

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202090095** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.04.17

(22) Дата подачи заявки
2017.06.21

(51) Int. Cl. **F16D 61/00** (2006.01)
B60T 1/06 (2006.01)
B60T 1/10 (2006.01)
B60T 1/12 (2006.01)
B60T 13/06 (2006.01)
F16D 63/00 (2006.01)
G01C 19/00 (2013.01)
F16H 33/10 (2006.01)

(54) ТОРМОЗНОЕ УСТРОЙСТВО И СПОСОБ

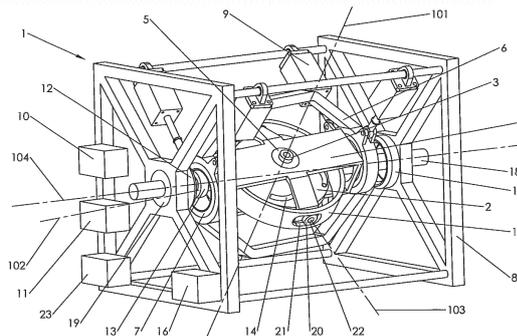
(86) PCT/EP2017/065297
(87) WO 2018/233827 2018.12.27

(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 торможения, и, в частности, но не только, относится к гироскопическому тормозному устройству и способу. Тормозное устройство (1) содержит тело (2); внутреннее поддерживающее средство (4) для поддержки тела (2) для вращения вокруг первой оси (101); внешнее поддерживающее средство (6) для поддержки внутреннего поддерживающего средства (4) для вращения вокруг второй оси (102); средства (14, 15, 16, 30, 31) для вращения тела (2) вокруг первой оси (101); средство (17) 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); средства (9, 10, 11, 29) подвески для поддержки внешнего поддерживающего средства (6).



A1

202090095

202090095

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-560763EA/011

ТОРМОЗНОЕ УСТРОЙСТВО И СПОСОБ

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

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 изнашиваются 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 величиной тепловой энергии, которая может удаляться из тормозной системы, и в силу этого ограничена посредством 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.

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

Эти цели разрешаются посредством тормозного устройства по п. 1 и способа

торможения по п. 37.

Таким образом, в соответствии с первым аспектом настоящего изобретения, предусмотрено тормозное устройство, содержащее: тело; внутреннее поддерживающее средство для поддержки тела для вращения вокруг первой оси; внешнее поддерживающее средство для поддержки внутреннего поддерживающего средства для вращения вокруг второй оси, при этом первая ось ориентируется относительно второй оси под углом альфа, который превышает 0 градусов; средство для вращения тела вокруг первой 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, при этом вторая ось ориентируется относительно четвертой оси под углом бета, который превышает 0 градусов и меньше 90 градусов; средство подвески для поддержки внешнего поддерживающего средства, при этом средство подвески выполнено с возможностью допускать вращение второй оси вокруг четвертой оси, и средство подвески выполнено с возможностью предотвращать вращение внешнего поддерживающего средства вокруг второй оси; за счет чего телу дополнительно предоставляется возможность вращаться вокруг третьей оси, которая представляет собой ось прецессии, вокруг которой прецессия тела возникает в качестве результата вращения тела вокруг первой оси и приложения крутящего момента к телу вокруг второй оси, вращение тела вокруг первой оси и крутящий момент, прикладываемый к телу вокруг второй оси, вместе 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 вместе 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.

В другом аспекте изобретения, тормозное устройство может содержать первую ось, вторую ось, третью ось и четвертую ось.

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 ось. 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, под которым 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, под которым 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.

Значение угла альфа затрагивает абсолютную величину тормозного крутящего момента. 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. Таким образом, угол альфа может составлять 90 градусов.

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.

Автор настоящего изобретения выявил, что даже небольшие значения угла бета могут позволять тормозному устройству предоставлять требуемую величину тормозного крутящего момента.

Внутреннее поддерживающее средство может содержать любую опорную конструкцию, которая выполнена с возможностью поддерживать тело при разрешении телу вращаться вокруг первой оси.

