качения на обращенных друг к другу поверхностях, образующих две пары сопрягающихся дорожек качения. Каждая пара сопрягающихся дорожек зацепляется посредством цепочек шариков, находящихся в постоянном контакте с обеими периодическими поверхностями. Два крайних диска соосны друг с другом, а средний диск посажен на эксцентрик проходящего внутри узла вала с возможностью вращения, т.е. на подшипнике. В отличие от прототипа, снаружи передающего узла коаксиально крайним дискам установлена с возможностью вращения

дополнительная охватывающая втулка. На внутренней поверхности охватывающей втулки в области среднего диска выполнен эксцентричный участок, в котором с возможностью вращения посажен средний диск. Величины эксцентриситетов участка втулки и внутреннего вала одинаковы и одинаково направлены. Таким образом, средний диск посажен с

5 возможностью независимого вращения между внутренним валом и наружной охватывающей втулкой эксцентрично относительно крайних дисков.

Возможен и еще один вариант решения той же задачи, объединенный общей идеей.

Шариковый передающий узел в этом варианте, как и прототип, содержит три последовательно расположенных дисковых элемента вращения с периодическими

10 дорожками качения на обращенных друг к другу поверхностях, образующих две пары сопрягающихся дорожек качения. Каждая пара сопрягающихся дорожек зацепляется посредством цепочек шариков, находящихся в постоянном контакте с обеими периодическими поверхностями. Два крайних диска соосны друг с другом. В отличие от прототипа, коаксиально крайним дискам с возможностью вращения установлена

15 дополнительная охватывающая втулка. На внутренней поверхности охватывающей втулки в области среднего диска выполнен эксцентричный участок, в котором с возможностью вращения, т.е. на подшипнике, посажен средний диск. Таким образом, средний диск посажен в дополнительной втулке эксцентрично относительно крайних дисков. Этот вариант отличается от первого только тем, что он не имеет внутреннего вала с

20 эксцентриком и в определенных режимах, как покажем ниже, может работать только как передача с параллельными валами.

Изобретение иллюстрируется фиг.1-18. На фиг.1 показан в разрезе шариковый передающий узел по первому варианту изобретения, оформленный в виде модуля. На

25 фиг.2 приведено сечение по А-А этого модуля. На фиг.3-9 показаны схемы получения на основе первого варианта изобретения шести различных передач. На фиг.10 дан разрез второго варианта шарикового передающего узла. Фиг.11-16 представляют различные схемы подключения этого передающего узла для получения различных передаточных отношений. Фиг.17 и 18 иллюстрируют возможность создания на основе заявляемого передающего узла трехскоростной коробки передач.

Изображенные на фигурах 1, 2 и 10 модули могут выпускаться как самостоятельные изделия и затем встраиваться по аналогии с подшипником в различные механизмы для

30 получения разных передаточных отношений. Модуль на фиг.1, 2 содержит три расположенных последовательно друг за другом диска 1, 2, 3. Диск 1 на своей плоской поверхности, обращенной к диску 3, имеет периодическую дорожку качения 4. Такая же дорожка качения 5, только с иным числом периодов выполнена на поверхности диска 3.

35 Дорожки 4 и 5 образуют пару сопряженных дорожек, в пересечении которых размещена цепочка шариков 6. Шарика 6 находятся в контакте с обеими дорожками 4 и 5. На противоположной стороне диска 3 также выполнена периодическая дорожка качения 7, образующая с дорожкой качения 8 на диске 2 сопрягающуюся пару дорожек. В пересечении

40 этих дорожек расположены шарики 9. Числа периодов дорожек качения 4, 5, 7 и 8 обозначим соответственно как  $Z_4$ ,  $Z_5$ ,  $Z_7$ ,  $Z_8$ . Числа периодов сопрягающихся дорожек могут совпадать друг с другом и числом шариков, а также отличаться друг от друга на 1 и на 2. В первом случае дорожки представляют собой систему разнесенных по окружности замкнутых кольцевых канавок, и зацепление передает вращение без изменения скорости.

45 Если числа периодов сопрягающихся дорожек отличаются на 1, то одна из дорожек - замкнутая периодически изогнутая канавка, а другая периодическая дорожка представляет собой систему разнесенных по окружности лунок или кольцевых канавок, число которых равно числу шариков. Возможен и третий вариант сочетания дорожек, когда число их периодов отличается на 2. Тогда число шариков на 1 меньше числа периодов одной

50 дорожки и на 1 больше числа периодов другой. Обе дорожки качения представляют собой замкнутые периодически изогнутые канавки.

Крайние диски 1 и 2 соосны и посажены с помощью подшипников 10 и 11 на вал 12, проходящий насквозь внутри модуля. Вал 12 имеет в своем среднем участке эксцентрик

13, на котором с помощью подшипника 14 посажен средний диск 3. Таким образом, средний диск 3 эксцентрично смещен относительно дисков 1 и 2. Снаружи модуль охватывает втулка 15, посаженная коаксиально крайним дискам 1 и 2 на подшипниках 16 и 17.

Подшипники 16 и 17 обеспечивают возможность вращения охватывающей втулки 15 относительно оси  $OO_1$  передающего узла. На внутренней поверхности охватывающей втулки 15 выполнен эксцентричный участок 18, в котором на подшипнике 19 посажен средний диск 3. Эксцентрики 13 и 18 имеют одинаковый эксцентриситет и одинаковую направленность.

Поскольку модуль должен работать в составе какого-либо приводного механизма, то должны быть предусмотрены элементы крепления его звеньев к звеньям внешнего механизма. На фиг.1 таким элементом для внутреннего вала 12 является шпонка 20 на одном конце вала и лыска 21 - на другом. Для связи дисков 1 и 2 со звеньями внешнего механизма предусмотрены отверстия 22 и 23 под крепежные винты. Связь наружной охватывающей втулки 15 целесообразно выполнить клиноременной передачей. Для этого на наружной поверхности втулки 15 предусмотрены гофры 24. Совершенно очевидно, что описываемые здесь элементы крепления не являются единственно возможными. Связь звеньев может быть выполнена любым известным в технике образом. Например, для втулки 15 это могут быть торцевые шлицы 25, показанные на нижней части чертежа. Вал 12 может быть выполнен полым, с элементами крепления на его внутренней поверхности.

Обратимся теперь к фигурам 3-9, иллюстрирующим возможность получения на одном и том же модуле разных передаточных отношений в зависимости от подключения модуля. В передаче на фиг.3 ведущим звеном является внутренний вал 12 с эксцентриком 13. Диск 1 является реактивным, соединенным с корпусом. На фиг.3 это показано условно. Диск 2 соединен с ведомым валом 26. В этом случае наружная охватывающая втулка 15 будет звеном, связанным с внутренним валом 12 через эксцентрики 13 и 18 и подшипники 14, 19, и при вращении вала 12 будет свободно вращаться вместе с ним. Средний диск 3 кроме планетарного движения относительно оси передачи  $OO_1$  имеет возможность вращения вокруг собственной подвижной оси. Передача при таком включении модуля аналогична прототипу, и передаточное отношение механизма определится как  $i_1 = 1 / (1 - Z_5 Z_8 / Z_4 Z_7)$ .

На фиг.4 ведущим звеном является наружная охватывающая втулка 15, для чего на ее наружной поверхности выполнен зубчатый венец 27, зацепляющийся с зубчатым колесом 28 на ведущем валу 29. Диск 1 является выходным звеном и соединен с ведомым валом 26. Диск 2 - реактивное неподвижное звено, соединенное с корпусом. Такое подключение модуля дает передачу с параллельными ведущим 29 и ведомым 26 валами. Передаточное отношение модуля равно  $i_2 = 1 / (1 - Z_7 Z_4 / Z_8 Z_5)$ .

