

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 201990153 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2019.06.28

(22) Дата подачи заявки  
2016.07.20

(51) Int. Cl. *B60T 1/06* (2006.01)  
*B60T 1/12* (2006.01)  
*B60T 13/06* (2006.01)  
*F16D 63/00* (2006.01)  
*B60T 1/10* (2006.01)  
*F16D 61/00* (2006.01)  
*G01C 19/00* (2013.01)

(54) ГИРОСКОПИЧЕСКОЕ ТОРМОЗНОЕ УСТРОЙСТВО И СПОСОБ  
ГИРОСКОПИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ

(86) PCT/EP2016/067256

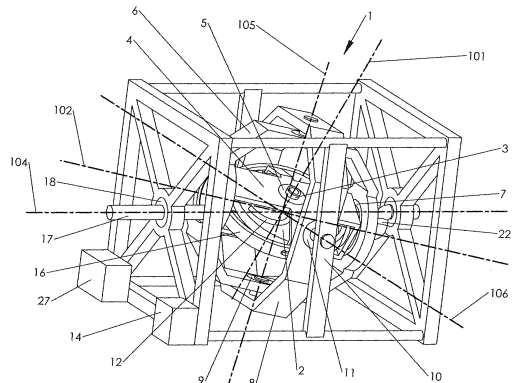
(87) WO 2018/014947 2018.01.25

(71) Заявитель:  
ЭРКЕ ЭРКЕ АРАШТЫРМАЛАРЫ ВЕ  
МЮХЕНДИСЛИК А.Ш. (TR)

(72) Изобретатель:  
Озтюрк Мустафа Наджи (TR)

(74) Представитель:  
Медведев В.Н. (RU)

(57) Настоящее изобретение относится к тормозному устройству и к способу и, в частности, но не только, относится к гироскопическому тормозному устройству и способу. Тормозное устройство (1), включающее тело (2), смонтированное для вращения вокруг первой оси (101); средство для вращения тела (2) вокруг первой оси (101); содержит вторую ось (102), третью ось (103) и четвертую ось (104), причем тормозное устройство (1) выполнено с возможностью обеспечивать возможность телу (2) дополнительно вращаться вокруг второй оси (102) и третьей оси (103), причем первая ось (101) ориентирована относительно второй оси (102) под углом альфа ( $\alpha$ ), который больше  $0^\circ$ , причем вторая ось (102) ориентирована относительно четвертой оси (104) под углом бета ( $\beta$ ), который больше  $0^\circ$  и меньше  $90^\circ$ , причем третья ось (103) представляет собой ось прецессии, вокруг которой прецессия тела (2) возникает в результате вращения тела (2) вокруг первой оси (101) и приложения крутящего момента к телу (2) вокруг второй оси (102).



A1

201990153

201990153

A1

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-553620EA/011

### ГИРОСКОПИЧЕСКОЕ ТОРМОЗНОЕ УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ГИРОСКОПИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к тормозному устройству и к способу, и, в частности, но не только, относится к гироскопическому тормозному устройству и способу гироскопического торможения.

Тормозные системы представляют собой фундаментальные компоненты транспортных средств, которые используются для того, чтобы уменьшать скорость транспортного средства или предотвращать нежелательное ускорение транспортного средства, например, в ходе движения на спуске. В традиционных тормозных системах, тормозные колодки или башмаки прижимаются к вращающемуся диску или барабану, который соединяется с колесом транспортного средства. Это заставляет силы трения возникать на поверхности соответствующего диска или барабана. Посредством этих сил трения, кинетическая энергия транспортного средства преобразуется в тепловую энергию, и в силу этого уменьшается полная кинетическая энергия транспортного средства. Хотя эти традиционные тормозные системы широко используются в транспортных средствах, они имеют несколько недостатков, в частности, тормозные колодки или башмаки стираются по мере того, как эти тормозные системы используются, и в силу этого, они должны регулярно заменяться. Также, по мере того, как тормозные колодки и башмаки стираются, они высвобождают частицы пыли в окружающий воздух, вызывая загрязнение и возможные проблемы со здоровьем для людей. Кроме того, величина тепловой энергии, сформированной в этих системах, которая не может рассеиваться в качестве тепла, заставляет температуру поверхностей трения быстро повышаться. По мере того, как температура повышается выше порогового значения, рабочие характеристики тормозной системы радикально снижаются. Эта проблема также известна как временное снижение эффективности торможения.

Перегрев компонентов тормозных систем во время непрерывного использования представляет собой потенциальную проблему для

тормозных систем, которые преобразуют кинетическую энергию в тепловую энергию. Чтобы разрешать эту проблему в определенной степени, некоторые аэродинамические технологии, такие как вентиляция диска в дисковом тормозе или включение охлаждающих ребер в барабан в барабанном тормозе, могут использоваться для того, чтобы увеличивать скорость охлаждения тормозных систем. Альтернативно или дополнительно, для применимых систем, дополнительная система охлаждения может предоставляться для того, чтобы удалять сформированную тепловую энергию из компонентов тормозной системы. Это требует увеличения производительности системы охлаждения транспортного средства или установки отдельной системы охлаждения специально для тормозной системы. Тем не менее, оба подхода приводят к увеличению затрат для транспортного средства, а также веса транспортного средства, что может оказывать негативное влияние на рабочие характеристики транспортного средства. Кроме того, величина непрерывной тормозной мощности, которая может получаться из этих тормозных систем, ограничена посредством величины тепловой энергии, которая может удаляться из тормозной системы, и в силу этого ограничена производительностью воздушного охлаждения и/или производительностью используемой внешней системы охлаждения.

Чтобы уменьшать величину сформированной тепловой энергии, могут использоваться рекуперативные тормозные системы. Например, в электрических рекуперативных системах, часть кинетической энергии транспортного средства преобразуется в электрическую энергию посредством использования электрогенераторов или электромоторов, и полученная энергия накапливается в аккумуляторах или конденсаторах. Тем не менее, эти системы являются сложными, и они требуют установки электрогенераторов/электромоторов и аккумуляторов/конденсаторов в транспортное средство, что увеличивает как затраты, так и вес транспортного средства в механических рекуперативных тормозных системах с маховиком, с другой стороны, кинетическая энергия транспортного средства непосредственно накапливается в маховике. Тем не менее, маховики, используемые в таких системах, являются большими и тяжелыми, что может оказывать негативное влияние на

динамику транспортного средства. Кроме того, независимо от типа используемой рекуперативной тормозной системы, величина энергии, которая может накапливаться, ограничена емкостью носителя накопления энергии, например, емкостью аккумуляторов/конденсаторов и максимальной безопасной частотой вращения маховика. Следовательно, они не рассматриваются как подходящие для непрерывного использования.

В силу этого настоящее изобретение нацелено на разрешение этих проблем.

Соответственно, цель настоящего изобретения заключается в том, чтобы предоставлять улучшенное тормозное устройство и способ для получения требуемой величины непрерывной тормозной мощности без непосредственного преобразования кинетической энергии в тепловую энергию, что помогает в снижении глобального потепления и загрязнения окружающей среды.

Другая цель настоящего изобретения заключается в том, чтобы предоставлять улучшенное тормозное устройство и способ для предоставления требуемой величины постоянной и непрерывной тормозной мощности.

Другая цель настоящего изобретения заключается в том, чтобы предоставлять улучшенное тормозное устройство и способ для формирования менее вибрирующих тормозных систем.

Другая цель настоящего изобретения заключается в том, чтобы предоставлять улучшенное тормозное устройство и способ для формирования недорогих, долговечных и безопасных тормозных систем.

Таким образом, в соответствии с первым аспектом настоящего изобретения, предусмотрено тормозное устройство, содержащее: тело, смонтированное для вращения вокруг первой оси; средство для вращения тела вокруг первой оси; второй оси, третьей оси и четвертой оси, при этом тормозное устройство выполнено с возможностью обеспечивать возможность телу дополнительно вращаться вокруг второй оси и третьей оси, причем первая ось ориентирована относительно второй оси под углом  $\alpha$ , который больше  $0$  градусов, при этом вторая ось ориентирована относительно четвертой оси под углом  $\beta$ , который больше  $0$

градусов и меньше 90 градусов, причем третья ось представляет собой ось прецессии, вокруг которой прецессия тела возникает в результате вращения тела вокруг первой оси и приложения крутящего момента к телу вокруг второй оси, при этом второй оси разрешается вращаться вокруг четвертой оси независимо от вращения тела вокруг второй оси, и телу разрешается вращаться вокруг второй оси независимо от вращения второй оси вокруг четвертой оси; средство для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси с телом таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело вокруг второй оси; за счет чего вращение тела вокруг первой оси и крутящий момент, прикладываемый к телу вокруг второй оси, совместно заставляют тело дополнительно вращаться вокруг третьей оси, тело вращается вокруг первой оси, второй оси и третьей оси одновременно, вращение тела вокруг первой оси и вращение тела вокруг третьей оси совместно заставляют тормозной крутящий момент возникать вокруг второй оси; чтобы за счет этого получать тормозной крутящий момент против вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси.

Один аспект изобретения заключается в том, что вращение тела вокруг второй оси и вращение тела вокруг третьей оси наблюдаются, как если тело вращается вокруг четвертой оси, вращение тела вокруг первой оси и вращение тела вокруг третьей оси совместно заставляют тормозной крутящий момент возникать вокруг второй оси; за счет этого получается тормозной крутящий момент против вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси.

Тормозное устройство может предоставлять непрерывный, предпочтительно постоянный тормозной крутящий момент против вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси.

В тормозном устройстве, если первая ось и вторая ось пересекаются, то угол альфа задается как острый угол (или прямой угол, если первая ось и вторая ось являются перпендикулярными) между первой и второй осями. Если первая ось и вторая ось не пересекаются, угол альфа задается как острый или прямой угол между первой и второй осями при просмотре вдоль направления

кратчайшей линии, соединяющей первую и вторую оси. Альтернативный способ выражения этой геометрической взаимосвязи состоит в том, чтобы рассматривать точку на первой оси и рассматривать воображаемую линию, которая проходит через эту точку и которая является параллельной второй оси. Угол альфа затем задается в качестве острого или прямого угла, при котором первая ось пересекает эту воображаемую линию. Если первая и вторая оси являются параллельными или совпадающими, то угол альфа составляет 0 градусов. Если первая и вторая оси являются перпендикулярными, то угол альфа составляет 90 градусов. Следовательно, минимальное значение угла альфа составляет 0 градусов, и максимальное значение угла альфа составляет 90 градусов.

В тормозном устройстве, если вторая ось и четвертая ось пересекаются, то угол бета задается как острый угол (или прямой угол, если вторая ось и четвертая ось являются перпендикулярными) между второй и четвертой осями. Если вторая ось и четвертая ось не пересекаются, угол бета задается как острый или прямой угол между второй и четвертой осями при просмотре вдоль направления кратчайшей линии, соединяющей вторую и четвертую оси. Альтернативный способ выражения этой геометрической взаимосвязи состоит в том, чтобы рассматривать точку на второй оси и рассматривать воображаемую линию, которая проходит через эту точку и которая является параллельной четвертой оси. Угол бета затем задается в качестве острого или прямого угла, при котором вторая ось пересекает эту воображаемую линию. Если вторая и четвертая оси являются параллельными или совпадающими, то угол бета составляет 0 градусов. Если вторая и четвертая оси являются перпендикулярными, то угол бета составляет 90 градусов. Следовательно, минимальное значение угла бета составляет 0 градусов, и максимальное значение угла бета составляет 90 градусов.

Чтобы получать тормозной крутящий момент в тормозном устройстве, угол альфа должен быть больше 0 градусов, и угол бета должен быть больше 0 градусов и меньше 90 градусов.

Тормозное устройство может содержать внутреннюю опору,

среднюю опору и раму.

В тормозном устройстве, второй оси разрешается вращаться вокруг четвертой оси независимо от вращения тела вокруг второй оси, и телу разрешается вращаться вокруг второй оси независимо от вращения второй оси вокруг четвертой оси. Это означает то, что если тело первоначально является стационарным, то вращение второй оси вокруг четвертой оси не должно вызывать вращение тела вокруг второй оси относительно рамы тормозного устройства, т.е. относительно опорной рамы, присоединенной к раме тормозного устройства, и вращение тела вокруг второй оси относительно рамы тормозного устройства не должно вызывать вращение второй оси вокруг четвертой оси. Это также дополнительно означает то, что если тело первоначально является стационарным, то вращение второй оси вокруг четвертой оси не должно вызывать вращение тела вокруг четвертой оси и вращение тела вокруг второй не должно вызывать вращение тела вокруг четвертой оси.

Тормозное устройство должно удовлетворять следующим двум признакам: (i) если тело первоначально является стационарным, то вращение средства для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси с телом таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело вокруг второй оси, заставляет тело вращаться только вокруг второй оси, т.е. оно ни заставляет тело вращаться вокруг четвертой оси, ни заставляет вторую ось вращаться вокруг четвертой оси; и (ii) второй оси разрешается вращаться вокруг четвертой оси (следует отметить, что это также может представлять собой ограниченное вращение), даже если средство для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси с телом таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело вокруг второй оси, поддерживается стационарным.

Тело может иметь ограниченную свободу вращения вокруг третьей оси. Например, если тело имеет свободу вращения вокруг оси  $x$ , которая составляет острый угол (который меньше 90 градусов) с третьей осью (другими словами, если вектор вдоль оси  $x$  имеет компонент на третьей оси), то тело имеет ограниченную свободу вращения вокруг третьей оси, что означает то, что телу

разрешается вращаться вокруг третьей оси.

Тормозное устройство может содержать внешнюю опору, при этом тело монтируется для вращения вокруг первой оси во внутренней опоре, внутренняя опора монтируется для вращения вокруг второй оси в средней опоре, средняя опора монтируется для вращения вокруг пятой оси во внешней опоре, и внешняя опора монтируется для вращения вокруг шестой оси в раме.

Тормозное устройство может содержать средство для предотвращения вращения средней опоры вокруг второй оси, при этом тело монтируется для вращения вокруг первой оси во внутренней опоре, внутренняя опора монтируется для вращения вокруг второй оси в средней опоре, средняя опора монтируется для сферического движения в раме, и вращение средней опоры вокруг второй оси предотвращается.

Тормозное устройство может содержать средство на основе гидравлических подшипников, которое поддерживает среднюю опору для сферического движения в раме.

Тормозное устройство может содержать крайнюю внутреннюю опору, при этом тело монтируется для вращения вокруг первой оси в крайней внутренней опоре, крайняя внутренняя опора монтируется для вращения вокруг седьмой оси во внутренней опоре, и вращение крайней внутренней опоры вокруг седьмой оси вызывает изменение угла альфа.

Тормозное устройство может содержать средство на основе гидравлических подшипников таким образом, чтобы поддерживать одно или более из следующего: тело, крайняя внутренняя опора, внутренняя опора, средняя опора и внешняя опора.

Абсолютная величина тормозного крутящего момента может регулироваться посредством регулирования угла альфа. При поддержании других параметров фиксированными, если угол альфа задается равным 0 градусов, то абсолютная величина тормозного крутящего момента становится равной 0, т.е. тормозной крутящий момент не существует. Абсолютная величина тормозного крутящего момента увеличивается по мере того, как угол альфа увеличивается. Абсолютная величина тормозного крутящего момента является максимальной, если угол альфа задается равным 90



градусов.

Тормозное устройство может содержать средство для управления углом альфа. Средство для управления углом альфа может содержать средство для вращения крайней внутренней опоры вокруг седьмой оси.

В то время, когда тормозное устройство работает, тело дополнительно может вращаться в направлении увеличения угла бета. Чтобы предотвращать это вращение, тормозное устройство может содержать средство для управления углом бета. Средство для управления углом бета может содержать средство для ограничения движения второй оси таким образом, что угол бета является постоянным с выбранным значением, и второй оси разрешается вращаться вокруг четвертой оси. Средство для ограничения движения второй оси может содержать средство актуатора таким образом, чтобы регулировать угол бета.

При поддержании других параметров фиксированными, если угол бета задается равным 0 градусов или 90 градусов, то абсолютная величина тормозного крутящего момента становится равной 0, т.е. тормозной крутящий момент не существует.

Средство для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси с телом таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело вокруг второй оси, может содержать средство вращательного соединения, средство вращательного соединения монтируется для вращения вокруг четвертой оси, средство вращательного соединения зацепляется с вращением, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси, и средство вращательного соединения имеет такую конструкцию, что оно прикладывает крутящий момент к телу вокруг второй оси, когда средство вращательного соединения вращается вокруг четвертой оси.