Внешнее поддерживающее средство может содержать любую опорную конструкцию, которая выполнена с возможностью поддерживать внутреннее поддерживающее средство при разрешении внутреннему поддерживающему средству вращаться вокруг второй оси.

В одном варианте осуществления, внутреннее поддерживающее средство может содержать внутреннюю рамку, и внешнее поддерживающее средство может содержать внешнюю рамку. Тело может монтироваться для вращения вокруг первой оси на внутренней рамке, и внутренняя рамка может монтироваться для вращения вокруг второй оси на внешней рамке. Внешняя рамка может содержать две опорных части, каждая из которых выполнена с возможностью поддерживать один конец внутренней рамки для вращения вокруг второй оси.

Тормозное устройство может содержать раму, при этом средство подвески может быть размещено между рамой и внешней рамкой таким образом, что оно поддерживает внешнюю рамку, так что вращение второй оси вокруг четвертой оси разрешается, и вращение внешнего поддерживающего средства вокруг второй оси предотвращается. Рама может представлять собой любую опорную конструкцию, на которой может монтироваться средство подвески, в силу чего рама также может содержать платформу или ходовую часть транспортного средства.

Главный аспект способа торможения заключается в том, что в тормозном устройстве, второй оси предоставляется возможность вращаться вокруг четвертой оси независимо от вращения тела вокруг второй оси, и телу предоставляется возможность 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 оси 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

предоставляется возможность вращаться вокруг четвертой оси (следует отметить, что оно 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 предоставляется возможность вращаться вокруг третьей оси.

Тормозное устройство может содержать средство на основе гидравлических подшипников таким образом, чтобы поддерживать одно или более из следующего: тело, внутреннее поддерживающее средство 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.

Средство подвески может содержать любую систему подвески, при этом система подвески выполнена с возможностью (i) поддерживать внешнее поддерживающее средство, (ii) допускать вращение второй оси вокруг четвертой оси и (iii) предотвращать вращение внешнего поддерживающего средства вокруг второй оси.

Средство подвески может содержать упругое монтажное средство. Таким образом, внешнее поддерживающее средство может монтироваться на раме посредством упругого монтажного средства. Упругое монтажное средство может содержать одну или более упругих монтажных опор любого типа. Упругое монтажное средство может содержать одну или более монтажных опор двигателя, предпочтительно три или более монтажных опор двигателя. Монтажные опоры двигателя также могут называться "монтажными опорами мотора".

Средство подвески может содержать пружинное средство. Таким образом, внешнее поддерживающее средство может монтироваться на раме посредством пружинного средства. Пружинное средство может содержать одну или более пружин любого типа. Пружинное средство может содержать одну или более механических пружин.

Пружинное средство может содержать пневматическое пружинное средство. Пневматическое пружинное средство может содержать один или более пневматических цилиндров, которые выполнены с возможностью выступать в качестве пружин посредством сжатия воздуха в цилиндрах. Пневматические цилиндры могут представлять собой цилиндры одиночного действия или двойного действия. Пневматическое пружинное средство может содержать одну или более пневмоманжет. Пневмоманжеты также могут называться "пневмопружинами".

Средство подвески может быть размещено и/или выполнено с возможностью допускать вращение второй оси вокруг четвертой оси таким образом, что угол бета

ограничен как равный требуемому значению, которое превышает 0 градусов и меньше 90 градусов. Жесткость средства подвески может составлять самое большее такого порядка, который предоставляет возможность второй оси вращаться вокруг четвертой оси таким образом, что угол бета ограничен как равный требуемому значению, которое превышает 0 градусов и меньше 90 градусов.

Позиция пневматического цилиндра может задаваться как длина хода поршня пневматического цилиндра. Позиция пневмоманжет может задаваться как высота пневмоманжет. Тормозное устройство может содержать средство для измерения позиции пневматического пружинного средства. Средство для измерения позиции пневматического пружинного средства может содержать один или более датчиков для измерения позиций одного или более пневматических цилиндров и пневмоманжет. Средство для измерения позиции пневматического пружинного средства может содержать один или более датчиков для значений измерения давления воздуха в одном или более пневматических цилиндрах и пневмоманжет.