Следует отметить, что передаточное отношение между ведущим валом 29 и ведомым 26 будет отличаться от  $i_2$  из-за дополнительной зубчатой передачи 28-27. В этой схеме ведущим валом может быть и вал 12 с эксцентриком 13. Из-за связи вала 12 и втулки 15 эксцентриками 13 и 18 обе передачи будут идентичны по принципу действия и дадут одинаковый результат - передаточное отношение модуля, равное  $i_2$ .

В передаче на фиг.5 к ведущему валу 30 подсоединен диск 1, являющийся ведущим звеном. Реактивным звеном является соединенная с корпусом охватывающая втулка 15. Ведомое звено - диск 2 подсоединен к ведомому валу 26. Диск 3 в этой передаче посажен в неподвижной втулке 15 эксцентрично относительно дисков 1 и 2. Благодаря такой посадке он может только вращаться относительно оси, смещенной от оси  $OO_1$  передачи на расстояние, равное эксцентриситету. Передаточное отношение модуля равно  $i_3 = Z_5 \cdot Z_8 / Z_4 \cdot Z_7$ .

Подключение передающего узла на фиг.6 и 7 дает передаточное отношение  $i_4 = 1$ . Ведущий вал 30 на фиг.6 одновременно подсоединен к диску 1 и к валу 12 с эксцентриком 13. Ведомым является диск 2. Весь модуль вращается в этом случае как единое целое, и момент к ведомому валу 26 передается через шариковое зацепление цепочки шариков 9 с дорожками качения 7 и 8.

На фиг.7 момент вращения от ведущего вала 30 к ведомому валу 26 передается через

сквозной вал 12, соединенный с ними обоими. Все остальные звенья передачи вращаются вместе с ними как одно целое.

В передаче на фиг.8 ведущим звеном модуля является диск 1, для чего он соединен с ведущим валом 30. Реактивным звеном является диск 2, соединенный с корпусом.

5 Ведомым звеном является вал 12 с эксцентриком 13, соединенный с ведомым валом 26. Передаточное отношение модуля  $i_5=1-Z_7 \cdot Z_4 / Z_8 \cdot Z_5$ . Следует отметить, что в данной передаче ведомым звеном может быть и охватывающая втулка 15 с эксцентриком 18, так как втулка 15 и вал 12 связаны между собой эксцентриками 13 и 18. Для передачи вращения от втулки 15 к ведомому валу целесообразно воспользоваться дополнительной

10 зубчатой или ременной передачей. В результате мы получим передачу с параллельными валами и передаточным отношением, отличающимся от  $i_5$  на передаточное отношение зубчатой или ременной передачи.

И, наконец, при подключении модуля, как это показано на фиг.9, ведущим звеном будет соединенный с ведущим валом 30 диск 2, а реактивным звеном диск 1. Ведомым звеном в этом случае могут быть как охватывающая втулка 15, так и внутренний вал 12. Однако конструктивно осуществить отбор мощности от наружной втулки 15 проще. На фигуре 9 для этого наружная поверхность втулки 15 выполнена с зубчатым колесом 27, зацепляющимся с колесом 28 на ведомом валу 26. Передаточное отношение модуля  $i_6=1-Z_5 \cdot Z_8 / Z_4 \cdot Z_7$ , а передаточное отношение между ведомым валом 26 и ведущим валом 30 будет

20 равно  $i_6 \cdot Z_{28} / Z_{27}$ .

Как мы уже поясняли выше, в предлагаемом модуле внутренний вал связан с наружной втулкой с помощью среднего диска и одинаковых эксцентричных участков, выполненных на валу и внутри втулки. Это означает, что движение и функции этих связанных звеньев совершенно одинаковы. Этот факт позволяет создать модуль без внутреннего эксцентрика.

25 Вариант модуля без внутреннего вала изображен на фиг.10. Диски 1 и 2 с общей осью вращения ОО1 коаксиально посажены в наружной охватывающей втулке 15 с помощью подшипников 16 и 17. Внутренняя поверхность втулки 15 в средней области выполнена с эксцентричным участком 18. Внутри эксцентрика 18 на подшипниках 19 посажен средний диск 3. Ось вращения этого диска смещена относительно оси ОО1 на величину эксцентриситета эксцентрика 18. Внутри всех дисков может быть выполнено сквозное отверстие. Наличие такого отверстия необходимо при использовании модуля, например, в приводах задвижек, где нужно иметь свободное пространство для хода штока задвижки. На плоских поверхностях дисков 1, 2 и 3, обращенных друг к другу, выполнены периодически изогнутые дорожки качения 4, 5, 7, 8. Обращенные друг к другу дорожки 4 и 5, 7 и 8 образуют сопрягающиеся пары, которые зацепляются друг с другом посредством двух цепочек шариков 6 и 9. Крепежные отверстия 22 и 23 в дисках 1 и 2 служат для подсоединения дисков к ведущему, ведомому валам или к неподвижному корпусу. Для этих же целей могут использоваться отверстия в дисках 1 и 2, которыми их можно жестко посадить на соосные валы. Наружную втулку 15 удобнее всего соединить с другим подвижным звеном передачей с несоосными валами (зубчатой, фрикционной или с гибкой связью). Поэтому при подключении втулки модуля к ведущему или ведомому валам получаем передачу с несоосными валами, а при подключении втулки к неподвижному корпусному элементу образуется передача с соосными валами. На фиг.10 в качестве гибкой связи предусмотрено использование клиноременной передачи, для чего на внешней

35 поверхности втулки 15 выполнены гофры 24 для клинового ремня. Рассмотрим различные подключения модуля более подробно.

40

На фиг.11 ведущим звеном является охватывающая втулка 15 с эксцентриком 18, для чего она соединена с ведущим валом 29 гибкой связью. На данном чертеже это клиновой ремень 31, передающий вращение ведущего вала 29 к втулке 15. Ведомым звеном является диск 2, соединенный с ведомым валом 26. Диск 1 является реактивным звеном, соединенным с неподвижным корпусом. Вал 26 в данном варианте выполнен сквозным, и его противоположный конец 32 с помощью подшипников 10 посажен в корпусном диске 1 для устранения консольной посадки вала 26. Передача по принципу действия не

50

отличается от передаточного механизма на фиг.3, поэтому ее передаточное отношение равно  $i_1$ . Если передача на фиг.3 может использоваться как для передачи вращения между соосными валами, так и для передачи вращения между параллельными валами, то передачу на фиг.11 наиболее эффективно использовать для передачи вращения между

5 параллельными валами, используя для соединения наружной втулки 15 с ведущим валом 29 гибкую связь в виде клиноременной передачи 31 или, например, зубчатое соединение. Эта дополнительная связь позволяет корректировать передаточное отношение  $i_1$  до требуемых величин.

На фиг.12 показана схема включения второго варианта модуля, аналогичная схеме на

10 фиг.4. Здесь ведущим звеном также является наружная охватывающая втулка 15, связанная клиновым ремнем 31 с ведущим валом 29. Реактивный диск и ведомый диск поменялись местами по сравнению с фиг.11. Диск 1 - ведомый, соединен с ведомым валом 26, а диск 2 - соединен с неподвижным корпусом. Соответственно передаточное отношение будет равно  $i_2$ , так как оно определяется точно так же, как и для модуля на фиг.4.