Средство вращательного соединения может иметь такую конструкцию, что оно прикладывает крутящий момент к опорной конструкции тела вокруг второй оси через контакт, когда средство вращательного соединения вращается вокруг четвертой оси. Другими словами, средство вращательного соединения может иметь такую конструкцию, что оно прикладывает крутящий момент к телу вокруг

второй оси через опорную конструкцию тела, при этом средство вращательного соединения находится в контакте с опорной конструкцией таким образом, чтобы прикладывать крутящий момент к опорной конструкции вокруг второй оси. Опорная конструкция может представлять собой внутреннюю опору либо крайнюю внутреннюю опору, либо любую другую подходящую конструкцию/опору, которая поддерживает тело.

Силы трения, которые возникают на контактных поверхностях средства вращательного соединения, и конструкция, через которую средство вращательного соединения прикладывает крутящий момент к телу, позволяют предотвращать изменение телом позиции, которую тело должно занимать, если отсутствуют силы трения. Это может приводить к уменьшению абсолютной величины тормозного крутящего момента. Если абсолютная величина сил трения является высокой, эти силы трения могут даже заставлять средство вращательного соединения прикладывать крутящий момент к телу вокруг четвертой оси вместо второй оси, что предотвращает возникновение тормозного крутящего момента. Следовательно, средство вращательного соединения может содержать средство для уменьшения влияния сил трения, которые возникают на контактных поверхностях средства вращательного соединения и в конструкции, через которую средство вращательного соединения прикладывает крутящий момент к телу. Средство для уменьшения влияния сил трения может содержать один или более актуаторов, которые монтируются на средстве вращательного соединения и размещаются с возможностью прикладывать силу к конструкции, через которую средство вращательного соединения прикладывает крутящий момент к телу таким образом, чтобы уменьшать влияние сил трения.

Средство вращательного соединения может прикладывать крутящий момент к телу вокруг второй оси посредством приложения силы к конструкции, через которую средство вращательного соединения прикладывает крутящий момент к телу в одной точке или в двух различных точках, которые расположены на расстоянии от второй оси. Если имеются две точки приложения силы, средство вращательного соединения может содержать средство для распределения силы между двумя точками приложения силы средства

вращательного соединения таким образом, чтобы уменьшать абсолютную величину результирующей силы на центре массы тела. Средство для распределения силы между двумя точками приложения силы средства вращательного соединения может содержать два цилиндра, цилиндры монтируются на средстве вращательного соединения таким образом, чтобы прикладывать силу к конструкции, через которую средство вращательного соединения прикладывает крутящий момент к телу, нижние камеры цилиндров соединяются в замкнутом контуре, и силы, прикладываемые посредством двух цилиндров, равны. Конструкция, через которую средство вращательного соединения прикладывает крутящий момент к телу, может представлять собой внутреннюю опору либо крайнюю внутреннюю опору. Конструкция, через которую средство вращательного соединения прикладывает крутящий момент к телу, также может представлять собой опорную конструкцию тела.

Средство для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси с телом таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело вокруг второй оси, может содержать источник мощности, расходуемой на движение, при этом часть статора источника мощности, расходуемой на движение, жестко соединяется со средней опорой, и часть ротора источника мощности, расходуемой на движение, жестко соединяется с внутренней опорой, мощность, требуемая для источника мощности, расходуемой на движение, предоставляется посредством вращения, которое должно тормозиться, за счет чего вращение части статора источника мощности, расходуемой на движение, вокруг второй оси предотвращается, и источник мощности, расходуемой на движение, прикладывает крутящий момент к телу вокруг второй оси. Альтернативно, часть ротора источника мощности, расходуемой на движение, может жестко соединяться со средней опорой, и часть статора источника мощности, расходуемой на движение, может жестко соединяться с внутренней опорой.

Абсолютная величина тормозного крутящего момента может регулироваться посредством регулирования частоты вращения тела вокруг второй оси. При поддержании других параметров фиксированными, если частота вращения тела вокруг второй оси

увеличивается, то абсолютная величина тормозного крутящего момента также увеличивается, если частота вращения тела вокруг второй оси снижается, то абсолютная величина тормозного крутящего момента также снижается.

Тормозное устройство может содержать средство для управления отношением частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения тела вокруг второй оси.

Средство для управления отношением частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения тела вокруг второй оси может содержать средство трансмиссии таким образом, что вращение, которое должно тормозиться, зацепляется с входным валом средства трансмиссии, и средство для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси с телом таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело вокруг второй оси, зацепляется с выходным валом средства трансмиссии.

Средство для вращения тела вокруг первой оси может содержать одно или более из следующего: электромотор; гидравлический мотор; и пневматический мотор.

Тело также может вращаться вокруг первой оси посредством текучей среды под давлением. С этой целью, тело может содержать одну или более лопастей. Средство для вращения тела вокруг первой оси может содержать средство для накачки текучей среды и средство для испускания текучей среды на лопасти тела таким образом, чтобы вращать тело вокруг первой оси. Альтернативно или дополнительно, тело может содержать одну или более трубок или каналов для текучей среды. Средство для вращения тела вокруг первой оси может содержать средство для накачки текучей среды в одну или более трубок или каналов для текучей среды тела таким образом, что по мере того, как текучая среда выходит из форсунок трубок или каналов, тело вращается вокруг первой оси в результате реакции текучей среды.

Мощность, требуемая для средства для вращения тела вокруг первой оси, может предоставляться посредством вращения, которое должно тормозиться. С этой целью, могут предоставляться генератор электричества и/или гидравлический насос, который

зацепляется с вращением, которое должно тормозиться. Альтернативно, средство для вращения тела вокруг первой оси может содержать средство механического зацепления для зацепления вращения тела вокруг второй оси с вращением тела вокруг первой оси, за счет чего, когда тело вращается вокруг второй оси, тело также вращается вокруг первой оси. В этом случае, средство механического зацепления может содержать средство трансмиссии таким образом, чтобы изменять частоту вращения тела вокруг первой оси.

Абсолютная величина тормозного крутящего момента может регулироваться посредством регулирования частоты вращения тела вокруг первой оси. Когда частота вращения тела вокруг первой оси увеличивается, абсолютная величина тормозного крутящего момента также увеличивается. Когда частота вращения тела вокруг первой оси снижается, абсолютная величина тормозного крутящего момента также снижается.

Тормозное устройство может содержать средство для управления средством для вращения тела вокруг первой оси таким образом, чтобы управлять частотой вращения тела вокруг первой оси.

Тормозное устройство может содержать один или более датчиков для измерения значений одного или более следующих параметров: частота вращения тела вокруг первой оси; частота вращения средства для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси с телом таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело вокруг второй оси; угол альфа; угол бета; абсолютная величина тормозного крутящего момента; частота вращения, которое должно тормозиться.

Тормозное устройство может содержать контроллер с модулем автоматического управления, который управляет одним или более из следующего: частота вращения тела вокруг первой оси; угол альфа; угол бета; и отношение частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения тела вокруг второй оси.

Тормозное устройство может содержать средство для управления абсолютной величиной тормозного крутящего момента. Абсолютная величина тормозного крутящего момента может

управляться посредством управления одним или более из следующего: частота вращения тела вокруг первой оси; угол альфа; и отношение частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения тела вокруг второй оси.

В то время, когда тело вращается вокруг первой оси, если тормозные крутящие моменты не требуются, то угол альфа может задаваться равным 0 градусов, чтобы снимать тормозной крутящий момент. Тем не менее, чтобы уменьшать абсолютные величины внутренних сил, которые возникают в тормозном устройстве, тормозное устройство может содержать средство для перемещения тела в позицию, в которой первая ось и четвертая ось являются параллельными или совпадающими, когда тормозной крутящий момент не требуется, за счет чего уменьшаются абсолютные величины внутренних сил, которые возникают в тормозном устройстве. Средство для перемещения тела в позицию, в которой первая ось и четвертая ось являются параллельными или совпадающими, может задавать углы альфа и бета равными 0 градусов.

Угол альфа может задаваться равным 90 градусов.

Центр массы тела может находиться на четвертой оси. Первая ось, вторая ось, третья ось и четвертая ось могут пересекаться в центре массы тела. Каждая из первой оси, второй оси и третьей оси может быть перпендикулярной другим двум осям.

Тело может быть изготовлено из материала с модулем упругости, превышающим 70 ГПа, например, из жесткого сплава или стали. Тело может быть цилиндрически симметричным. Момент инерции тела вокруг первой оси на единицу массы может быть выше или равным  $(2/5) * R^2$ , где R является радиусом минимальной ограничивающей сферы тела, т.е. наименьшей сферы, содержащей тело. Тело может содержать ступицу, перемычку и кольцеобразную кромку.

При использовании такого тормозного устройства, возможно то, что нежелательные вибрации могут возникать в результате несбалансированных внутренних сил в тормозном устройстве. Эта проблема может разрешаться посредством монтажа тормозного устройства на платформе или ходовой части транспортного средства с использованием подходящих монтажных опор электромотора.

Альтернативно или помимо этого, тормозное устройство может содержать одну или более уравнивающих масс, смонтированных для вращения вокруг четвертой оси. Дополнительный вариант, который может использоваться либо отдельно, либо в сочетании с одним или обоими из вышеуказанных решений, должен заключаться в том, чтобы предоставлять множество таких тормозных устройств, которые монтируются совместно таким образом, чтобы балансировать внутренние силы.

Таким образом, настоящее изобретение может расширяться на сборочный узел из двух или более тормозных устройств вышеуказанного типа, в сочетании со средством для распределения вращения, которое должно тормозиться, в каждое тормозное устройство таким образом, чтобы вращать каждое средство для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси с телом таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело вокруг второй оси на идентичной частоте вращения, но под различными соответствующими фазовыми углами, при этом абсолютные величины несбалансированных сил в сборочном узле уменьшаются, за счет чего вибрации, возникающие в сборочном узле, уменьшаются, и абсолютная величина тормозного крутящего момента, предоставленного посредством сборочного узла, представляет собой сумму тормозных крутящих моментов, предоставленных посредством каждого из тормозных устройств в сборочном узле.

Тормозное устройство может использоваться для торможения любого вращения без непосредственного преобразования кинетической энергии в тепловую энергию. Тормозное устройство не рассеивает тепло в ходе процесса торможения, за исключением тепла, рассеянного в результате сил трения.

В соответствии со вторым аспектом настоящего изобретения, предусмотрен способ формирования тормозного крутящего момента в тормозном устройстве, содержащем первую ось, вторую ось и третью ось, при этом способ содержит: монтаж тела для вращения вокруг первой оси, второй оси и третьей оси; вращение тела вокруг первой оси; при этом тормозное устройство дополнительно содержит четвертую ось, причем первая ось ориентирована относительно

второй оси под углом альфа, который больше 0 градусов, при этом вторая ось ориентирована относительно четвертой оси под углом бета, который больше 0 градусов и меньше 90 градусов, причем третья ось представляет собой ось прецессии, вокруг которой прецессия тела возникает в результате вращения тела вокруг первой оси и приложения крутящего момента к телу вокруг второй оси, при этом второй оси разрешается вращаться вокруг четвертой оси независимо от вращения тела вокруг второй оси, и телу разрешается вращаться вокруг второй оси независимо от вращения второй оси вокруг четвертой оси; соединение вращения, которое должно тормозиться, с четвертой осью таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело вокруг второй оси; за счет чего вращение тела вокруг первой оси и крутящий момент, прикладываемый к телу вокруг второй оси, совместно заставляют тело дополнительно вращаться вокруг третьей оси, тело вращается вокруг первой оси, второй оси и третьей оси одновременно, тем не менее, вращение тела вокруг второй оси и вращение тела вокруг третьей оси наблюдаются, как если тело вращается вокруг четвертой оси, вращение тела вокруг первой оси и вращение тела вокруг третьей оси совместно заставляют тормозной крутящий момент возникать вокруг второй оси; чтобы за счет этого получать тормозной крутящий момент против вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси.

Способ может содержать регулирование абсолютной величины тормозного крутящего момента.

Этап регулирования абсолютной величины тормозного крутящего момента может содержать регулирование одного или более из следующего: частота вращения тела вокруг первой оси; угол альфа; и отношение частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения тела вокруг второй оси.

Способ может содержать снятие тормозного крутящего момента, когда тормозной крутящий момент не требуется. Этап снятия тормозного крутящего момента может содержать перемещение тела в позицию, в которой первая ось и четвертая ось являются параллельными или совпадающими. Этап снятия тормозного крутящего момента может содержать отсоединение вращения, которое должно



тормозиться, от тела. Этап снятия тормозного крутящего момента может содержать регулирование угла альфа и/или угла бета до 0 градусов. Этап снятия тормозного крутящего момента может содержать прекращение вращения тела вокруг первой оси.

В способе, непрерывный, предпочтительно постоянный тормозной крутящий момент может предоставляться против вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси.

Основные пункты формулы изобретения структурированы в преамбуле и отличительной части. Эта структура служит для лучшего понимания предмета формулы изобретения. Распределение признаков в преамбулу и отличительную часть не означает то, что все признаки преамбулы известны, и все признаки отличительной части являются новыми, или наоборот. Значение признаков пунктов формулы изобретения является независимым от того, находятся они в преамбуле или в отличительной части.

Цель ссылок с номерами в формуле изобретения состоит в том, чтобы упрощать понимание формулы изобретения для всех. Они не ограничивают объем формулы изобретения, но они влияют на ее понятность и могут обеспечивать возможность ее выражения более кратко, чем возможно в иных случаях.

Эти, а также дополнительные признаки, аспекты и преимущества изобретения должны лучше восприниматься при прочтении нижеприведенного подробного описания текущих предпочтительных примерных вариантов осуществления, рассматриваемых в сочетании с прилагаемыми чертежами, из которых:

Фиг. 1 является схематичным видом тормозного устройства согласно первому варианту осуществления изобретения;

Фиг. 2 является схематичным видом в частичном поперечном сечении тормозного устройства согласно первому варианту осуществления изобретения;

Фиг. 3 является ориентацией схемы, иллюстрирующей пример первой, второй, третьей и четвертой осей, нормальной линии плоскости, которая содержит вторую ось и четвертую ось, углов альфа, бета и тета;

Фиг. 4 иллюстрирует примерное размещение трубок на

вращательном валу тела согласно варианту осуществления средства для вращения тела вокруг первой оси;

Фиг. 5 показывает вариант осуществления средства для предотвращения вращения средней опоры вокруг второй оси согласно второму варианту осуществления изобретения;

Фиг. 6 показывает вариант осуществления крайней внутренней опоры и вариант осуществления средства для вращения крайней внутренней опоры согласно третьему варианту осуществления изобретения;

Фиг. 7 показывает вариант осуществления средства для уменьшения влияния сил трения и варианта осуществления средства для распределения силы между двумя точками приложения силы средства вращательного соединения;

Фиг. 8 является подробным видом фиг. 7;

Фиг. 9 показывает вариант осуществления средства вращательного соединения;

Фиг. 10 показывает вариант осуществления средства для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси с телом таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело вокруг второй оси;

Фиг. 11 иллюстрирует примерное размещение лопастей и форсунок согласно варианту осуществления средства для вращения тела вокруг первой оси;

Фиг. 12 показывает вариант осуществления средства для вращения тела вокруг первой оси;

Фиг. 13 показывает вариант осуществления сборочного узла тормозных устройств; и

Фиг. 14 является схемой, иллюстрирующей относительные ориентации тел в варианте осуществления сборочного узла тормозных устройств в конкретный момент.

Настоящее изобретение не ограничено текущими предпочтительными примерными вариантами осуществления, описанными ниже, и соответствующие модификации могут вноситься без изменения сущности изобретения.

Ссылаясь на фиг. 1 и фиг. 2, тормозное устройство 1 согласно первому предпочтительному варианту осуществления

изобретения содержит тело 2 в форме сплошного цилиндрического колеса, которое монтируется коаксиально на вращательном валу 3 для вращения вместе с ним вокруг первой оси 101. Вращательный вал 3 монтируется во внутренней опоре 4 посредством внутренних подшипников 5. Внутренняя опора 4 монтируется для вращения вокруг второй оси 102 в средней опоре 6 посредством средних подшипников 7. Средняя опора 6 монтируется для вращения вокруг пятой оси 105 во внешней опоре 8 посредством внешних подшипников 9, и внешняя опора 8, в свою очередь, монтируется для вращения вокруг шестой оси 106 в раме 10 посредством подшипников 11 рамы. Тип подшипников в тормозном устройстве 1 может представлять собой тип гидравлических подшипников. Текучая среда может содержать жидкие и/или газообразные текучие среды.