Тормозное устройство может содержать средство для управления позицией пневматического пружинного средства. Средство для управления позицией пневматического пружинного средства может содержать средство для подачи воздуха в пневматическое пружинное средство. Средство для управления позицией пневматического пружинного средства может содержать средство для выпуска воздуха из пневматического пружинного средства. Средство для управления позицией пневматического пружинного средства может подавать воздух в или выпускать воздух из пневматического пружинного средства на основе обратной связи по позиции, полученной из пневматического пружинного средства, с тем чтобы поддерживать позицию пневматического пружинного средства в пределах требуемого диапазона.

Средство для управления позицией пневматического пружинного средства может управлять объемом и/или давлением воздуха в пневматическом пружинном средстве.

Средство для управления позицией пневматического пружинного средства может содержать модуль управления.

Средство для управления позицией пневматического пружинного средства может содержать один или более воздушных компрессоров и баллонов с воздухом под давлением, одну или более пневматических труб и трубок для транспортировки сжатого воздуха в пневматические цилиндры или пневмоманжеты и один или более впускных клапанов и один или более выпускных клапанов для каждого пневматического цилиндра или пневмоманжет.

Средство для управления позицией пневматического пружинного средства может быть выполнено с возможностью поддерживать центр массы тела на четвертой оси.

Вместо воздуха, любой другой тип газа, такой как азот и гелий, также может использоваться в пневматическом пружинном средстве.

Демпфирование движения внешнего поддерживающего средства заставляет часть кинетической энергии вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси

преобразовываться в тепло. Следовательно, чтобы минимизировать величину рассеянного тепла, средство подвески предпочтительно может быть выполнено с возможностью поддерживать коэффициент демпфирования средства подвески максимально возможно небольшим.

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 ограничения движения второй оси таким образом, что угол бета ограничен как равный требуемому значению, которое превышает 0 градусов и меньше 90 градусов. Средство для ограничения движения второй оси может содержать механический упор. Механический упор может монтироваться для вращения рамы вокруг четвертой оси. Средство подвески дополнительно может быть выполнено с возможностью функционировать в качестве средства для ограничения движения второй оси. С этой целью, жесткость средства подвески может регулироваться таким образом, что угол бета ограничен как равный требуемому значению, которое превышает 0 градусов и меньше 90 градусов.

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 монтироваться для вращения 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, может взаимодействовать с вращением, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси, 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, может быть сконструировано с возможностью прикладывать крутящий момент к телу вокруг второй оси, когда четвертая ось вращается.

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 может монтироваться для вращения вокруг четвертой оси, средство вращательного соединения может взаимодействовать с вращением, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси, и средство вращательного соединения может иметь такую конструкцию, что оно прикладывает крутящий момент к телу вокруг второй оси, когда средство вращательного соединения вращается вокруг четвертой оси.

Средство вращательного соединения может быть сконструировано с возможностью прикладывать крутящий момент к внутреннему поддерживающему средству вокруг второй оси через контакт, когда средство вращательного соединения вращается вокруг четвертой оси. Другими словами, средство вращательного соединения может быть сконструировано с возможностью прикладывать крутящий момент к телу вокруг второй оси через внутреннее поддерживающее средство, при этом средство вращательного соединения находится в контакте с внутренним поддерживающим средством.

Средство вращательного соединения дополнительно может быть выполнено с возможностью функционировать в качестве средства для ограничения движения второй оси.

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, может взаимодействовать 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, может взаимодействовать 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 переноса текучей среды на лопасти тела таким образом, чтобы вращать тело вокруг первой оси. Альтернативно или дополнительно, тело может содержать одну или более трубок для текучей среды. Альтернативно или дополнительно, тело может содержать один или более каналов для текучей среды в теле. 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 взаимодействовать с вращением, которое должно тормозиться.