15 Подключение модуля на фиг.13 аналогично схеме подключения на фиг.5. С неподвижным корпусом соединена наружная охватывающая втулка 15, диск 1 является ведущим звеном и соединен с ведущим валом 30, а диск 2 соединен с ведомым валом 26. Для дополнительного центрирования дисков 1 и 2 друг относительно друга вал 30 продлен по другую сторону диска и его противоположный конец на подшипнике 11 посажен в

20 отверстию диска 2. Передаточное отношение модуля при такой схеме включения равно  $i_3$ .

На фиг.14 с ведущим валом 30 соединены одновременно и диск 1, и наружная охватывающая втулка 15 с эксцентричным участком 18. Схема аналогична схеме на фиг.6 и имеет передаточное отношение, равное 1. Поскольку модуль по второму варианту имеет внутреннее отверстие, то сквозь него всегда можно пропустить сквозной вал, который

25 будет также передавать вращение без изменения скорости.

В схеме на фиг.15 ведущий вал 30 соединен с диском 1, диск 2 соединен с неподвижным корпусом, а вращение снимается с охватывающей втулки 15, для чего на ее наружной поверхности выполнен зубчатый венец 27, зацепляющийся с зубчатым колесом 28 на ведомом валу 26. Передаточное отношение модуля при такой схеме соединения равно  $i_4$

30 с корректировкой на передаточное отношение зубчатой пары 27-28.

И, наконец, схема на фиг.16 является зеркальным отображением схемы 15, где диски 1 и 2 поменялись функциями, диск 1 соединен с неподвижным корпусом, а диск 2 с ведущим валом 30. Момент вращения снимается также с втулки 15 с помощью клиноременной передачи. Передаточное отношение  $i_5$  корректируется за счет клиноременной передачи

35 между втулкой 15 и ведомым валом 26. Вал 30 выполнен с участком 32, которым он с помощью подшипника 10 посажен в отверстию диска 1.

На фиг.17 и 18 показана возможность создания на основе первого варианта передающего модуля трехскоростной коробки передач. Фигуры 17 и 18 отличаются друг от друга только положением переключателей. В корпусе 32 на подшипниках 33 и 34

40 установлены входной 35 и выходной 36 валы коробки передач. Вал 36 напрямую соединен с диском 2 передающего модуля, который в данном случае является ведомым звеном. Входной вал 35 коробки передач соединен с диском 37, который имеет на своей боковой поверхности шлицы 38, для постоянного соединения со шлицами 39 скользящей переключающей втулки 40. На внутреннем валу 12 передающего модуля жестко посажен

45 диск 41, имеющий на своей боковой поверхности шлицы 42 для соединения с другими шлицами 43 на скользящей переключающей втулке 40. Диск 1 передающего модуля также имеет шлицы на своей наружной боковой поверхности для соединения со шлицами 43 скользящей переключающей втулки 40. Втулка 40 является трехпозиционным переключателем и на верхней и нижней частях фиг.17 показана в двух крайних положениях

50 переключения, а на фиг.18 показано среднее положение скользящей переключающей втулки 40. В одном крайнем положении втулка 40 соединяет входной вал 35 коробки передач с диском 1 передающего узла, а в другом крайнем положении соединяет этот же входной вал 35 через диск 41 с внутренним валом 12 передающего модуля. В

промежуточном положении скользящей переключающей втулки 40, показанном на фиг.18, она соединяет входной вал 35 коробки передач одновременно с диском 1 и внутренним валом 12 передающего модуля. Наружная охватывающая втулка 15 передающего модуля с эксцентриковым участком 18 на внутренней поверхности посажена на подшипнике 17 на диске 2. В эксцентрик 18 на подшипнике 19 посажен средний диск 3. Охватывающая втулка 15 имеет шлицы 44. Еще один переключатель - скользящая втулка 45 на своей внутренней и внешней поверхностях имеет шлицы 46, 47 и 48. Диск 1 и корпус 32 также имеют шлицы 49 и 50. При зацеплении соответствующих шлицев скользящая переключающая втулка 45 может соединять с корпусом 32 либо диск 1, либо наружную втулку 15 передающего модуля. В третьем положении скользящей переключающей втулки 45, показанном на фиг.18, и диск 1 и охватывающая втулка 15 освобождаются от связи с корпусом 32. В принципе, возможно получение и других скоростей, но для этого вход и выход в модуле нужно менять местами, а такое переключение конструктивно сложно осуществить.

Работу передающего модуля рассмотрим на примере вышеописанной коробки передач, так как она позволяет показать работу модуля в разных схемах включения. Скользящая переключающая втулка 40 своими шлицами 39 постоянно зацеплена со шлицами 38 на диске 37, жестко связанном с входным валом 35.

В левом положении скользящей переключающей втулки 40 (как это изображено в верхней части фигуры 17) шлицы 43 втулки зацеплены со шлицами 42 на диске 41. Тем самым входной вал 35 коробки передач соединяется с внутренним валом 12. При вращении входного вала вращается вал 12 с эксцентриком 13 и вовлекается в планетарное движение диск 3, который может также совершать вращение относительно собственной подвижной оси. Для работы передающего узла по этой схеме диск 1 должен быть заторможен, т.е. переключающая втулка 45 должна находиться в крайнем левом положении, соединяя с корпусом 32 диск 1. Планетарное движение диска 3 за счет взаимодействия цепочки шариков 6 с периодической дорожкой качения 5 на диске 3 и периодической дорожкой 4 на неподвижном диске 1 преобразуется во вращение диска 3 вокруг собственной оси. При этом одному обороту входного вала 35 будет соответствовать поворот диска 3 вокруг собственной оси на угол, определяемый соотношением периодов дорожек качения  $z_4$  и  $z_5$ . В свою очередь, поворот диска 3 за счет взаимодействия дорожек 7 и 8 посредством цепочки шариков 9 преобразуется во вращение диска 2. Общее передаточное отношение  $u_1$  коробки передач при этом положении переключателей, определяемое как отношение скорости вращения выходного вала 36 к скорости вращения входного вала 35, составит  $u_1=i_3$ . Схема включения модуля при таком положении переключателей соответствует фиг.3.

Для получения другой передачи переключатель 40 следует перевести в крайнее правое положение, как это показано в нижней части фиг.17. В этом положении входной вал 35 коробки передач будет соединен с диском 1, делая его ведущим звеном модуля. Охватывающая втулка 15 с эксцентриком 18 должна быть неподвижной, для этого переключатель 45 переводится в крайнее правое положение, соединяя наружную охватывающую втулку 15 модуля с корпусом 32 и освобождая от связи с корпусом диск 1. В этом случае диск 3 получается посаженным в корпусе с возможностью вращения и может совершать только вращательное движение относительно своей оси, эксцентрично смещенной относительно оси дисков 1 и 2. Вращение диска 1 через цепочку шариков 6 и дорожки качения 4 и 5 передается к диску 3 с передаточным отношением, определяемым, как и для обычного зубчатого зацепления, как  $Z_5/Z_4$ . В свою очередь, вращение диска 3 передается к диску 2 через цепочку шариков 9 и дорожки качения 7 и 8 с передаточным отношением  $Z_8/Z_7$ . Общее передаточное отношение коробки передач  $u_2$  составит  $u_2=Z_5/Z_4 \cdot Z_8/Z_7$ . Схема включения модуля соответствует фиг.5.