Тормозное устройство 1 используется для того, чтобы тормозить вращение, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси 104. Четвертая ось 104 может иметь любую требуемую ориентацию. Вторая ось 102 ориентирована относительно четвертой оси 104 под углом  $\beta$  бета. Первая ось 101 ориентирована относительно второй оси 102 под углом  $\alpha$  альфа. Шестая ось 106 является практически перпендикулярной четвертой оси 104, и пятая ось 105 является практически перпендикулярной шестой оси 106. Чтобы получать тормозной крутящий момент, угол  $\alpha$  альфа должен задаваться равным значению, которое больше 0 градусов, и угол  $\beta$  бета должен задаваться равным значению, которое больше 0 градусов и меньше 90 градусов. Третья ось 103 задается как ось прецессии, вокруг которой прецессия тела 2 возникает в результате вращения тела 2 вокруг первой оси 101 и приложения крутящего момента к телу 2 вокруг второй оси 102. Другими словами, в то время, когда тело 2 вращается вокруг первой оси 101, если крутящий момент прикладывается к телу 2 вокруг второй оси 102, тело 2 начинает прецессирование вокруг третьей оси 103, которая представляет собой первую ось 101, начинает вращение вокруг третьей оси 103. Третья ось 103 является перпендикулярной как первой оси 101, так и второй оси 102. Первая ось 101, вторая ось 102, третья ось 103 и четвертая ось 104 практически

пересекаются в центре массы тела 2. Примерная ориентация осей показана на фиг. 4.

Поскольку тормозной крутящий момент не существует, когда угол бета  $\beta$  составляет 0 градусов или 90 градусов, значения угла  $\beta$  бета, которые являются близкими к 0 градусов или 90 градусов, могут приводить к уменьшению абсолютной величины тормозного крутящего момента, в силу чего эти значения могут не быть предпочтительными.

Прочность тела 2 и распределение плотности тела 2 может влиять на абсолютную величину тормозного крутящего момента. Форма тела 2 может отличаться от сплошного цилиндрического колеса. Тело 2 может содержать ступицу, перемычку и кромку кольцевой формы. Форма тела 2 может быть такой, что момент инерции тела 2 вокруг первой оси 101 на единицу массы выше или равен  $(2/5) * R^2$ , где R является радиусом минимальной ограничивающей сферы тела 2. Минимальная ограничивающая сфера задается как наименьшая сфера, которая содержит тело 2. Тело 2 также может быть изготовлено из материала с модулем упругости, превышающим 70 ГПа. Первая ось 101 может быть ориентирована относительно тела 2 таким образом, что момент инерции тела 2 вокруг первой оси 101 существенно максимизируется.

Тело 2 вращается вокруг первой оси 101 посредством текучей среды под давлением. С этой целью, тело 2 содержит одну или более трубок 12 для текучей среды, смонтированных на вращательном валу 3, направленных радиально наружу из центра вращательного вала 3. Помимо этого, тормозное устройство 1 содержит гидравлический насос 14 и средство (не показано) для транспортировки текучей среды под давлением в трубки 12, смонтированные на вращательном валу 3. Предусмотрен канал для текучей среды, расположенный во вращательном валу 3. Текучая среда, входящая в этот канал, указывается посредством аксиально размещенных стрелок, как можно видеть на фиг. 4. Средство (не показано) для транспортировки текучей среды под давлением в трубки 12 может содержать одно или более из следующего: трубки; трубы, шланги, каналы и поворотные шарниры. Мощность, требуемая

для гидравлического насоса 14, может предоставляться посредством внешнего источника мощности или посредством вращения, которое должно тормозиться. Форсунки трубок 12 ориентированы таким образом, что по мере того, как текучая среда под давлением выходит из форсунок, реакция текучей среды прикладывает крутящий момент к телу 2 таким образом, чтобы вращать тело 2 вокруг первой оси 101. Для увеличения абсолютной величины крутящего момента, прикладываемого к телу 2 вокруг первой оси 101, предпочтительно, если форсунки ориентированы в касательном направлении к телу 2. Абсолютная величина крутящего момента, прикладываемого к телу 2 вокруг первой оси 101, может управляться посредством управления расходом текучей среды.

Тело 2 может содержать другой набор трубок 13 для текучей среды, форсунки которых ориентированы таким образом, чтобы прикладывать крутящий момент к телу 2 вокруг первой оси 101 в противоположном направлении. В этом случае, транспортировка текучей среды в этот набор трубок 13 приводит к замедлению тела 2 вокруг первой оси 101. Клапан может предоставляться с возможностью переключать текучую среду между первым набором трубок 12 и вторым набором трубок 13. Примерное размещение первого набора трубок 12 и второго набора трубок 13 показано на фиг. 4. Стрелки на фиг. 4 указывают направление потока текучей среды для этого конкретного примера. Вместо трубок, аналогично сформированные каналы могут предоставляться в теле 2.

Ссылаясь на фиг. 1, фиг. 2 и фиг. 5, например, тормозное устройство 1 содержит средство 16 вращательного соединения, которое используется для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси 104 с телом 2 таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело 2 вокруг второй оси 102. Средство 16 вращательного соединения жестко соединяется с валом 17, который монтируется для вращения вокруг четвертой оси 104 посредством подшипников 18 средства вращательного соединения. Вал 17 средства 16 вращательного соединения вдоль четвертой оси 104 зацепляется с вращением, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси 104. Средство 16 вращательного соединения имеет форму кольца. На средстве 16

вращательного соединения, предусмотрено две симметричных прорези 20 относительно четвертой оси 104. Внутренняя опора 4 содержит два штифта 21 в форме сплошной сферы, которые ориентированы вдоль третьей оси 103. Каждый из двух штифтов 21 поддерживается посредством скользящей части 19 для сферического движения. Каждая скользящая часть 19 выполнена с возможностью проскальзывать в одной из прорезей 20 на средстве 16 вращательного соединения. Эта компоновка обеспечивает возможность вращения внутренней опоры 4 вокруг третьей оси 103 относительно средства 16 вращательного соединения. Ориентации прорезей 20 определяются таким образом, что внутренней опоре 4 разрешается вращаться ограниченным способом вокруг восьмой оси 108 относительно средства 16 вращательного соединения. Восьмая ось 108 задается как ось, которая является перпендикулярной как третьей оси 103, так и четвертой оси 104 и проходит через центр массы тела 2. Размер и местоположения прорезей 20 также определяются таким образом, что полное вращение второй оси 102 вокруг четвертой оси 104 разрешается в то время, когда средство 16 вращательного соединения поддерживается стационарным. Предпочтительно, если абсолютные величины сил трения между скользящими частями 19 и соответствующими прорезями 20 и между штифтами 21 и соответствующими скользящими частями 19 являются максимально возможно небольшими. В этой компоновке, если тело 2 первоначально является стационарным, вращение средства 16 вращательного соединения заставляет тело 2 вращаться вокруг второй оси 102.

Вследствие допусков изготовления, может возникать разность абсолютных величин сил, прикладываемых посредством средства 16 вращательного соединения к внутренней опоре 4 через эти два штифта 21. Чтобы уменьшать эту разность, штифты 21 могут монтироваться на внутренней опоре 4 упруго таким образом, чтобы обеспечивать возможность небольшого перемещения штифтов 21 относительно внутренней опоры 4. Это предоставляет более уравновешенное распределение сил, прикладываемых через эти два штифта 21, в силу этого уменьшая результирующую силу на центре тела 2.

Тормозное устройство 1 также может содержать муфту для расцепления вращения, которое должно тормозиться, от средства 16 вращательного соединения, когда тормозной крутящий момент не требуется. Дополнительно, трансмиссия может предоставляться с возможностью изменять отношение частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения средства 16 вращательного соединения вокруг четвертой оси 104. В этом случае, входной вал трансмиссии зацепляется с вращением, которое должно тормозиться, и выходной вал зацепляется с валом 17 средства 16 вращательного соединения. Поскольку средство 16 вращательного соединения соединяет вращение, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси 104 с телом 2 таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело 2 вокруг второй оси 102, трансмиссия также обеспечивает возможность изменять частоту вращения тела 2 вокруг второй оси 102, тогда как частота вращения, которое должно тормозиться, является постоянной.

Ссылаясь на фиг. 1, фиг. 2 и фиг. 12, например, тормозное устройство 1 также содержит средство для управления углом  $\beta$  бета. Средство для управления углом  $\beta$  бета содержит рычаг 22, который называется "ограничивающим рычагом 22". Ограничивающий рычаг 22 содержит два стержня, которые жестко соединяются между собой таким образом, что угол между осью, вдоль которой ориентирован первый стержень 23, и осью, вдоль которой ориентирован второй стержень 24, имеет требуемое значение для угла  $\beta$  бета. Ограничивающий рычаг 22 монтируется на тормозном устройстве 1 таким образом, что первый стержень 23 лежит вдоль четвертой оси 104 и поддерживается для вращения вокруг четвертой оси 104 посредством первых подшипников 25 ограничивающего рычага рамы 10; и второй стержень 24 лежит вдоль второй оси 102 и поддерживается для вращения вокруг второй оси 102 посредством вторых подшипников 26 ограничивающего рычага внутренней опоры 4. Эта компоновка обеспечивает то, что движение второй оси 102 ограничено таким образом, чтобы поддерживать угол  $\beta$  бета постоянным с выбранным значением при разрешении второй оси 102 вращаться вокруг четвертой оси 104.

Средство для управления углом  $\beta$  бета дополнительно может содержать актуатор, чтобы регулировать угол бета  $\beta$ . В этом случае, ограничивающий рычаг 22 может содержать гидравлический цилиндр таким образом, что гильза цилиндра шарнирно соединяется с первым стержнем 23, и поршневой стержень цилиндра шарнирно соединяется со вторым стержнем 24. Эта компоновка обеспечивает возможность управления углом  $\beta$  бета посредством регулирования длины хода поршневого стержня.

Тормозное устройство 1 предпочтительно содержит датчики для измерения значений: частоты вращения тела 2 вокруг первой оси 101; частоты вращения средства 16 вращательного соединения; угла  $\beta$  бета; частоты вращения, которое должно тормозиться.

Тормозное устройство 1 содержит модуль 27 автоматического управления (например, как можно видеть на фиг. 1 и фиг. 2), который используется для того, чтобы предоставлять различные рабочие режимы. В зависимости от области применения, модуль 27 автоматического управления получает различные входные сигналы из различных датчиков тормозного устройства 1 и задает параметры устройства, такие как частота вращения тела 2 вокруг первой оси 101, абсолютная величина тормозного крутящего момента, угол  $\beta$  бета и отношение частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения тела 2 вокруг второй оси 102. Модуль 27 автоматического управления также может управлять абсолютной величиной тормозного крутящего момента таким образом, чтобы поддерживать частоту вращения, которое должно тормозиться, практически постоянной с требуемым значением (например, чтобы поддерживать скорость транспортного средства, движущегося на спуске, практически постоянной с требуемым значением).

Чтобы управлять абсолютной величиной тормозного крутящего момента, модуль 27 автоматического управления управляет частотой вращения тела 2 вокруг первой оси 101 и/или частоты вращения тела 2 вокруг второй оси 102. Частота вращения тела 2 вокруг второй оси 102 может управляться посредством изменения отношения частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения средства 16 вращательного соединения вокруг четвертой оси 104,



т.е. посредством изменения передаточного отношения трансмиссии.

Модуль 27 автоматического управления также может управлять тормозным устройством 1 таким образом, чтобы снимать тормозной крутящий момент для вращения, которое должно тормозиться, когда тормозной крутящий момент не требуется. Тормозной крутящий момент может сниматься с использованием, по меньшей мере, одного из следующего: (i) прекращение вращения тела 2 вокруг первой оси 101, (ii) задание угла  $\beta$  бета равным 0 градусов или 90 градусов, (iii) расцепление вращения, которое должно тормозиться, от средства 16 вращательного соединения. Тем не менее, тормозной крутящий момент не может полностью сниматься посредством задания угла  $\beta$  бета равным 0 градусов или 90 градусов вследствие возможных вибраций и деформаций, возникающих в тормозном устройстве 1, которые вызываются посредством внутренних сил.

До описания работы тормозного устройства 1, представляется дополнительное определение угла. Нормальная линия плоскости, которая содержит вторую ось 102 и четвертую ось 104, задается как линия, которая является ортогональной к этой плоскости и проходит через центр массы тела 2. Угол  $\theta$  тета задается как острый угол (или возможно прямой угол) между первой осью 101 и нормальной линией плоскости, которая содержит вторую ось 102 и четвертую ось 104.

При работе тормозного устройства 1, тело 2 сначала принудительно вращается вокруг первой оси 101 посредством транспортировки текучей среды под давлением, полученной из гидравлического насоса 14, в трубки 12 на вращательном валу тела 2. Когда вращение, которое должно тормозиться, зацепляется со средством 16 вращательного соединения, средство 16 вращательного соединения соединяет вращение, которое должно тормозиться, с телом 2 таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело 2 вокруг второй оси 102. Таким образом, через средство 16 вращательного соединения, крутящий момент прикладывается к телу 2 вокруг второй оси 103 таким образом, чтобы вращать тело 2 вокруг второй оси 102. Сначала, крутящий момент, прикладываемый к телу 2 вокруг второй оси 102,

заставляет тело 2 вращаться вокруг второй оси 102 таким образом, что угол  $\theta$  тета становится меньше 90 градусов, если это уже не так. Другими словами, первая ось 101 более не находится в плоскости, которая содержит вторую ось 102 и четвертую ось 104. Это обеспечивает возможность телу 2 иметь ограниченную свободу вращения вокруг третьей оси 103 таким образом, что тело 2 имеет возможность вращаться вокруг третьей оси 103. В результате (i) вращения тела 2 вокруг первой оси 101 и (ii) крутящего момента, прикладываемого к телу 2 вокруг второй оси 102, тело 2 начинает вращение вокруг третьей оси 103. В литературе это вращение известно как прецессия. Таким образом, тело 2 вращается вокруг первой оси 101, второй оси 102 и третьей оси 103 одновременно. Тем не менее, вращение тела 2 вокруг второй оси 102 и вращение тела 2 вокруг третьей оси 103 наблюдаются, как если тело 2 вращается вокруг четвертой оси 104. Другими словами, тело 2 не вращается вокруг четвертой оси 104; и наблюдаемое вращение тела 2 вокруг четвертой оси 104 фактически является результатом вращения тела 2 вокруг как второй оси 102, так и третьей оси 103. Вращение тела 2 вокруг первой оси 101 и вращение тела 2 вокруг третьей оси 103 совместно заставляют тормозной крутящий момент возникать вокруг второй оси 102. Тормозной крутящий момент вокруг второй оси 102 передается назад во вращение, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси 104 посредством средства 16 вращательного соединения. В ходе работы тормозного устройства 1, угол  $\theta$  тета остается постоянным со значением меньше 90 градусов при условии, что параметры тормозного устройства 1 поддерживаются постоянными. Значение угла  $\theta$  тета зависит от параметров тормозного устройства 1. Следовательно, тормозное устройство 1 предоставляет непрерывный тормозной крутящий момент против вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси 104.

Ссылаясь на фиг. 5, во втором предпочтительном варианте осуществления, внешняя опора 8 не используется, и средняя опора 6 монтируется для сферического движения в раме 10 посредством гидравлических подшипников. Тем не менее, для надлежащего

функционирования средства 16 вращательного соединения, вращение средней опоры 6 вокруг второй оси 102 должно предотвращаться при разрешении вращения второй оси 102 вокруг четвертой оси 104. Это может достигаться, например, посредством предоставления направляющего механизма, содержащего направляющий штифт 28, присоединенный к средней опоре 6, и направляющий рычаг 30, один конец которого шарнирно монтируется на раме 10, и другой конец которого шарнирно монтируется на направляющем штифте 28 средней опоры 6. Чтобы монтировать направляющий рычаг 30 на направляющем штифте 28, линейная направляющая прорезь 29 предоставляется на раме 10. Направляющий штифт 28 расположен в этой направляющей прорези 29, направляющий рычаг 30 предпочтительно содержит некоторый упругий материал таким образом, чтобы ослаблять возможные вибрации. Форма и местоположение направляющего штифта 28, направляющего рычага 30 и направляющей прорези 29 могут отличаться от формы и местоположения, показанных на фиг. 5, при условии, что вращение средней опоры 6 вокруг второй оси 102 предотвращается при разрешении вращения второй оси 102 вокруг четвертой оси 104. Следует отметить, что фиг. 5 предоставляется для иллюстрации частей, которые являются конкретными для этого варианта осуществления.

Вместо использования направляющего рычага 30, движение направляющего штифта 28 также может ограничиваться только посредством направляющей прорези 29. В этом случае, направляющий штифт 28 может поддерживаться для вращения посредством скользящей части для сферического движения. Скользящая часть может быть выполнена с возможностью проскальзывать в направляющей прорези 29. Предпочтительно, если абсолютные величины сил трения между скользящей частью и прорезью 29 и между направляющим штифтом 28 и скользящей частью являются максимально возможно небольшими.