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. Частота вращения тела вокруг первой оси может регулироваться посредством управления средством для вращения тела вокруг первой оси.

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 бета; абсолютная величина тормозного крутящего момента; частота вращения, которое должно тормозиться. Тормозное устройство может содержать один или более следующих датчиков: датчики на эффекте Холла, оптические датчики, датчики приближения, датчики расхода и датчики крутящего момента.

Тормозное устройство может содержать средство для управления абсолютной величиной тормозного крутящего момента, при этом средство для управления абсолютной величиной тормозного крутящего момента может управлять абсолютной величиной тормозного крутящего момента посредством управления одним или более из следующего: частота вращения тела вокруг первой оси; и отношение частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения тела вокруг второй оси.

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 $(2/5) \cdot R^2$, где R является радиусом минимальной ограничивающей сферы тела, т.е. наименьшей сферы, содержащей тело. Тело может содержать ступицу, переключку 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 рамы тормозного устройства на платформе или ходовой части транспортного средства с использованием подходящих монтажных опор двигателя/мотора. Альтернативно или дополнительно, тормозное устройство может содержать одну или более уравновешивающих 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: тело; внутреннее поддерживающее средство для поддержки тела для вращения вокруг первой оси; внешнее поддерживающее средство для поддержки внутреннего поддерживающего средства для вращения вокруг второй оси, при этом первая ось ориентируется относительно второй оси под углом альфа, который превышает 0 градусов; средство для вращения тела вокруг первой 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, при этом вторая ось ориентируется относительно четвертой оси под углом бета, который превышает 0 градусов и меньше 90 градусов; средство подвески для поддержки внешнего поддерживающего средства; причем способ содержит: этап конфигурирования средства подвески таким образом, чтобы допускать вращение второй оси вокруг четвертой оси; этап конфигурирования средства подвески таким образом, чтобы предотвращать вращение внешнего поддерживающего средства вокруг второй оси; за счет чего телу дополнительно предоставляется возможность вращаться вокруг третьей оси, которая представляет собой ось прецессии, вокруг которой прецессия тела возникает в качестве результата вращения тела вокруг первой оси и приложения крутящего момента к телу вокруг второй оси, вращение тела вокруг первой оси и крутящий момент, прикладываемый к телу вокруг второй оси, вместе 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 вместе 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 этап регулирования 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; и отношение частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения тела вокруг второй оси.

Способ может содержать этап удаления тормозного крутящего момента, когда тормозной крутящий момент не требуется.

Этап удаления тормозного крутящего момента может содержать прекращение вращения тела вокруг первой оси.

Этап удаления тормозного крутящего момента может содержать отсоединение вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси от тела.

Этап удаления тормозного крутящего момента может содержать регулирование угла альфа и/или угла бета до 0 градусов.

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

Способ может содержать этап измерения позиции средства подвески.

Способ может содержать этап управления позицией средства подвески таким образом, чтобы поддерживать центр массы тела на четвертой оси.

Способ может содержать этап управления позицией средства подвески таким образом, чтобы ограничивать движение второй оси таким образом, что угол бета ограничен как равный требуемому значению, которое превышает 0 градусов и меньше 90 градусов.

Способ может содержать этап задания угла альфа равным 90 градусов.

Основные пункты формулы изобретения на устройство и способ структурируются 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 схемой, иллюстрирующей примерную ориентацию первой, второй, третьей и четвертой осей, нормальной линии плоскости, которая содержит вторую ось и четвертую ось, углов альфа, бета и тета;

Фиг. 3 иллюстрирует примерное размещение трубок на вращательном валу тела согласно варианту осуществления средства для вращения тела вокруг первой оси;

Фиг. 4 показывает вариант осуществления средства для ограничения движения второй оси;

Фиг. 5 показывает вариант осуществления средства подвески для поддержки внешнего поддерживающего средства;

Фиг. 6 иллюстрирует примерное размещение лопастей и форсунок согласно варианту осуществления средства для вращения тела вокруг первой оси;