В промежуточном положении переключающей втулки 40, как это показано на фиг.18, с входным валом 35 соединяются одновременно и диск 1, и внутренний вал модуля 12. Втулка 45 также занимает промежуточное положение, освобождая и диск 1 и

охватывающую втулку 15 от связи с корпусом 32. Поскольку вращение входного вала передается одновременно и на диск 1 и на вал 12 с эксцентриком 13, то диски 1 и 3 будут вращаться совместно как одно целое и диск 3 будет вращаться как эксцентрик. При этом зацепление его дорожки 5 с дорожкой 4 на диске 1 будет разгружено от усилий, а зацепление дорожки качения 7 через шарики 9 с дорожкой качения 8 на диске 2 обеспечит вращение диска 2 с той же скоростью. Таким образом, вращение от входного вала 35 будет передаваться к выходному валу 36 без изменения скорости, Соответствующая этому случаю схема включения модуля показана на фиг.6. Следует отметить, что если снабдить указанную коробку передач еще одним переключателем, позволяющим соединять выходной вал 36 коробки передач с внутренним валом 12, то коробка будет иметь дополнительную повышающую передачу. Работу модуля в повышающем режиме рассмотрим ниже при обсуждении схем 8 и 9.

Таким образом, мы рассмотрели здесь работу модуля при включении его по схемам на фиг.3, 5 и 6. Работа модуля при включении по схеме на фиг.4 отличается от работы модуля по схеме 5 только тем, что диск 2 заторможен, а диск 1 является ведомым звеном, с соответствующим изменением общего передаточного отношения модуля.

Модули в схемах на фиг.8 и 9 работают как мультипликаторы, поэтому рассмотрим работу их более подробно. Вращение ведущего вала 30 на фиг.8 вызывает вращение диска 1. Зацепление цепочки шариков 6 с дорожками качения 4 и 5 вызовет вращение диска 3 вокруг собственной оси, а зацепление цепочки шариков 9 с дорожкой 7 на диске 3 и с дорожкой 8 на неподвижном диске 2 приведет к планетарному движению диска 3. Планетарное движение диска 3 преобразуется во вращение эксцентрика 13 и связанного с ним вала 12 с передаточным отношением  $i_5 = 1 - Z_7 \cdot Z_4 / Z_8 \cdot Z_5$ . На фиг.9 ведущим является диск 2, а неподвижен диск 1. Поэтому передаточное отношение определится как  $i_6 = 1 - Z_5 \cdot Z_8 / Z_4 \cdot Z_7$ . Кроме того, отбор момента вращения осуществляется не от центрального вала 12, а от кинематически связанной с ним охватывающей втулки 15.

Работа модуля по второму варианту изобретения полностью аналогична.

Как мы отмечали ранее, приведенные выше зависимости для определения передаточных отношений справедливы для случая, когда разница между числами периодов сопрягающихся дорожек равна 0, 1 или 2. Численная величина передаточного соотношения зависит от того, какая из дорожек в каждой сопрягающейся паре имеет большее число периодов. В качестве примера рассмотрим дорожки качения со следующими числами периодов:  $Z_4 = 27$ ,  $Z_5 = 25$ ,  $Z_7 = 20$ ,  $Z_8 = 22$ . Этот модуль при разных схемах включения может давать передаточные отношения  $i_1 \approx 55$ ,  $i_2 \approx -54$ ,  $i_3 \approx 1,018$ ,  $i_4 = 1$ ,  $i_5 \approx -0,0185$ ,  $i_6 \approx 0,0181$ , где знак означает вращение в противоположном направлении. Если же соотношение чисел периодов во второй паре сопрягающихся дорожек поменять местами, т.е.  $Z_7 = 22$ , а  $Z_8 = 20$ , то получим другие значения передаточных отношений:  $i_1 \approx 6,32$ ,  $i_2 \approx -5,32$ ,  $i_3 \approx 0,842$ ,  $i_4 = 1$ ,  $i_5 \approx -0,188$ ,  $i_6 \approx 0,158$ . Если аналогичную перестановку сделать в первой паре, не изменяя значений второй пары, т.е.  $Z_4 = 25$ ,  $Z_5 = 27$ ,  $Z_7 = 20$ ,  $Z_8 = 22$ , получим следующие передаточные числа:  $i_1 \approx -5,32$ ,  $i_2 \approx 6,32$ ,  $i_3 \approx 1,188$ ,  $i_4 = 1$ ,  $i_5 \approx 0,158$ ,  $i_6 \approx -0,188$ . По сравнению с предыдущим случаем передаточные отношения  $i_1$ ,  $i_2$  и  $i_5$ ,  $i_6$  поменялись местами, а  $i_3$  изменил свою величину. Поменяв местами числа периодов дорожек во второй паре, получим набор передаточных отношений, аналогичный первому, только  $i_3$  будет равно 0,982.

Очевидно, что, варьируя числом периодов дорожек качения, можно перекрывать достаточно широкий диапазон передаточных отношений. Как показали наши расчеты, предлагаемый узел при варьировании чисел дорожек качения от 5 до 31 может перекрыть стандартный ряд передаточных отношений от 1,25 до 400.

Таким образом, имея в своем распоряжении набор дисков с четырьмя дорожками качения, мы можем создать шесть разных механизмов с отличающимися друг от друга передаточными отношениями. Как было показано выше, один шариковый передающий узел при одном направлении включения может давать три понижающих передачи, одна из которых может быть реверсивной, и одну повышающую передачу. Поэтому очень

перспективно его использование в качестве модуля коробки передач, построенной на принципе перебора передаточных отношений. Так, на двух подобных модулях можно получить до 16 передач, часть из которых будет передачами обратного хода.

5

#### Формула изобретения

1. Шариковый передающий узел преобразователя скорости, содержащий три последовательно расположенных дисковых элемента вращения с периодическими дорожками качения на обращенных друг к другу поверхностях, образующих две пары сопрягающихся дорожек качения, каждая пара сопрягающихся дорожек зацепляется посредством цепочек шариков, находящихся в постоянном контакте с обеими периодическими поверхностями дорожек, два крайних диска соосны друг с другом, а средний диск посажен с возможностью вращения на эксцентрике проходящего внутри узла вала, отличающийся тем, что снаружи коаксиально крайним дискам с возможностью вращения установлена дополнительная охватывающая втулка, на внутренней поверхности которой в области среднего диска выполнен эксцентричный участок, в котором средний диск посажен также с возможностью вращения, при этом эксцентричный участок дополнительной охватывающей втулки и эксцентрик вала имеют одинаковый эксцентриситет с одинаковой направленностью.

2. Шариковый передающий узел преобразователя скорости, содержащий три последовательно расположенных дисковых элемента вращения с периодическими дорожками качения на обращенных друг к другу поверхностях, образующих две пары сопрягающихся дорожек качения, каждая пара сопрягающихся дорожек зацепляется посредством цепочек шариков, находящихся в постоянном контакте с обеими периодическими поверхностями, причем два крайних диска соосны друг с другом, отличающийся тем, что снаружи коаксиально крайним дискам с возможностью вращения установлена дополнительная охватывающая втулка, на внутренней поверхности втулки в области среднего диска выполнен эксцентричный участок, в котором с возможностью вращения посажен средний диск.