Следует отметить, что если силы трения против вращения средней опоры 6 вокруг второй оси 102 гарантированно выше сил трения против вращения второй оси 102 вокруг четвертой оси 104, вышеуказанный направляющий механизм может не требоваться. В этом случае вращение средней опоры 6 вокруг второй оси 102

предотвращается посредством сил трения. Тем не менее, это не может быть надежным, в силу чего может быть предпочтительным использовать вышеуказанный направляющий механизм.

В третьем предпочтительном варианте осуществления, крайняя внутренняя опора 31 предоставляется, как проиллюстрировано на фиг. 6. Вместо монтажа вращательного вала 3 тела 2 во внутренней опоре 4 посредством внутренних подшипников 5, аналогично предыдущим вариантам осуществления, в этом варианте осуществления, вращательный вал 3 тела 2 монтируется для вращения вокруг первой оси 101 в крайней внутренней опоре 31 посредством крайних внутренних подшипников 32. Крайняя внутренняя опора 31, в свою очередь, монтируется для вращения вокруг седьмой оси 107 во внутренней опоре 4, например, посредством направляющей системы с опорными роликами или гидравлического подшипника. Седьмая ось 107 представляет собой ось таким образом, что вращение крайней внутренней опоры 31 вокруг седьмой оси 107 вызывает изменение угла  $\alpha$  альфа. Тем не менее, седьмая ось 107 предпочтительно является идентичной третьей оси 103. Тормозное устройство 1 также содержит актуатор 33 для вращения крайней внутренней опоры 31 вокруг седьмой оси 107 во внутренней опоре 4. Актуатор 33, например, может представлять собой электромотор или гидравлический цилиндр, или пневматический цилиндр. Угол  $\alpha$  альфа может регулироваться посредством управления актуатором 33. Следовательно, в этом варианте осуществления, абсолютная величина тормозного крутящего момента может регулироваться посредством регулирования угла  $\alpha$  альфа. Кроме того, в сочетании со средством для управления углом  $\beta$  бета, можно перемещать тело 2 в позицию, в которой первая ось 101 и четвертая ось 104 являются параллельными или совпадающими, когда тормозной крутящий момент не требуется. Чтобы достигать этого, модуль 27 автоматического управления может задавать как угол  $\alpha$  альфа, так и угол  $\beta$  бета равными 0 градусов, что приводит к уменьшению абсолютных величин внутренних сил, которые возникают в тормозном устройстве 1, когда тормозной крутящий момент не требуется. Следует отметить, что фиг. 6

предоставляется для иллюстрации частей, которые являются конкретными для этого варианта осуществления.

Ссылаясь на фиг. 7, предпочтительный вариант осуществления средства для уменьшения влияния сил трения, которые возникают на контактных поверхностях средства 16 вращательного соединения и в конструкции, через которую средство 16 вращательного соединения прикладывает крутящий момент к телу 2, содержит две идентичных конструкции, которые монтируются симметрично относительно четвертой оси 104. Каждая конструкция содержит цилиндр 34 и кожух 35, при этом гильза цилиндра 34 шарнирно монтируется на средстве 16 вращательного соединения, и поршневой стержень цилиндра 34 шарнирно монтируется на кожухе 35. Цилиндры 34 могут быть гидравлическими или пневматическими. Вместо цилиндров 34 также может использоваться другой вид актуаторов. Каждый из кожухов 35 имеет такую конструкцию, что он проскальзывает внутри одной из прорезей 20 средства 16 вращательного соединения, а также поддерживает один из сферических штифтов 21 внутренней опоры 4 для сферического движения. В этой компоновке, выдвижение одного из цилиндров 34 и втягивание другого цилиндра 34 заставляет внутреннюю опору 4 вращаться вокруг восьмой оси 108. Вращение внутренней опоры 4 вокруг восьмой оси 108 вызывает изменение угла  $\theta$  тета. Таким образом, посредством управления длиной хода цилиндров 34, может регулироваться угол  $\theta$  тета.

В ходе работы тормозного устройства 1, угол  $\theta$  тета остается постоянным со значением, которое меньше 90 градусов при условии, что параметры тормозного устройства 1 поддерживаются постоянными. Силы трения между скользящими частями 19, соединенными со штифтами 21 внутренней опоры 4 (или, в частности, кожухами 35 в этом конкретном варианте осуществления) и соответствующими прорезями 20 средства 16 вращательного соединения позволяют предотвращать замедление посредством тела 2 позиции с меньшим значением угла  $\theta$  тета. Это может приводить к уменьшению абсолютной величины тормозного крутящего момента. Чтобы предотвращать или уменьшать это влияние сил трения, внутренняя опора 4 может вращаться вокруг восьмой оси 108 таким

образом, чтобы переводить тело 2 в позицию с требуемым значением угла  $\theta$  тета, которое меньше предыдущего значения. Следует отметить, что вращение внутренней опоры 4 вокруг восьмой оси 108 в таком направлении, чтобы снижать угол  $\theta$  тета, не должно предотвращаться. Тем не менее, цилиндры 34 могут управляться таким образом, чтобы предотвращать вращение внутренней опоры 4 вокруг восьмой оси 108 в таком направлении, чтобы увеличивать угол  $\theta$  тета с требуемым значением угла  $\theta$  тета.

Альтернативно, вместо использования цилиндров 34, размер и местоположения прорезей 20 средства 16 вращательного соединения могут определяться таким образом, что вращение внутренней опоры 4 вокруг восьмой оси 108 в таком направлении, чтобы увеличивать угол  $\theta$  тета, предотвращается с требуемым значением угла  $\theta$  тета. Это также может достигаться посредством механического упора, размещенного на средстве 16 вращательного соединения, ограничивающего движение, по меньшей мере, одной из скользящих частей 19, соединенных со штифтами 21 внутренней опоры 4 в соответствующих прорезях 20 средства 16 вращательного соединения. Обнаружено, что меньшие значения угла  $\theta$  тета могут предоставлять увеличение абсолютной величины тормозного крутящего момента, а также уменьшение величины вибраций, возникающих в тормозном устройстве 1.

Ссылаясь на фиг. 7 и 8, предпочтительный вариант осуществления средства для распределения сил между двумя точками приложения силы средства 16 вращательного соединения таким образом, чтобы уменьшать результирующую силу на центре массы тела 2, содержит два идентичных цилиндра 36. Каждый цилиндр 36 монтируется на одном из кожухов 35 таким образом, что гильза цилиндра 36 жестко монтируется на внутренней поверхности кожуха 35, и поршневой стержень цилиндра 36 предпочтительно со сферической поверхностью находится в контакте со сферическим штифтом 21 внутренней опоры 5 таким образом, что штифт 21 поддерживается для сферического движения. Нижние камеры двух цилиндров 36 соединяются с замкнутым контуром, при этом силы, прикладываемые посредством двух цилиндров 36, равны. Этот

механизм обеспечивает то, что абсолютные величины сил, прикладываемых посредством средства 16 вращательного соединения к двум штифтам 21 внутренней опоры 4, практически равны. Это предоставляет уменьшение абсолютной величины результирующей силы на центре массы тела 2.

Ссылаясь на фиг. 9, в другом предпочтительном варианте осуществления средства 16 вращательного соединения, ориентации двух прорезей 20 средства 16 вращательного соединения вращаются вокруг девятой оси 109 на угол  $\gamma$  гамма. Девятая ось 109 задается как ось, которая является перпендикулярной как четвертой оси 104, так и восьмой оси 108 и проходит через центр массы тела 2. Таким образом, в этой компоновке, внутренней опоре 4 разрешается вращаться ограниченным способом относительно средства 16 вращательного соединения вокруг одиннадцатой оси 111 вместо восьмой оси 108. Одиннадцатая ось 111 представляет собой ось, которая формируется посредством вращения восьмой оси 108 вокруг девятой оси 109 на угол  $\gamma$  гамма. Направление вращения ориентаций прорезей 20 предпочтительно определяется таким образом, что средство 16 вращательного соединения дополнительно вызывает снижение угла  $\theta$  тета. Абсолютная величина этого эффекта может изменяться посредством изменения значения угла  $\gamma$  гамма.

Ссылаясь на фиг. 10, другой предпочтительный вариант осуществления средства для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси 104 с телом 2 таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело 2 вокруг второй оси 102, содержит источник 37 мощности, расходуемой на движение. Часть статора источника 37 мощности, расходуемой на движение, жестко соединяется со средней опорой 6, и часть ротора источника 37 мощности, расходуемой на движение, жестко соединяется с внутренней опорой 4. В этой компоновке, вращение части статора источника 37 мощности, расходуемой на движение, вокруг второй оси 102 предотвращается. Таким образом, при приведении в действие, источник 37 мощности, расходуемой на движение, прикладывает крутящий момент к телу 2 вокруг второй оси 102 через внутреннюю опору 4. Источник 37 мощности,

расходуемой на движение, например, может представлять собой электромотор или гидравлический мотор, или пневматический мотор. Мощность, требуемая для источника 37 мощности, расходуемой на движение, предоставляется посредством вращения, которое должно тормозиться. С этой целью, предоставляется генератор электричества или гидравлический насос, который зацепляется с вращением, которое должно тормозиться. Мощность, полученная из генератора электричества или гидравлического насоса, может передаваться в источник 37 мощности, расходуемой на движение, посредством электрических проводов или средств транспортировки текучей среды, таких как шланги, трубы и трубки и поворотный шарнир, который монтируется для вращения вокруг четвертой оси 104 в раме 10.

Ссылаясь на фиг. 11, в другом предпочтительном варианте осуществления средства для вращения тела 2 вокруг первой оси 101, тормозное устройство 1 содержит тело 2 с набором лопаток 38, набором из двух форсунок 39, присоединенных к внутренней опоре 4, гидравлическим насосом 14 и средством (не показано) для транспортировки текучей среды под давлением в форсунки, присоединенные к внутренней опоре 4. Ориентации двух форсунок 39 и форма лопастей 38 определяются таким образом, что когда текучая среда под давлением выпускается на лопасти 38 тела 2, текучая среда заставляет крутящий момент прикладываться к телу 2 вокруг первой оси 101 таким образом, чтобы ускорять тело 2 вокруг первой оси 101. Абсолютная величина крутящего момента, прикладываемого к телу 2 вокруг первой оси 101, может управляться посредством управления расходом текучей среды. Второй набор форсунок (не показаны на фиг. 11) также может предоставляться таким образом, чтобы прикладывать крутящий момент к телу 2 вокруг первой оси 101 в противоположном направлении, т.е. таким образом, чтобы замедлять тело 2 вокруг первой оси 101. Клапан может предоставляться с возможностью переключать текучую среду между первым и вторым набором форсунок.

Ссылаясь на фиг. 12, другой предпочтительный вариант осуществления средства для вращения тела 2 вокруг первой оси 101



содержит закрепленную внешнюю шестерню 40, внутреннюю шестерню 41, трансмиссию 42, первую коническую шестерню 43 и вторую коническую шестерню 44. Закрепленная внешняя шестерня 40 жестко соединяется со средней опорой 6 и вводится в зацепление с внутренней шестерней 41. Внутренняя шестерня 41 зацепляется с входным валом трансмиссии 42. Первая коническая шестерня 43 зацепляется с выходным валом трансмиссии 42. Вторая коническая шестерня 44 зацепляется с вращательным валом 3 тела 2, а также вводится в зацепление с первой конической шестерней 43. Этот механизм зацепляет вращение тела 2 вокруг второй оси 102 с вращением тела 2 вокруг первой оси 101 таким образом, что когда тело 2 вращается вокруг второй оси 102, тело 2 также вращается вокруг первой оси 101. Трансмиссия 42 используется для того, чтобы изменять отношение частоты вращения тела 2 вокруг второй оси 102 к частоте вращения тела 2 вокруг первой оси 101. Трансмиссия 42 может иметь фиксированное передаточное отношение или переменное передаточное отношение. Передаточное отношение трансмиссии 42 может управляться посредством модуля 27 автоматического управления таким образом, чтобы изменять частоту вращения тела 2 вокруг первой оси 101.

В другом предпочтительном варианте осуществления средства для вращения тела 2 вокруг первой оси 101, источник мощности, расходуемой на движение, предоставляется таким образом, чтобы вращать тело 2 вокруг первой оси 101. Источник мощности, расходуемой на движение, например, может представлять собой электромотор или гидравлический мотор, или пневматический мотор. Мощность, требуемая для источника мощности, расходуемой на движение, может предоставляться посредством внешнего источника мощности или посредством вращения, которое должно тормозиться.

В четвертом, альтернативном варианте осуществления, по меньшей мере, одна из первой, второй, третьей или четвертой осей не проходит через центр массы тела 2.

Ссылаясь на фиг. 13, предоставляется вариант осуществления сборочного узла 45 тормозных устройств 1. Сборочный узел 45 содержит четыре идентичных тормозных устройства 1, размещаемые в

матрице  $2 \times 2$ . Рамы 10 тормозных устройств 1 жестко соединяются между собой, к примеру, четвертые оси 104 тормозных устройств 1 являются практически параллельными между собой. Сборочный узел 45 дополнительно содержит средство 46 для распределения вращения вокруг десятой оси 110 в каждое тормозное устройство 1 таким образом, что вал 47 средства 46 для распределения вращения зацепляется с валом 17 средства 16 вращательного соединения каждого тормозного устройства 1 таким образом, чтобы заставляя средство 16 вращательного соединения каждого тормозного устройства 1 вращаться на идентичной частоте вращения, но под различным соответствующим фазовым углом. Десятая ось 110, может представлять собой любую ось, которая является практически параллельной четвертым осям 104 тормозных устройств 1. Вращение, которое должно тормозиться, зацепляется с валом 47 средства 46 для распределения вращения. Средство 46 для распределения вращения может содержать один или более механизмов с цепной звездочкой, механизмов со шкивом ременной передачи или зубчатых механизмов. Фазовые углы в этом варианте осуществления равномерно разнесены, чтобы уменьшать абсолютную величину внутреннего результирующего крутящего момента. Например, если фазовый угол верхнего левого тормозного устройства 1 предположительно должен составлять 0 градусов, фазовый угол нижнего левого тормозного устройства должен составлять 90 градусов, фазовый угол нижнего правого тормозного устройства должен составлять 180 градусов, и фазовый угол верхнего правого тормозного устройства должен составлять 270 градусов. Относительные ориентации тел 2 тормозных устройств 1 в конкретный момент проиллюстрированы на фиг. 14. Средство 46 для распределения вращения обеспечивает то, что вращения средств 16 вращательного соединения тормозных устройств 1 синхронизируются таким образом, чтобы сохранять относительные ориентации тел 2 тормозных устройств 1. Эта компоновка уменьшает вибрации, возникающие в сборочном узле 45. Абсолютная величина тормозного крутящего момента, предоставленного посредством сборочного узла 45, представляет собой сумму тормозных крутящих моментов,

предоставленных посредством каждого из тормозных устройств 1 в сборочном узле 45.