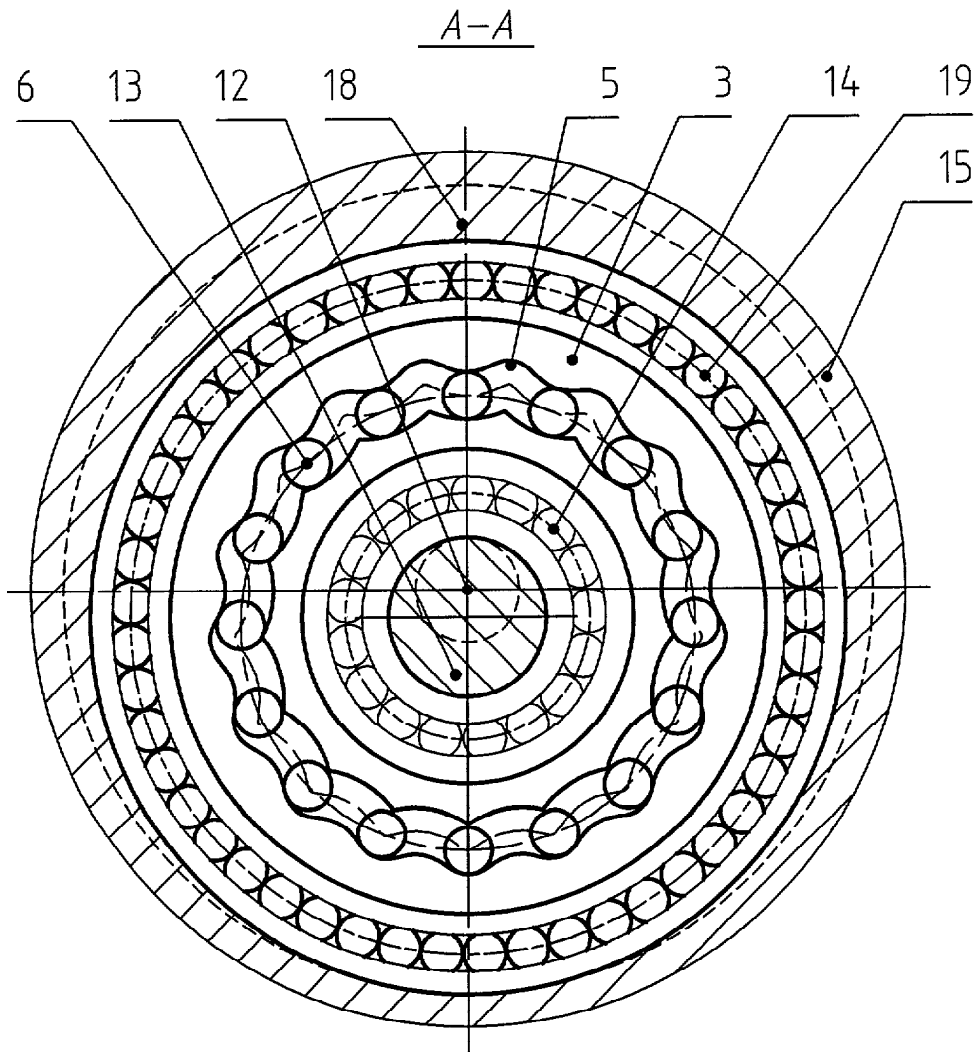
30

35

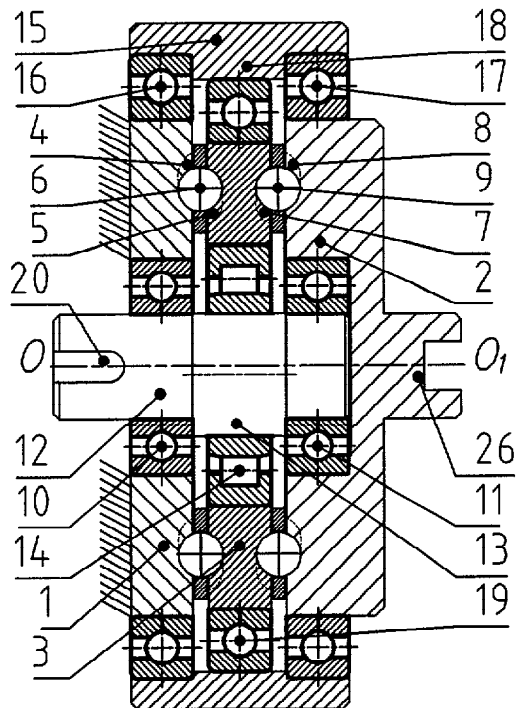
40

45

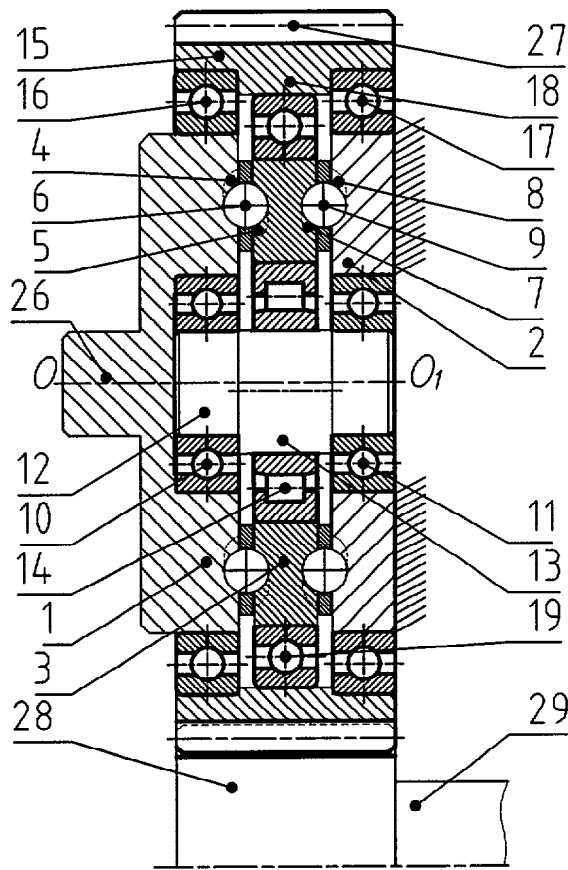
50



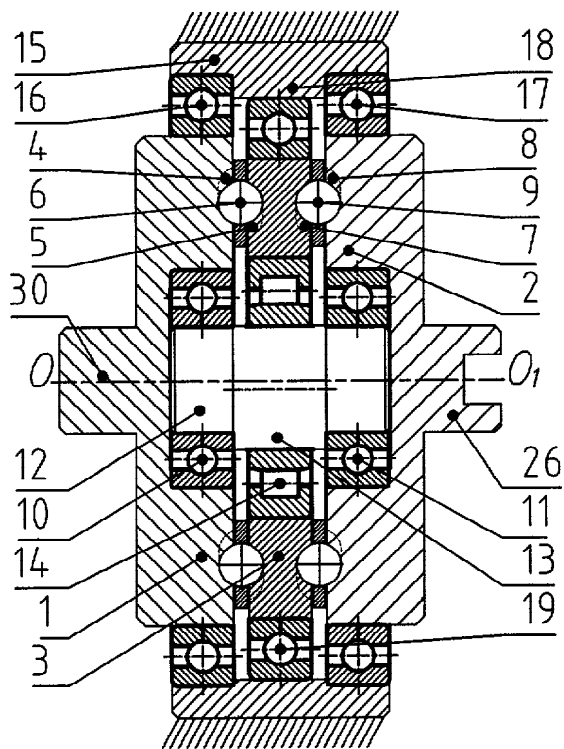
Фиг. 2



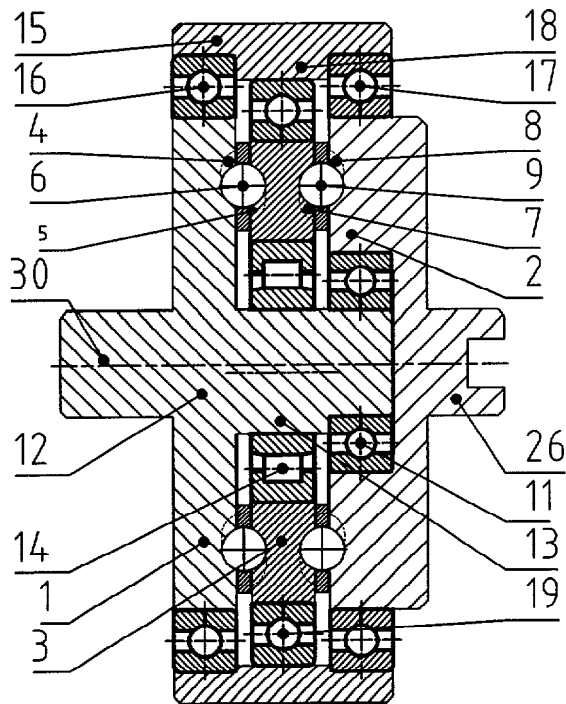
Фиг. 3



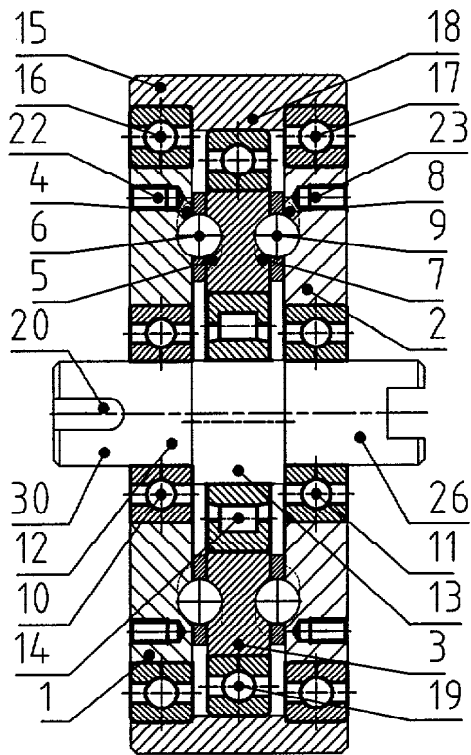
Фиг. 4



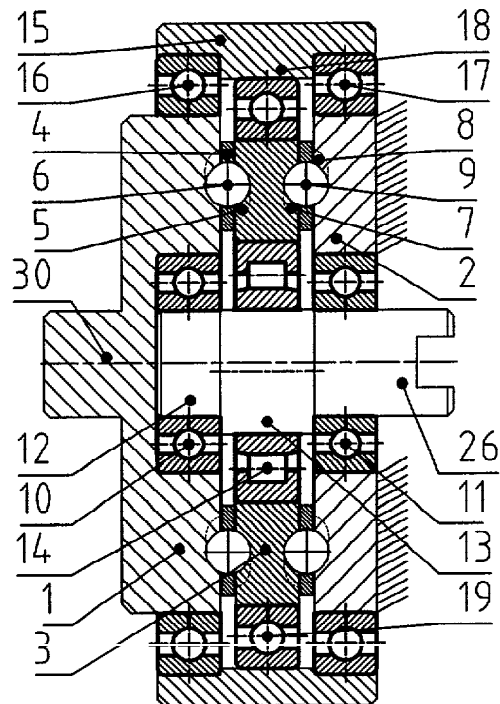
Фиг. 5



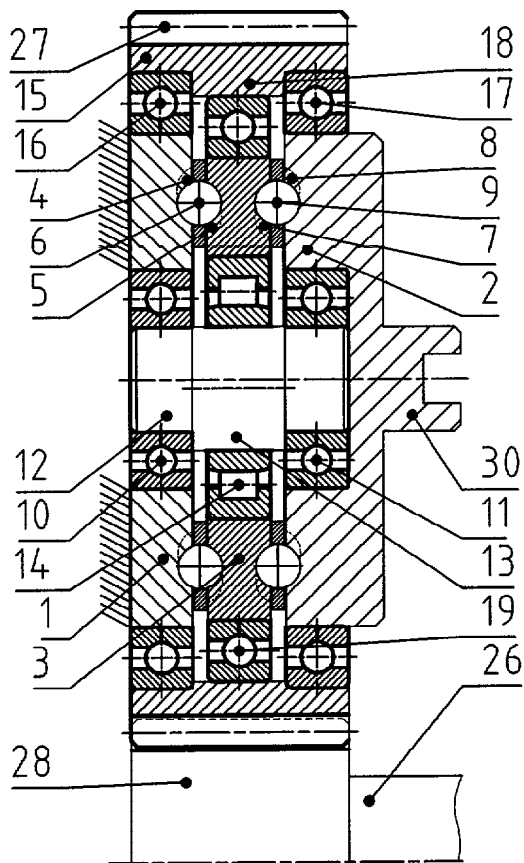
Фиг. 6



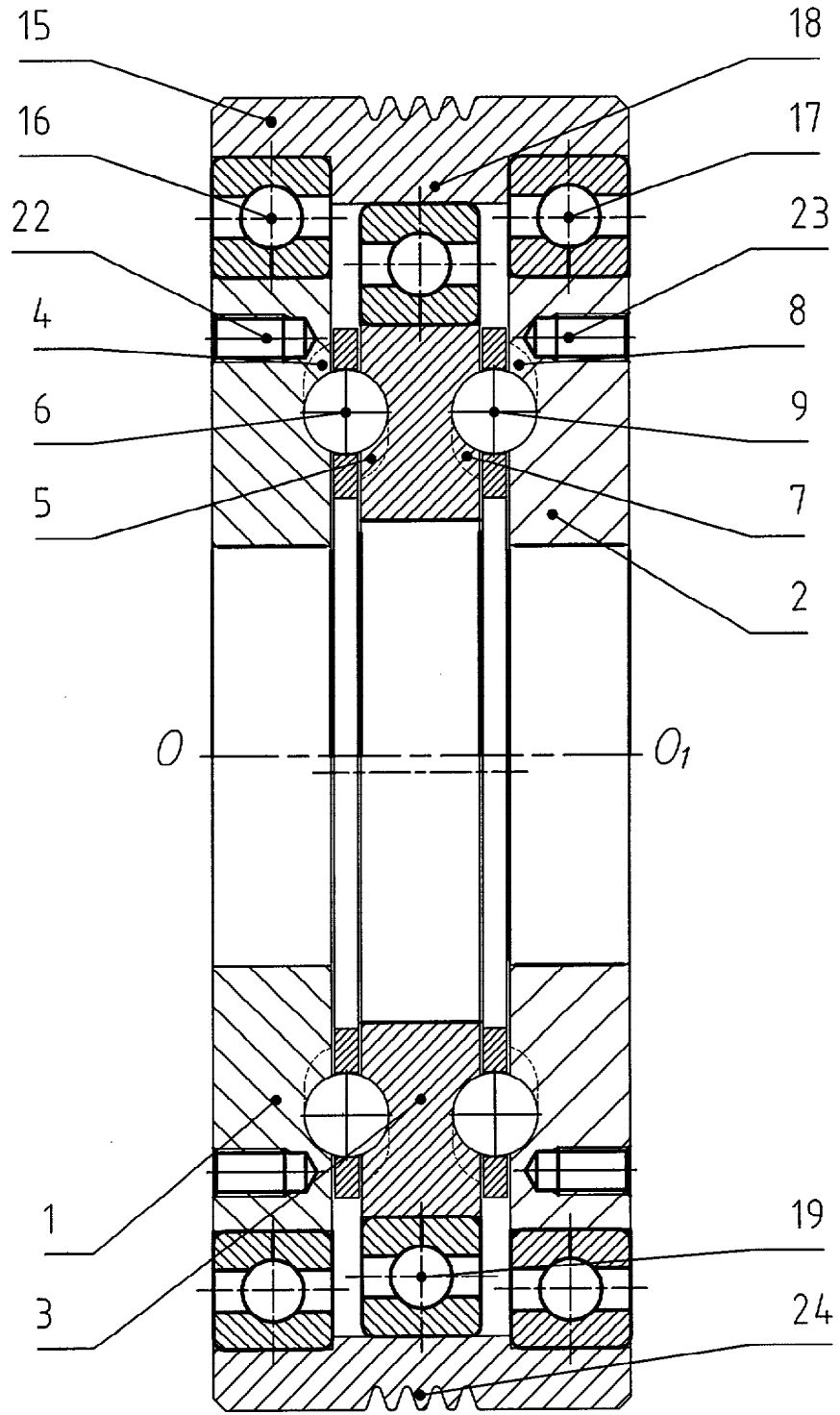
Фиг. 7