Перечень ссылочных позиций

- 1 - тормозное устройство
- 2 - тело
- 3 - вращательный вал
- 4 - внутренняя опора
- 5 - внутренние подшипники
- 6 - средняя опора
- 7 - средние подшипники
- 8 - внешняя опора
- 9 - внешние подшипники
- 10 - рама
- 11 - подшипники рамы
- 12 - первый набор трубок для текучей среды
- 13 - второй набор трубок для текучей среды
- 14 - гидравлический насос
- 16 - средство вращательного соединения
- 17 - вал средства вращательного соединения
- 18 - подшипники средства вращательного соединения
- 19 - скользящая часть
- 20 - прорези средства вращательного соединения
- 21 - сферические штифты
- 22 - ограничивающий рычаг
- 23 - первый стержень ограничивающего рычага
- 24 - второй стержень ограничивающего рычага
- 25 - первые подшипники ограничивающего рычага
- 26 - вторые подшипники ограничивающего рычага
- 27 - модуль автоматического управления
- 28 - направляющий штифт
- 29 - направляющая прорезь
- 30 - направляющий рычаг
- 31 - крайняя внутренняя опора
- 32 - крайние внутренние подшипники
- 33 - актуатор для вращения крайней внутренней опоры
- 34 - цилиндры средства для уменьшения влияния сил трения

- 35 - кожухи
- 36 - цилиндры средства для распределения силы
- 37 - источник мощности, расходуемой на движение
- 38 - лопасти тела
- 39 - форсунки
- 40 - внешняя шестерня
- 41 - внутренняя шестерня
- 42 - трансмиссия
- 43 - первая коническая шестерня
- 44 - вторая коническая шестерня
- 45 - сборочный узел тормозных устройств
- 46 - средство для распределения вращения
- 47 - вал средства для распределения вращения
- 101 - первая ось
- 102 - вторая ось
- 103 - третья ось
- 104 - четвертая ось
- 105 - пятая ось
- 106 - шестая ось
- 107 - седьмая ось
- 108 - восьмая ось
- 109 - девятая ось
- 110 - десятая ось
- 111 - одиннадцатая ось
- $\alpha$  - угол альфа
- $\beta$  - угол бета
- $\gamma$  - угол гамма
- $\theta$  - угол тета

N - нормальная линия плоскости, которая содержит вторую ось  
и четвертую ось

**ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Тормозное устройство (1), содержащее:

тело (2), смонтированное для вращения вокруг первой оси (101);

средство (12, 13, 14, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44) для вращения тела (2) вокруг первой оси (101);

**отличающееся тем, что:**

тормозное устройство (1) содержит вторую ось (102), третью ось (103) и четвертую ось (104), причем тормозное устройство (1) выполнено с возможностью обеспечения дополнительного вращения тела (2) вокруг второй оси (102) и третьей оси (103), при этом первая ось (101) ориентирована относительно второй оси (102) под углом ( $\alpha$ ) альфа, который больше 0 градусов, причем вторая ось (102) ориентирована относительно четвертой оси (104) под углом ( $\beta$ ) бета, который больше 0 градусов и меньше 90 градусов, при этом третья ось (103) представляет собой ось прецессии, вокруг которой возникает прецессия тела (2) в результате вращения тела (2) вокруг первой оси (101) и приложения крутящего момента к телу (2) вокруг второй оси (102), при этом второй оси (102) разрешается вращаться вокруг четвертой оси (104) независимо от вращения тела (2) вокруг второй оси (102), и телу (2) разрешается вращаться вокруг второй оси (102) независимо от вращения второй оси (102) вокруг четвертой оси (104);

причем тормозное устройство (1) дополнительно содержит:

средство (16, 37) для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104) с телом (2) таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело (2) вокруг второй оси (102),

за счет чего вращение тела (2) вокруг первой оси (101) и крутящий момент, прикладываемый к телу (2) вокруг второй оси (102), совместно заставляют тело (2) дополнительно вращаться вокруг третьей оси (103), при этом тело (2) вращается вокруг первой оси (101), второй оси (102) и третьей оси (103) одновременно, причем вращение тела (2) вокруг первой оси (101) и вращение тела (2) вокруг третьей оси (103) совместно заставляют

тормозной крутящий момент возникать вокруг второй оси (102);

чтобы за счет этого получать тормозной крутящий момент против вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104).

2. Тормозное устройство (1) по п. 1, дополнительно содержащее внутреннюю опору (4), среднюю опору (6) и раму (10).

3. Тормозное устройство (1) по п. 2, дополнительно содержащее внешнюю опору (8), при этом тело (2) монтируется для вращения вокруг первой оси (101) во внутренней опоре (4), внутренняя опора (4) монтируется для вращения вокруг второй оси (102) в средней опоре (6), средняя опора (6) монтируется для вращения вокруг пятой оси (105) во внешней опоре (8), и внешняя опора (8) монтируется для вращения вокруг шестой оси (106) в раме (10).

4. Тормозное устройство (1) по п. 2, дополнительно содержащее средство (28, 29, 30) для предотвращения вращения средней опоры (6) вокруг второй оси (102), при этом тело (2) монтируется для вращения вокруг первой оси (101) во внутренней опоре (4), внутренняя опора (4) монтируется для вращения вокруг второй оси (102) в средней опоре (6), средняя опора (6) монтируется для сферического движения в раме (10), и вращение средней опоры (6) вокруг второй оси (102) предотвращается.

5. Тормозное устройство (1) по п. 4, дополнительно содержащее средство на основе гидравлических подшипников, которое поддерживает среднюю опору (6) для сферического движения в раме (10).

6. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 2-5, дополнительно содержащее крайнюю внутреннюю опору (31), при этом тело (2) монтируется для вращения вокруг первой оси (101) в крайней внутренней опоре (31), крайняя внутренняя опора (31) монтируется для вращения вокруг седьмой оси (107) во внутренней опоре (4), и вращение крайней внутренней опоры (31) вокруг седьмой оси (107) вызывает изменение угла ( $\alpha$ ) альфа.

7. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-6, дополнительно содержащее средство на основе гидравлических

подшипников таким образом, чтобы поддерживать одно или более из следующего: тело (2), крайняя внутренняя опора (31), внутренняя опора (4), средняя опора (6) и внешняя опора (8).

8. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-7, дополнительно содержащее средство для управления углом ( $\alpha$ ) альфа.

9. Тормозное устройство (1) по п. 8, в котором средство для управления углом ( $\alpha$ ) альфа содержит средство (33) для вращения крайней внутренней опоры (31) вокруг седьмой оси (107).

10. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-9, дополнительно содержащее средство для управления углом ( $\beta$ ) бета.

11. Тормозное устройство (1) по п. 10, в котором средство для управления углом ( $\beta$ ) бета содержит средство (22) для ограничения движения второй оси (102) таким образом, что угол ( $\beta$ ) бета является постоянным с выбранным значением, и второй оси (102) разрешается вращаться вокруг четвертой оси (104).

12. Тормозное устройство (1) по п. 11, в котором средство (22) для ограничения движения второй оси (102) содержит средство актуатора таким образом, чтобы регулировать угол ( $\beta$ ) бета.

13. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-12, в котором средство для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104) с телом (2) таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело (2) вокруг второй оси (102), содержит средство (16) вращательного соединения, средство (16) вращательного соединения монтируется для вращения вокруг четвертой оси (104), средство (16) вращательного соединения зацепляется с вращением, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104), и средство (16) вращательного соединения имеет такую конструкцию, что оно прикладывает крутящий момент к телу (2) вокруг второй оси (102), когда средство (16) вращательного соединения вращается вокруг четвертой оси (104).

14. Тормозное устройство (1) по п. 13, в котором средство (16) вращательного соединения содержит средство для уменьшения влияния сил трения, которые возникают на контактных поверхностях

средства (16) вращательного соединения и в конструкции, через которую средство (16) вращательного соединения прикладывает крутящий момент к телу (2).

15. Тормозное устройство (1) по п. 14, в котором средство для уменьшения влияния сил трения содержит один или более актуаторов (34), которые монтируются на средстве (16) вращательного соединения и размещаются с возможностью прикладывать силу к конструкции, через которую средство (16) вращательного соединения прикладывает крутящий момент к телу (2) таким образом, чтобы уменьшать влияние сил трения.

16. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 13-15, в котором средство (16) вращательного соединения содержит средство для распределения силы между двумя точками приложения силы средства (16) вращательного соединения таким образом, чтобы уменьшать абсолютную величину результирующей силы на центре массы тела (2).

17. Тормозное устройство (1) по п. 16, в котором средство для распределения силы между двумя точками приложения силы средства (16) вращательного соединения содержит два цилиндра (36), цилиндры (36) монтируются на средстве (16) вращательного соединения таким образом, чтобы прикладывать силу к конструкции, через которую средство (16) вращательного соединения прикладывает крутящий момент к телу (2), нижние камеры цилиндров (36) соединяются в замкнутом контуре, и силы, прикладываемые посредством двух цилиндров (36), равны.

18. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 14-17, в котором конструкция, через которую средство (16) вращательного соединения прикладывает крутящий момент к телу (2), представляет собой внутреннюю опору (4) или крайнюю внутреннюю опору (31).

19. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 2-18, в котором средство для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104) с телом (2) таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело (2) вокруг второй оси (102), содержит источник (37) мощности, расходуемой на движение, при этом часть статора источника (37) мощности, расходуемой на движение, жестко соединяется со средней



опорой (6), и часть ротора источника (37) мощности, расходуемой на движение, жестко соединяется с внутренней опорой (4), мощность, требуемая для источника (37) мощности, расходуемой на движение, предоставляется посредством вращения, которое должно тормозиться, за счет чего вращение части статора источника (37) мощности, расходуемой на движение, вокруг второй оси (102) предотвращается, и источник (37) мощности, расходуемой на движение, прикладывает крутящий момент к телу (2) вокруг второй оси (102).

20. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-19, дополнительно содержащее средство для управления отношением частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения тела (2) вокруг второй оси (102).

21. Тормозное устройство (1) по п. 20, в котором средство для управления отношением частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения тела (2) вокруг второй оси (102) содержит средство трансмиссии таким образом, что вращение, которое должно тормозиться, зацепляется с входным валом средства трансмиссии, и средство для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104) с телом (2) таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело (2) вокруг второй оси (102), зацепляется с выходным валом средства трансмиссии.

22. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-21, в котором средство для вращения тела (2) вокруг первой оси (101) содержит одно или более из следующего: электромотор; гидравлический мотор; и пневматический мотор.

23. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-22, в котором тело (2) содержит одну или более лопастей (38).

24. Тормозное устройство (1) по п. 23, в котором средство для вращения тела (2) вокруг первой оси (101) содержит средство (14) для накачки текучей среды и средство (39) для испускания текучей среды на лопасти (38) тела (2) таким образом, чтобы вращать тело (2) вокруг первой оси (101).

25. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-24, в котором тело (2) содержит одну или более трубок (12, 13) для

текучей среды или каналов.

26. Тормозное устройство (1) по п. 25, в котором средство для вращения тела (2) вокруг первой оси (101) содержит средство (14) для накачки текущей среды в одну или более трубок (12, 13) для текущей среды или каналов тела (2) таким образом, что по мере того, как текучая среда выходит из форсунок трубок (12, 13) или каналов, тело (2) вращается вокруг первой оси (101) в результате реакции текущей среды.

27. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-26, в котором мощность, требуемая для средства (12, 13, 14, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44) для вращения тела (2) вокруг первой оси (101), предоставляется посредством вращения, которое должно тормозиться.

28. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-27, дополнительно содержащее средство (27) для управления средством для вращения тела (2) вокруг первой оси (101) таким образом, чтобы управлять частотой вращения тела (2) вокруг первой оси (101).

29. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-21, в котором средство для вращения тела (2) вокруг первой оси (101) содержит средство (40, 41, 42, 43, 44) механического зацепления для зацепления вращения тела (2) вокруг второй оси (102) с вращением тела (2) вокруг первой оси (101), за счет чего, когда тело (2) вращается вокруг второй оси (102), тело (2) также вращается вокруг первой оси (101).

30. Тормозное устройство (1) по п. 29, в котором средство механического зацепления содержит средство (42) трансмиссии таким образом, чтобы изменять частоту вращения тела (2) вокруг первой оси (101).

31. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-30, дополнительно содержащее один или более датчиков для измерения значений одного или более следующих параметров: частота вращения тела (2) вокруг первой оси (101); частота вращения средства для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104) с телом (2) таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело (2) вокруг второй оси (102);

угол ( $\alpha$ ) альфа; угол ( $\beta$ ) бета; абсолютная величина тормозного крутящего момента; частота вращения, которое должно тормозиться.

32. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-31, дополнительно содержащее контроллер с модулем (27) автоматического управления, который управляет одним или более из следующего: частота вращения тела (2) вокруг первой оси (101); угол ( $\alpha$ ) альфа; угол ( $\beta$ ) бета; и отношение частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения тела (2) вокруг второй оси (102).

33. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-32, дополнительно содержащее средство для управления абсолютной величиной тормозного крутящего момента.

34. Тормозное устройство (1) по п. 33, в котором абсолютная величина тормозного крутящего момента управляется посредством управления одним или более из следующего: частота вращения тела (2) вокруг первой оси (101); угол ( $\alpha$ ) альфа; и отношение частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения тела (2) вокруг второй оси (102).

35. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-34, дополнительно содержащее средство для перемещения тела (2) в позицию, в которой первая ось (101) и четвертая ось (104) являются параллельными или совпадающими, когда тормозной крутящий момент не требуется, за счет чего уменьшаются абсолютные величины внутренних сил, которые возникают в тормозном устройстве (1).

36. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-35, в котором угол ( $\alpha$ ) альфа задается равным 90 градусов.

37. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-36, в котором центр массы тела (2) находится на четвертой оси (104).

38. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-37, в котором первая ось (101), вторая ось (102), третья ось (103) и четвертая ось (104) пересекаются в центре массы тела (2).

39. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-38, в котором каждая из первой оси (101), второй оси (102) и третьей оси (103) является перпендикулярной другим двум осям.

40. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-39, в котором тело (2) изготовлен из материала с модулем упругости, превышающим 70 ГПа.

41. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-40, в котором тело (2) является цилиндрически симметричным.

42. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-41, в котором момент инерции тела (2) вокруг первой оси (101) на единицу массы выше или равен  $(2/5) \cdot R^2$ , где R является радиусом минимальной ограничивающей сферы тела (2), т.е. наименьшей сферы, содержащей тело (2).

43. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-42, в котором тело (2) содержит ступицу, перемиčku и кольцеобразную кромку.

44. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-43, дополнительно содержащее одну или более уравнивающих масс, смонтированных для вращения вокруг четвертой оси (104).

45. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-44, в котором тормозное устройство (1) предоставляет непрерывный, предпочтительно постоянный тормозной крутящий момент против вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104).

46. Сборочный узел (45) из двух или более тормозных устройств, каждое из которых содержит тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-45, в комбинации со средством (46) для распределения вращения, которое должно тормозиться, в каждое тормозное устройство (1) таким образом, чтобы вращать каждое средство (16) для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104) с телом (2) таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело (2) вокруг второй оси (102) на идентичной частоте вращения, но под различными соответствующими фазовыми углами, при этом абсолютные величины несбалансированных сил в сборочном узле (45) уменьшаются, за счет чего вибрации, возникающие в сборочном узле (45), уменьшаются, и абсолютная величина тормозного крутящего момента, предоставленного посредством сборочного узла (45), представляет собой сумму тормозных крутящих моментов,

предоставленных посредством каждого из тормозных устройств в сборочном узле (45).

47. Способ формирования тормозного крутящего момента в тормозном устройстве (1), содержащем первую ось (101), вторую ось (102) и третью ось (103), при этом способ содержит этапы, на которых:

монтируют тело (2) для вращения вокруг первой оси (101), второй оси (102) и третьей оси (103);

вращают тело (2) вокруг первой оси (101);

**отличающийся тем, что:**

тормозное устройство дополнительно содержит четвертую ось (104), причем первая ось (101) ориентирована относительно второй оси (102) под углом ( $\alpha$ ) альфа, который больше 0 градусов, при этом вторая ось (102) ориентирована относительно четвертой оси (104) под углом ( $\beta$ ) бета, который больше 0 градусов и меньше 90 градусов, причем третья ось (103) представляет собой ось прецессии, вокруг которой прецессия тела (2) возникает в результате вращения тела (2) вокруг первой оси (101) и приложения крутящего момента к телу (2) вокруг второй оси (102), при этом второй оси (102) разрешается вращаться вокруг четвертой оси (104) независимо от вращения тела (2) вокруг второй оси (102), и телу (2) разрешается вращаться вокруг второй оси (102) независимо от вращения второй оси (102) вокруг четвертой оси (104); способ дополнительно содержит этап, на котором соединяют вращение, которое должно тормозиться, с четвертой осью (104) таким образом, чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело (2) вокруг второй оси (102); за счет чего вращение тела (2) вокруг первой оси (101) и крутящий момент, прикладываемый к телу (2) вокруг второй оси (102), совместно заставляют тело (2) дополнительно вращаться вокруг третьей оси (103), тело (2) вращается вокруг первой оси (101), второй оси (102) и третьей оси (103) одновременно, тем не менее, вращение тела (2) вокруг второй оси (102) и вращение тела (2) вокруг третьей оси (103) наблюдаются, как если тело (2) вращается вокруг четвертой оси (104), вращение тела (2) вокруг первой оси (101) и вращение тела

(2) вокруг третьей оси (103) совместно заставляют тормозной крутящий момент возникать вокруг второй оси (102);

чтобы за счет этого получать тормозной крутящий момент против вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104).

48. Способ по п. 47, при котором дополнительно регулируют абсолютную величину тормозного крутящего момента.

49. Способ по п. 48, при котором этап регулирования абсолютной величины тормозного крутящего момента содержит этап, на котором регулируют одно или более из следующего: частота вращения тела (2) вокруг первой оси (101); угол ( $\alpha$ ) альфа; и отношение частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения тела (2) вокруг второй оси (102).

50. Способ по любому из пп. 47-49, при котором дополнительно снимают тормозной крутящий момент, когда тормозной крутящий момент не требуется.

51. Способ по п. 50, при котором этап снятия тормозного крутящего момента содержит этап, на котором перемещают тело (2) в позицию, в которой первая ось (101) и четвертая ось (104) являются параллельными или совпадающими.

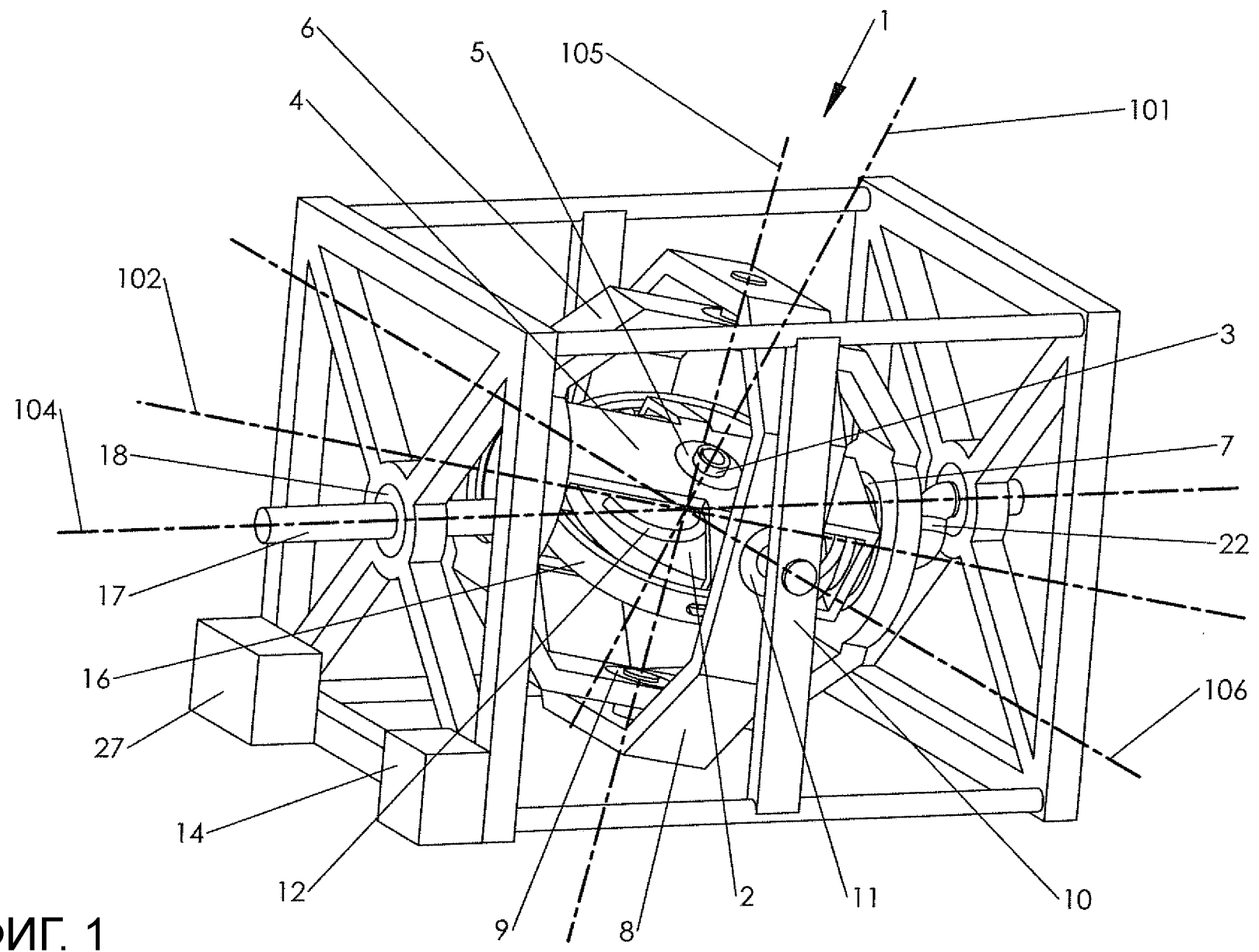
52. Способ по любому из пп. 50 или 51, при котором этап снятия тормозного крутящего момента включает этап, на котором отсоединяют вращение, которое должно тормозиться, от тела (2).

53. Способ по любому из пп. 50-52, при котором этап снятия тормозного крутящего момента включает этап, на котором регулируют угол ( $\alpha$ ) альфа и/или угол ( $\beta$ ) бета до 0 градусов.

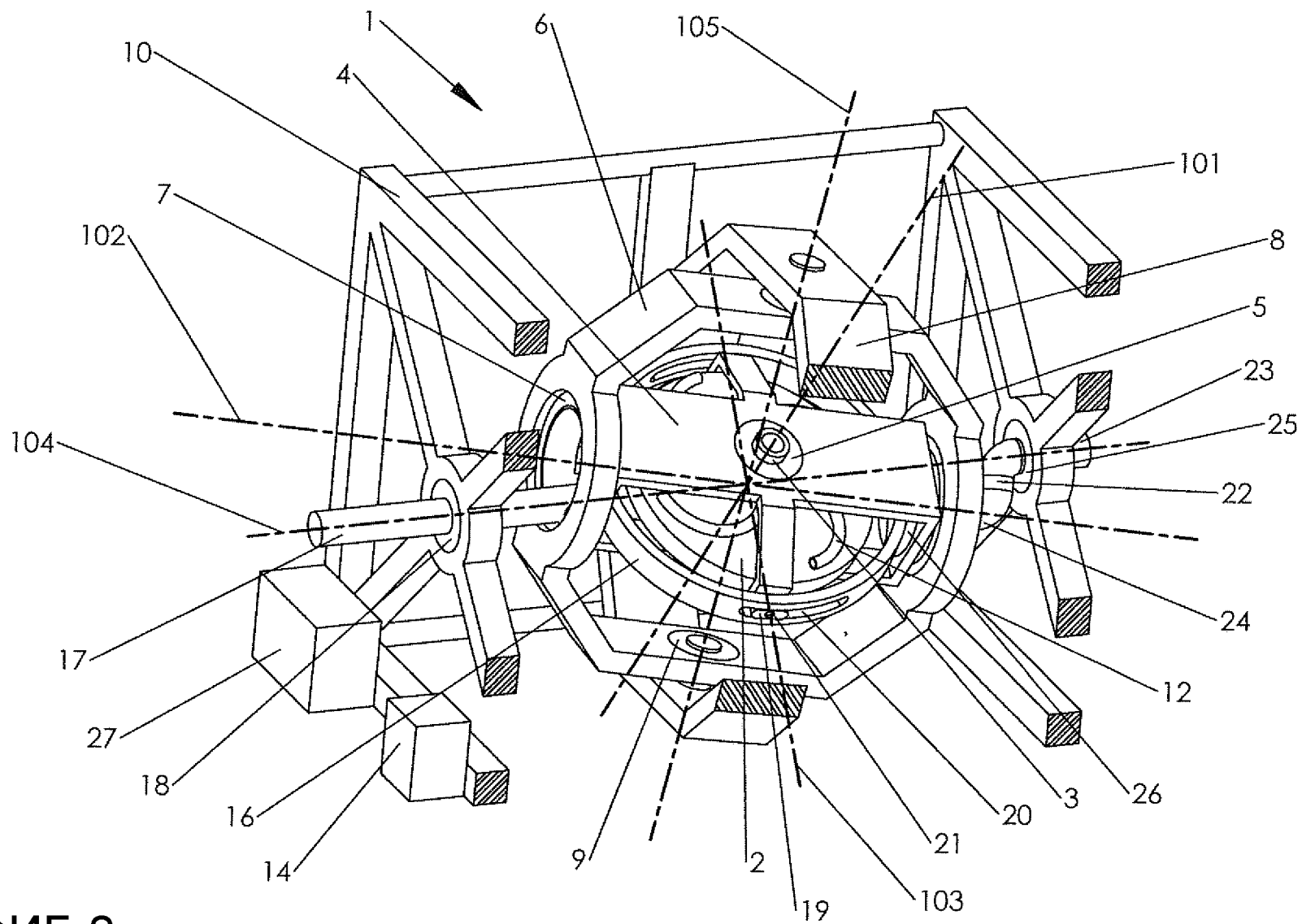
54. Способ по любому из пп. 50-53, при котором этап снятия тормозного крутящего момента включает этап, на котором прекращают вращение тела (2) вокруг первой оси (101).

55. Способ по любому из пп. 50-54, при котором непрерывный, предпочтительно постоянный тормозной крутящий момент предоставляется против вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104).