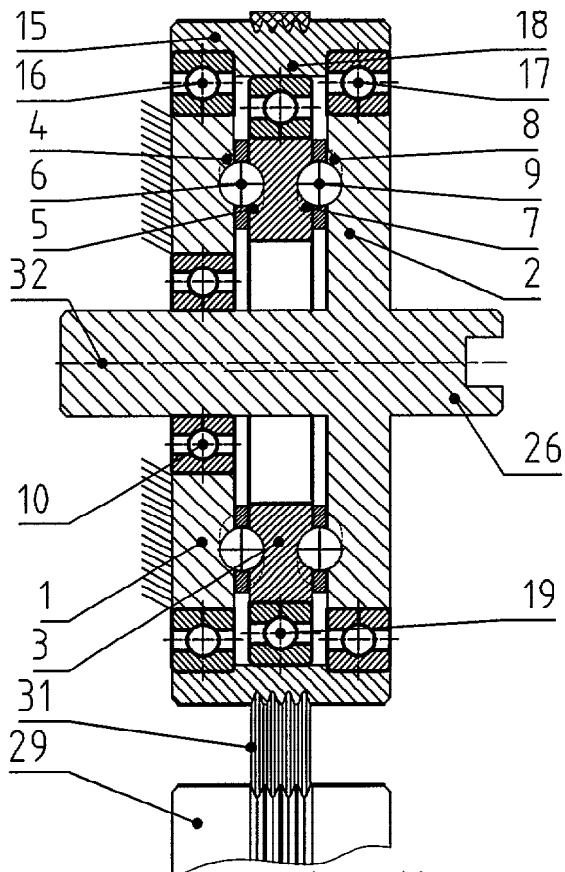
Фиг. 8



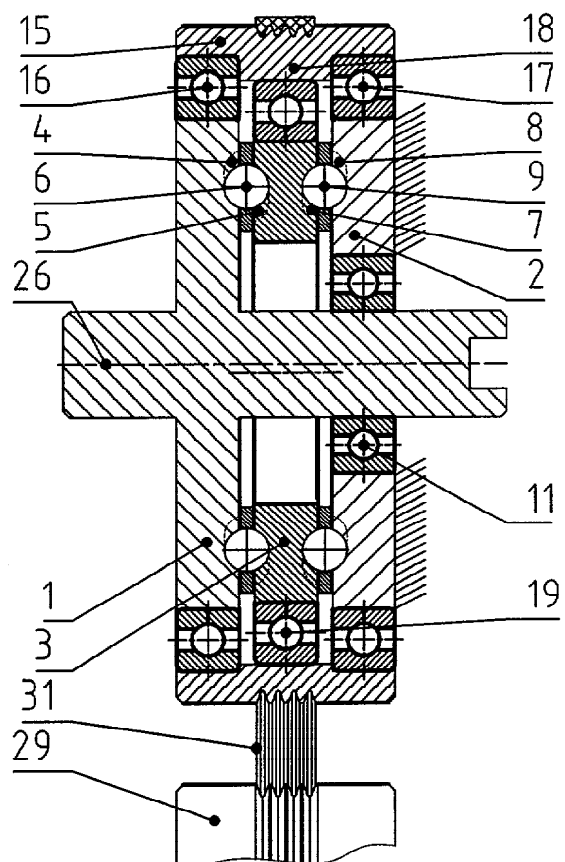
Фиг. 9



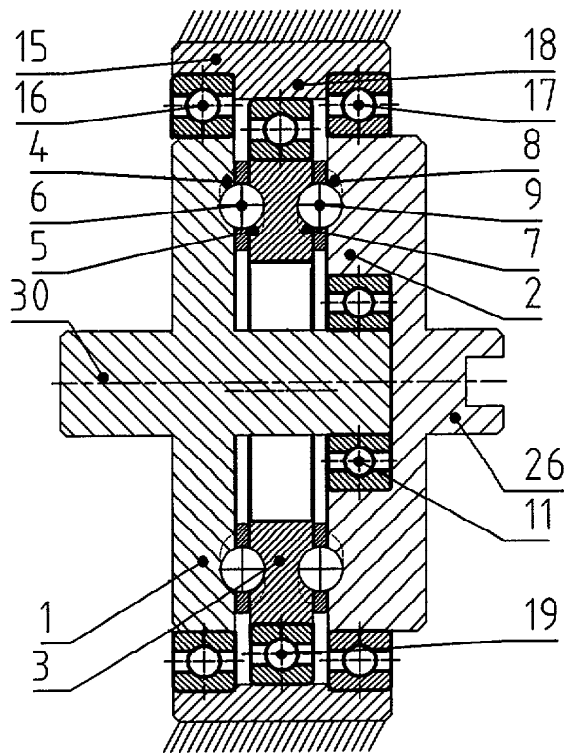
Фиг. 10



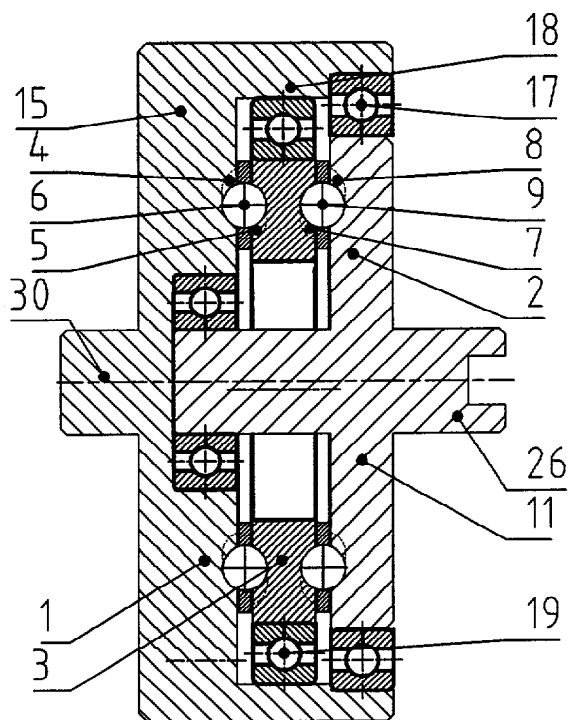
Фиг. 11