По доверенности



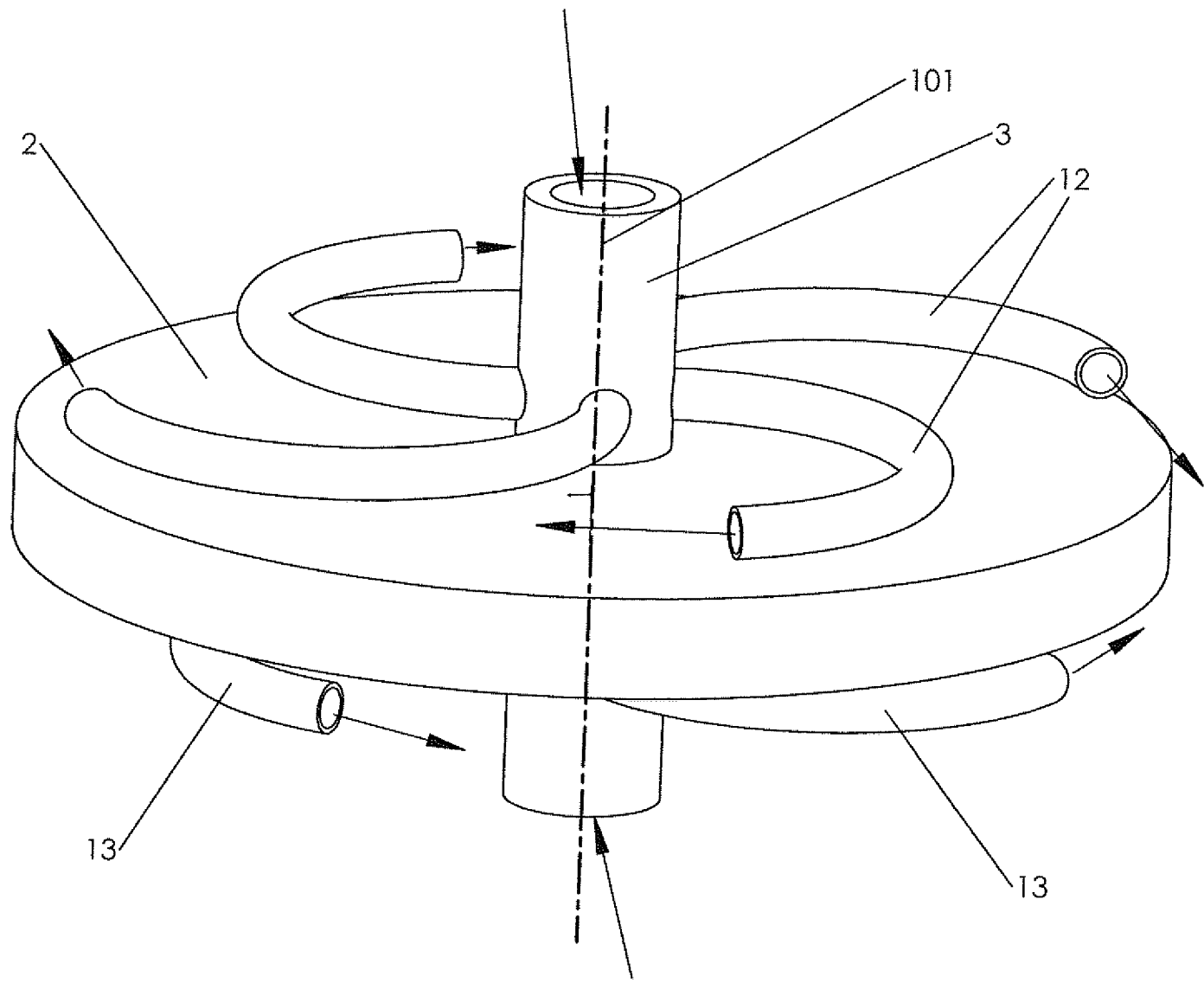
ФИГ. 1



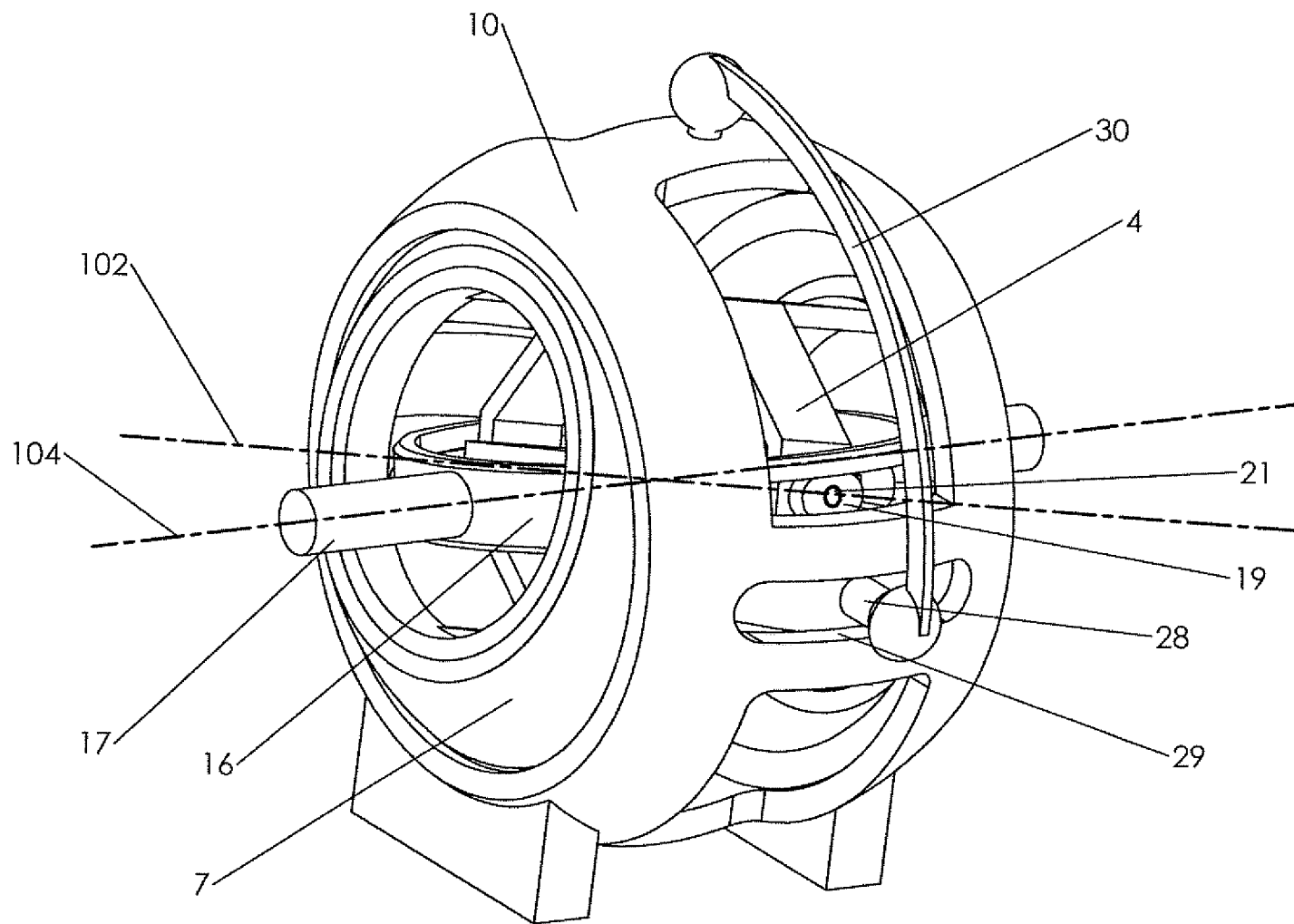
ФИГ. 2



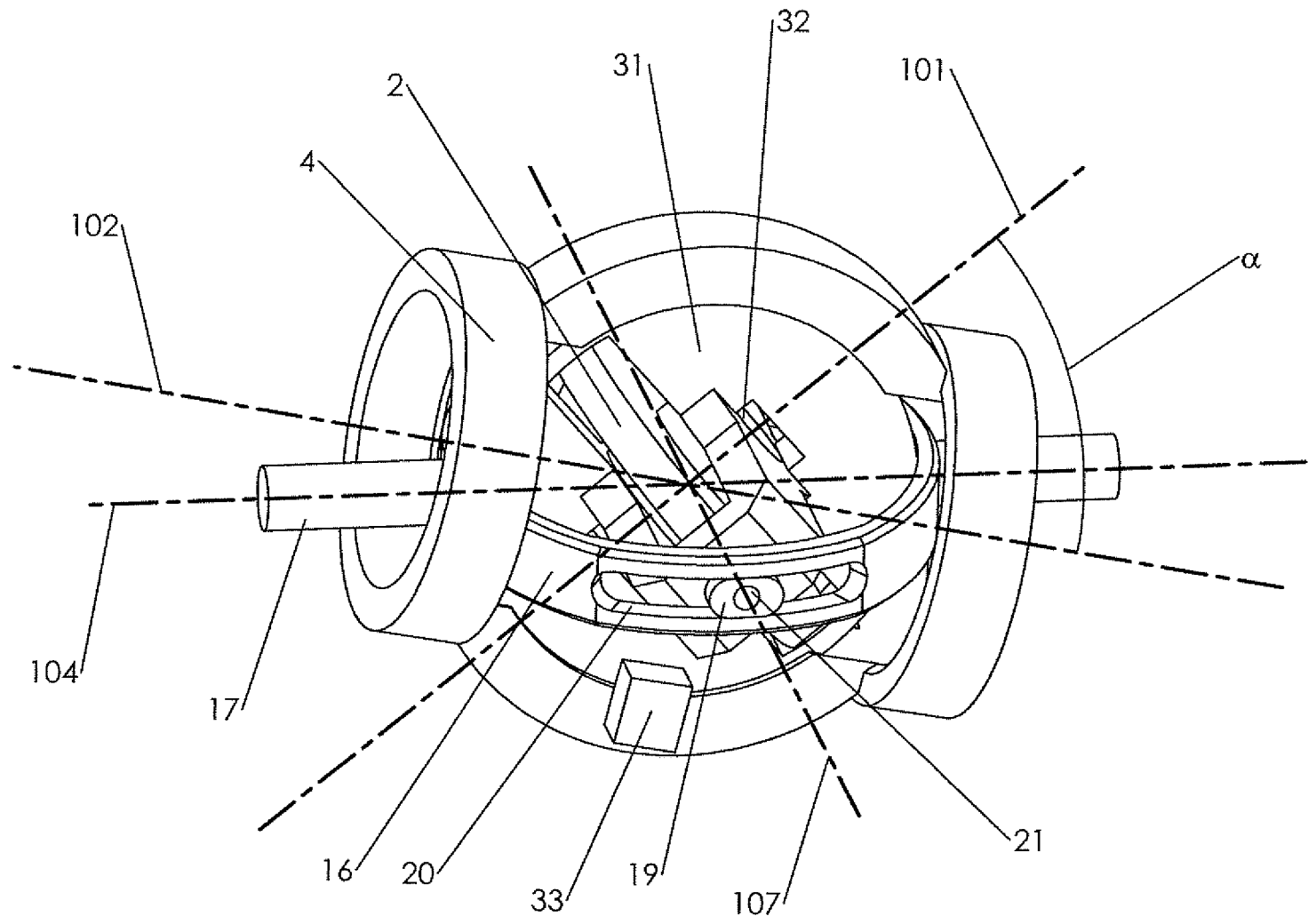




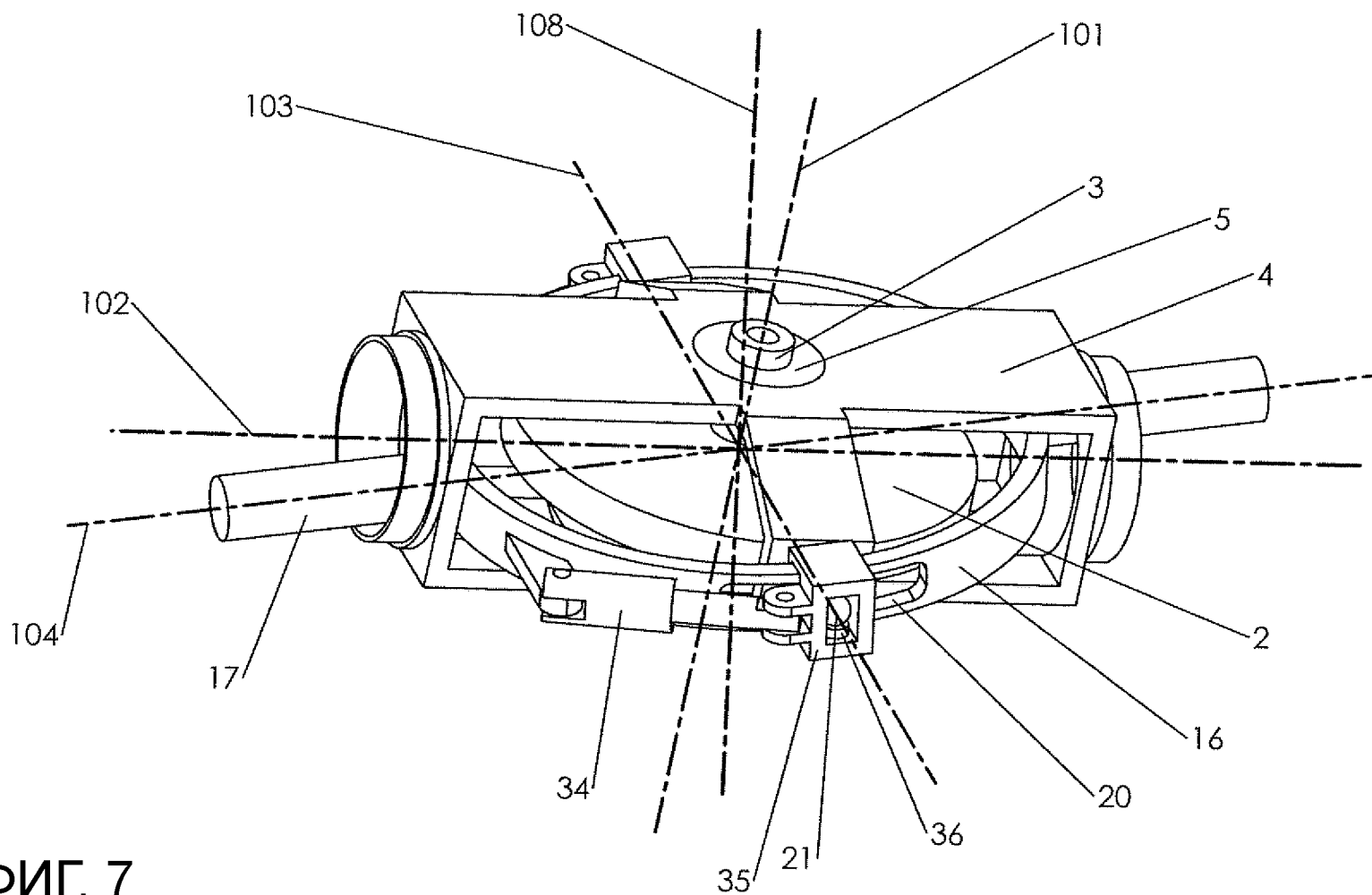
ФИГ. 4



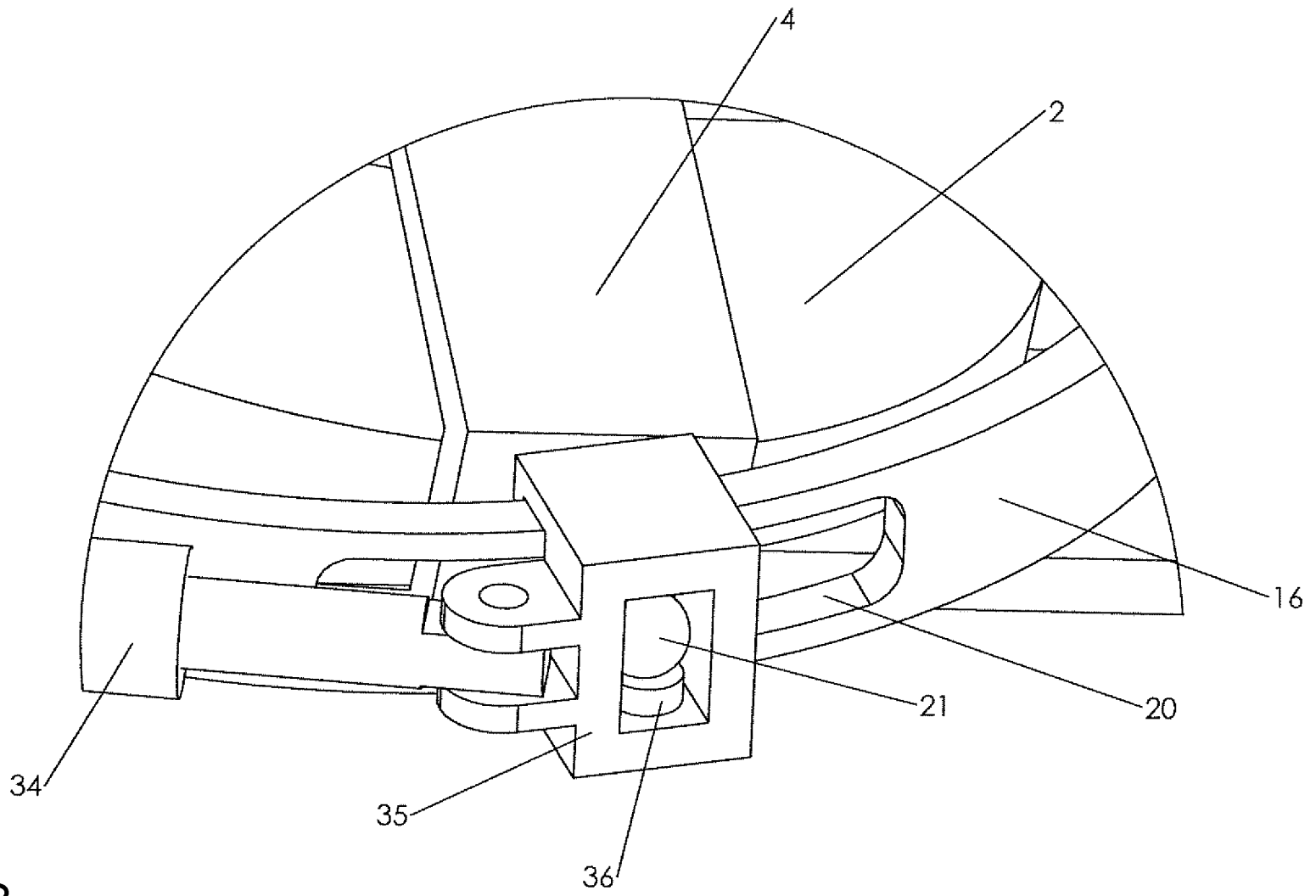
ФИГ. 5



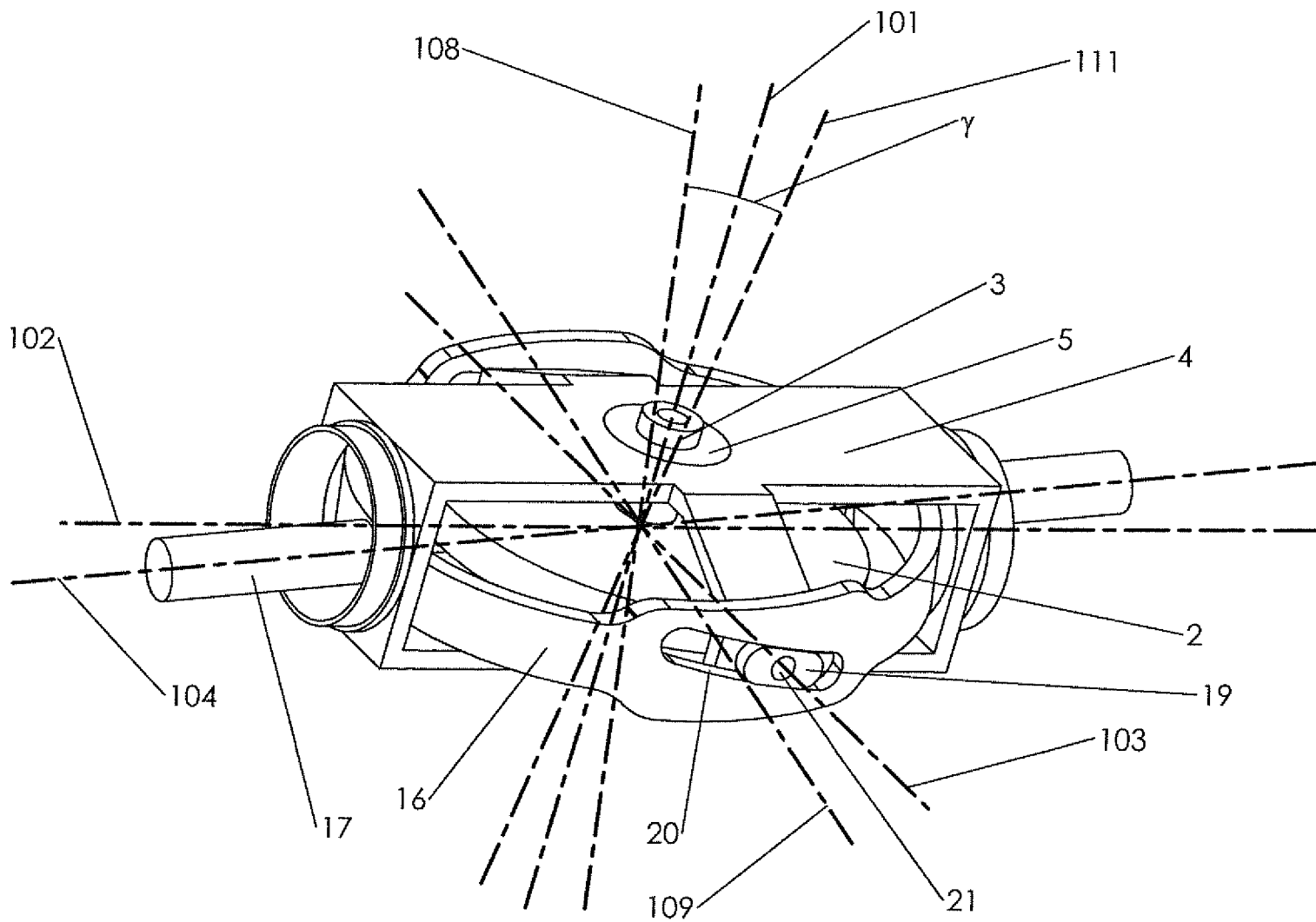
ФИГ. 6



ФИГ. 7

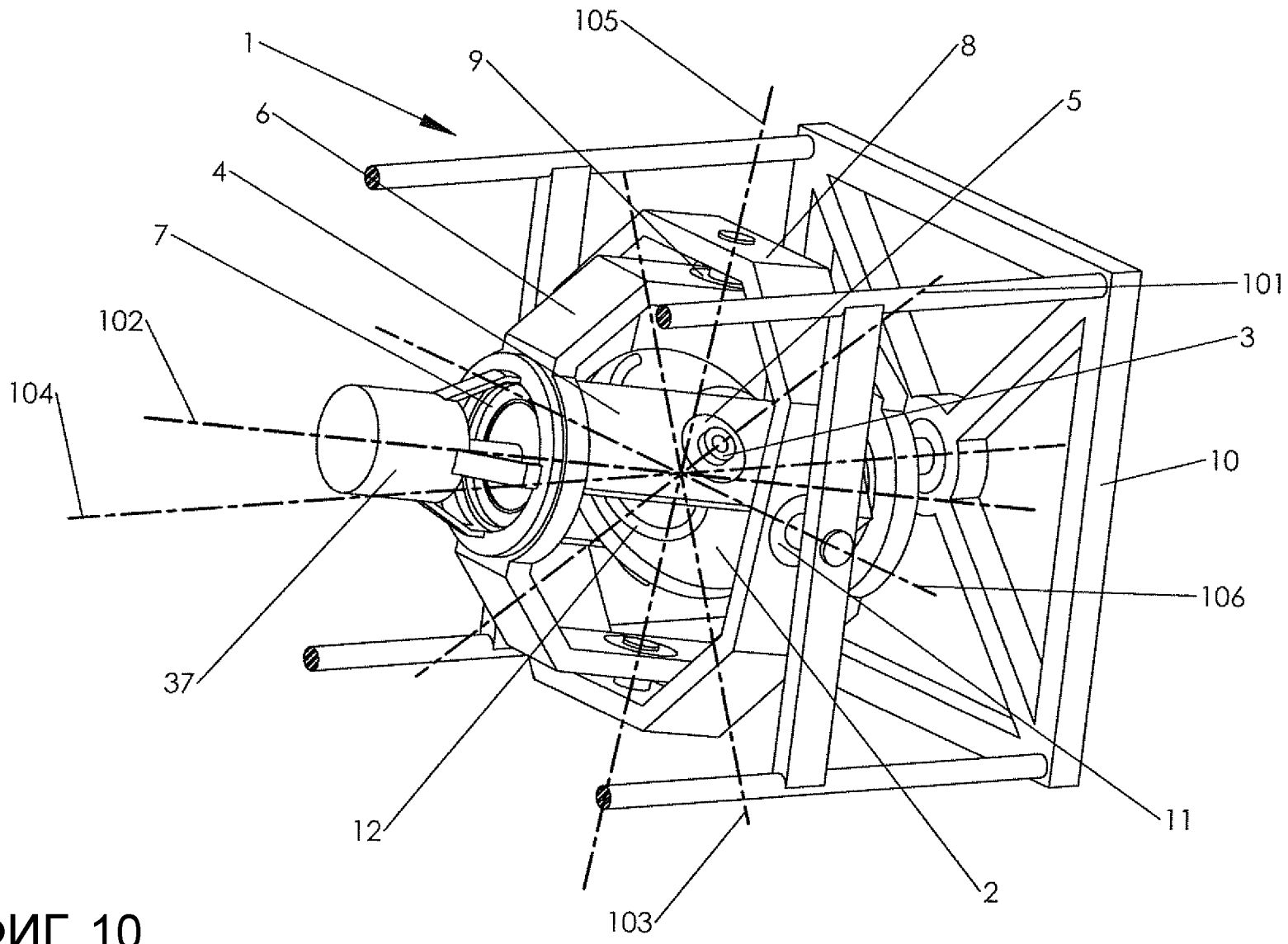


ФИГ. 8



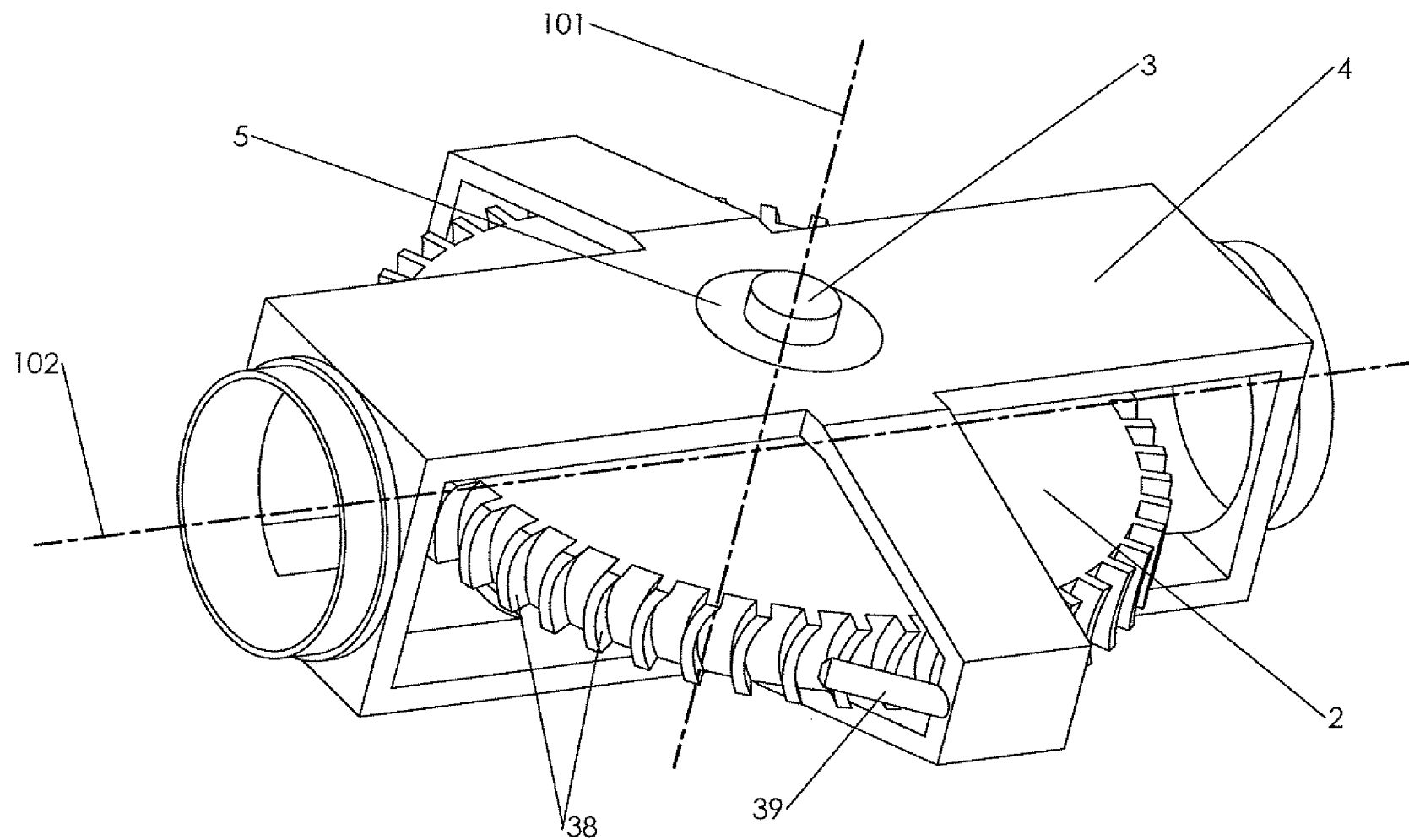
9/14

ФИГ. 9

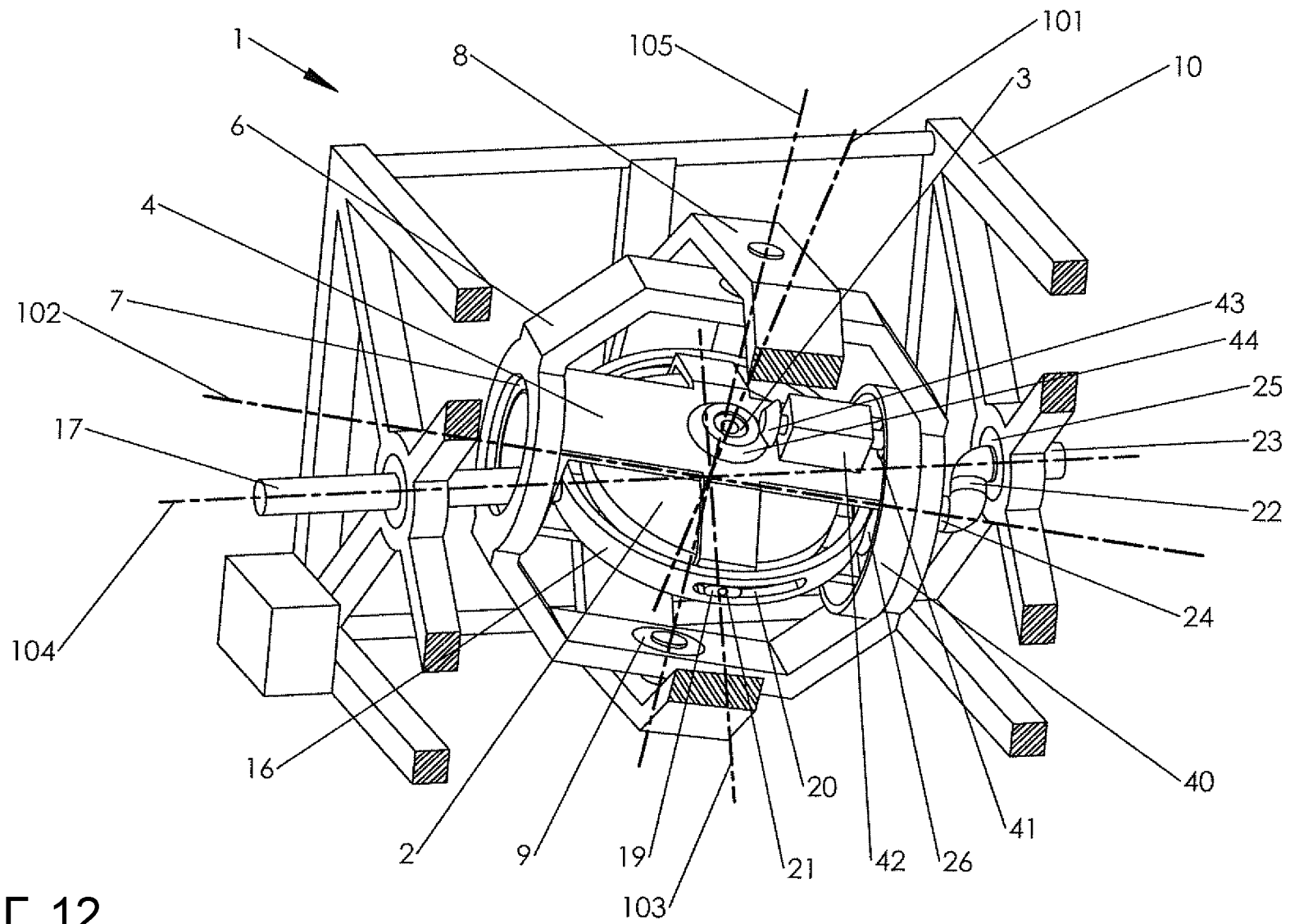


ФИГ. 10



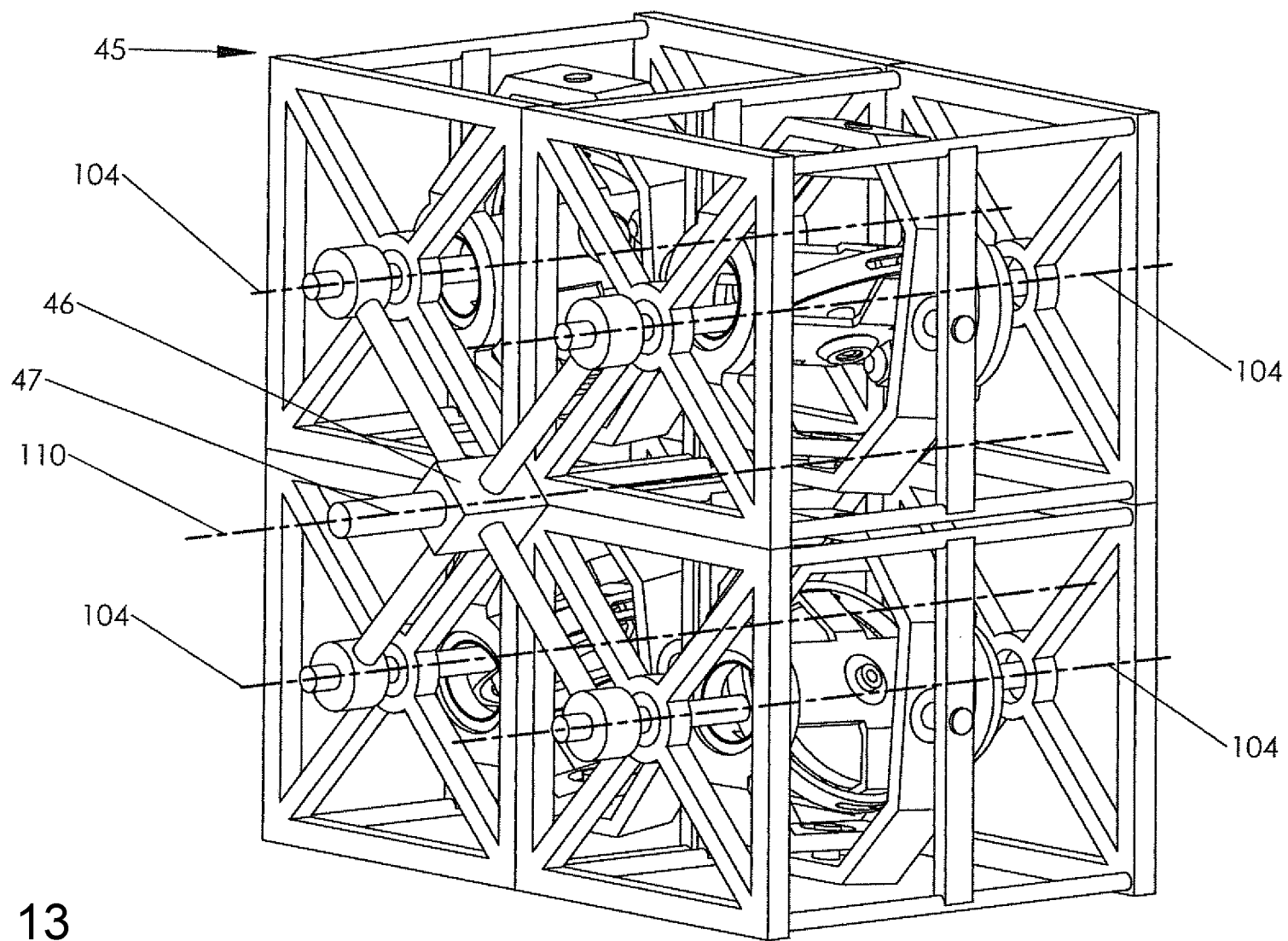


ФИГ. 11

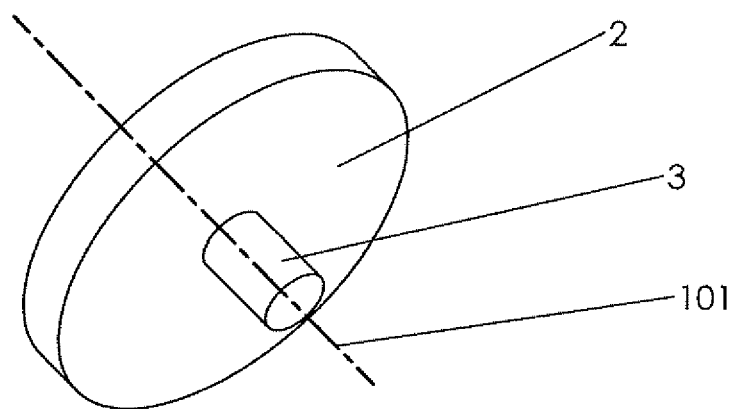
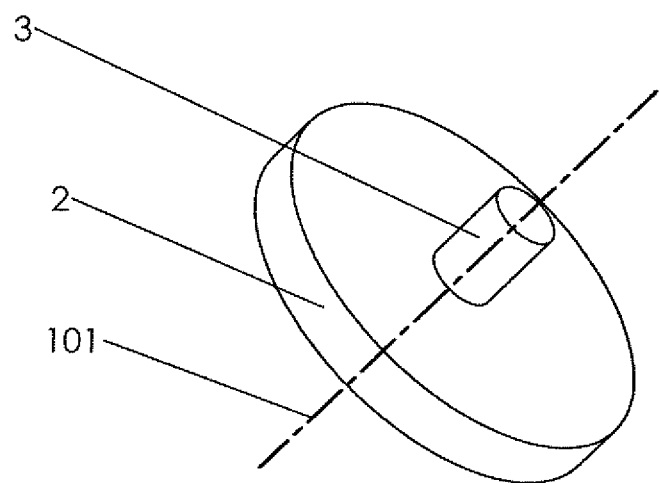
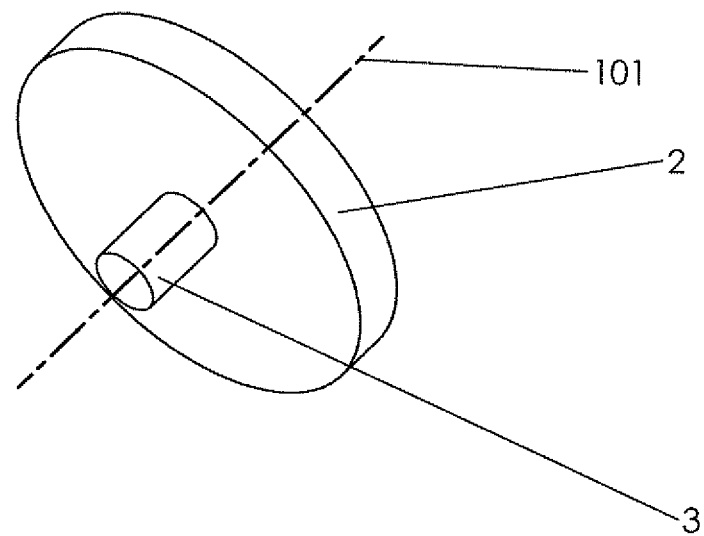
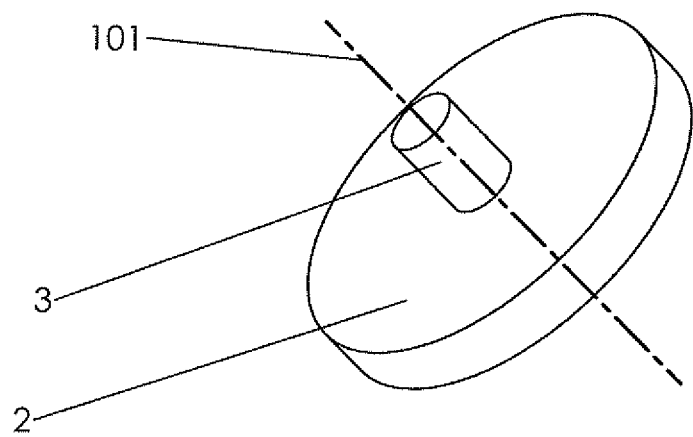


12/14

ФИГ. 12



ФИГ. 13



ФИГ. 14