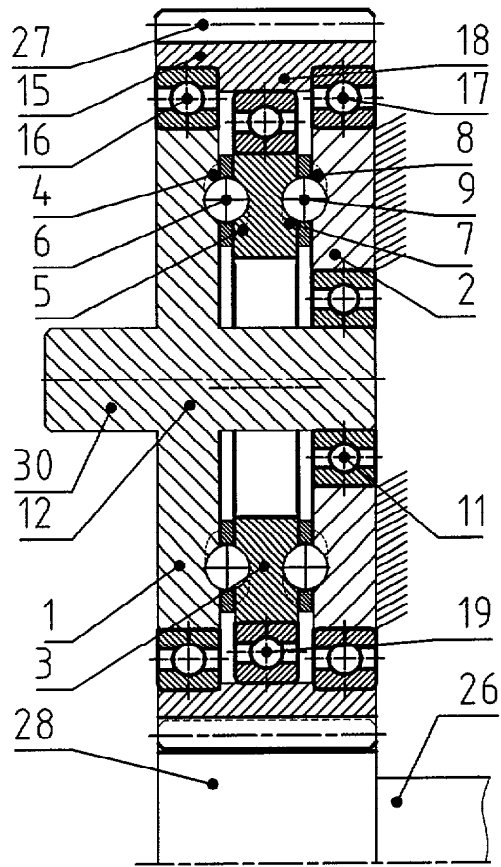
Фиг. 12



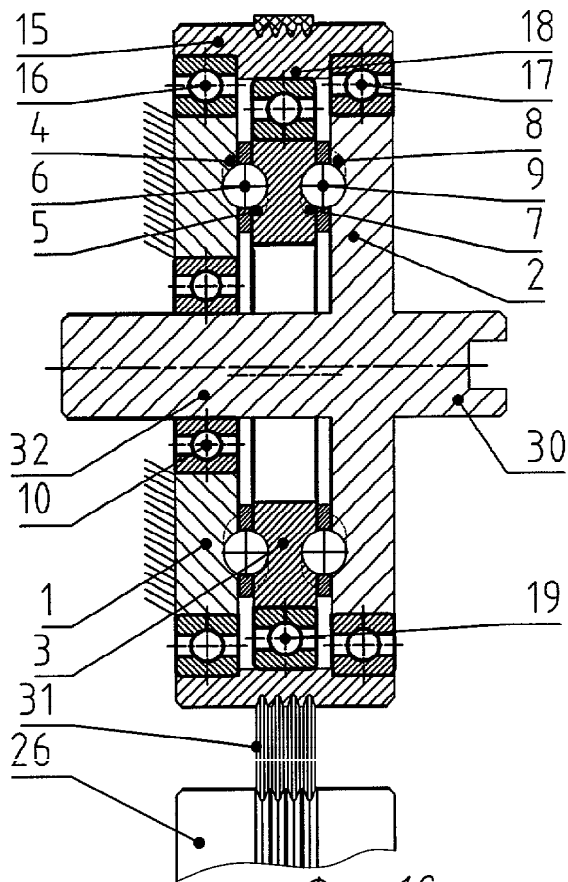
Фиг. 13



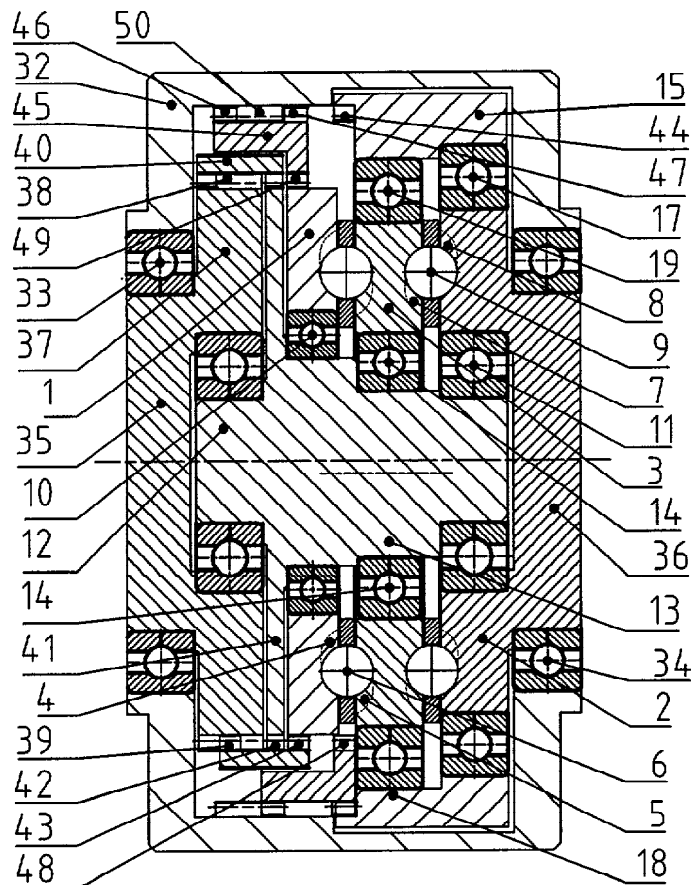
Фиг. 14



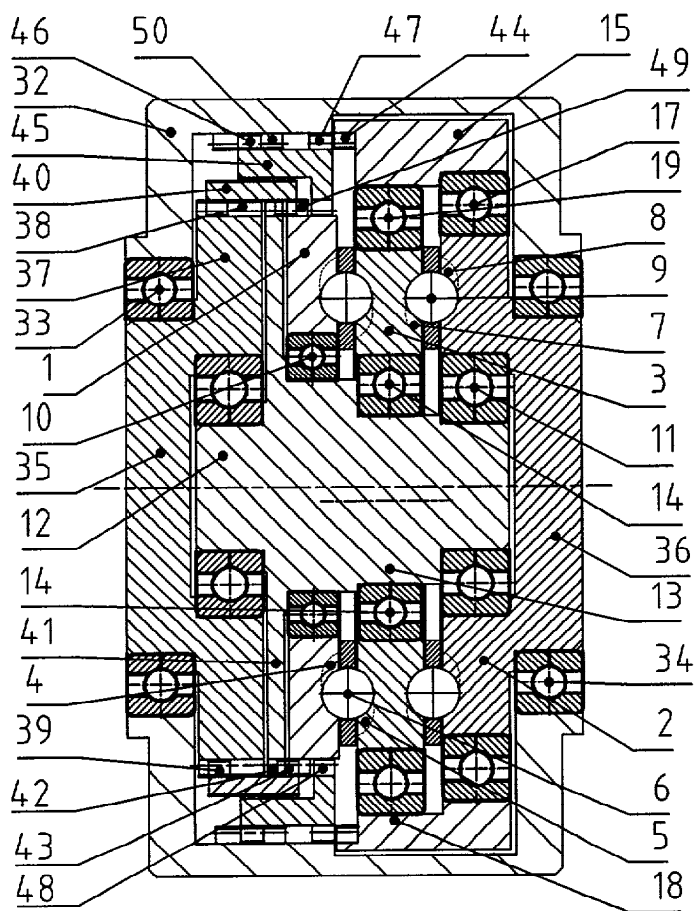
Фиг. 15



Фиг. 16



Фиг. 17



Фиг. 18