Фиг. 7 показывает вариант осуществления сборочного узла тормозных устройств; и

Фиг. 8 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, 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 своего вращения вокруг первой оси 101. Вращательный вал 3 монтируется в пределах внутренней рамке 4 посредством внутренних подшипников 5. Внутренняя рамка 4, в свою очередь, монтируется для вращения вокруг второй оси 102 на внешней рамке 6 посредством внешних подшипников 7. Внешняя рамка 6 подвешивается внутри рамы 8 посредством системы подвески, которая содержит четыре пневматических цилиндра 9. Число цилиндров 9, местоположения и ориентации цилиндров 9 определяются таким образом, что (i) внешняя рамка 6 поддерживается внутри рамы 8, (ii) второй оси 102 предоставляется возможность вращаться вокруг четвертой оси 104, и (iii) внешней рамке 6 не предоставляется возможность вращаться вокруг второй оси 102 (т.е. любое вращение внешней рамки 6 вокруг второй оси 102 предотвращается). Внешняя рамка 6 предпочтительно присоединяется к стержню каждого цилиндра 9 посредством сферического шарнира, и втулка каждого цилиндра 9 предпочтительно присоединяется к раме 8 посредством сферического шарнира. Примерное размещение цилиндров 9 показано на фиг. 1. В другом варианте осуществления, цилиндры 9 также могут быть размещены

таким образом, чтобы поддерживать внешнюю рамку 6 с нижней стороны. Кроме того, цилиндры 9 также могут быть размещены таким образом, чтобы поддерживать внешнюю рамку 6 с верхней и нижней сторон. Ориентации цилиндров 9 также могут быть изменены на противоположное таким образом, что стержень каждого цилиндра 9 присоединяется к раме 8, и втулка каждого цилиндра 9 присоединяется к внешней рамке 6. Цилиндры 9 могут представлять собой цилиндры одиночного действия или двойного действия. Вместо пневматических цилиндров 9 или в дополнение к пневматическим цилиндрам 9, также могут использоваться одна или более пневмоманжет (пневмопружин).

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 β бета. Первая ось 101 ориентирована относительно второй оси 102 под углом α альфа. Чтобы получать тормозной крутящий момент, угол α альфа должен задаваться равным значению, которое превышает 0 градусов, и угол β бета должен задаваться равным значению, которое превышает 0 градусов и меньше 90 градусов. Угол α альфа предпочтительно задается равным 90 градусов.

В тормозном устройстве 1, 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 прецессию вокруг третьей оси 103, т.е. первая 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 и третья ось 103 практически пересекаются в центре массы тела 2. Примерная ориентация осей показана на фиг. 2.

В тормозном устройстве 1, пневматические цилиндры 9 выполнены с возможностью функционировать в качестве пружин посредством сжатия воздуха в цилиндрах 9. Площадь поршня каждого цилиндра 9 должна определяться таким образом, чтобы предоставлять возможность цилиндру 9 переносить вес сборочного узла (который содержит внешнюю рамку 6, внутреннюю рамку 4 и тело 2), который поддерживает система подвески, а также таким образом, чтобы допускать вращение второй оси 102 вокруг четвертой оси 104, в то время как угол β бета имеет требуемое значение.

Тормозное устройство 1 содержит модуль 10 управления позицией для управления позициями (длинами хода) поршней цилиндров 9 в системе подвески. Каждый цилиндр 9 в системе подвески имеет датчик позиции, который измеряет длину хода поршня цилиндра 9 и предоставляет обратную связь по позиции в модуль 10 управления позицией. Дополнительно, тормозное устройство 1 также содержит воздушный

компрессор 11 с воздушным баллоном и средство (не показано) для транспортировки сжатого воздуха в каждый цилиндр 9. Средство (не показано) для транспортировки сжатого воздуха в цилиндры 9 может содержать одно или более из следующего: трубки; трубы, шланги, каналы, поворотные шарниры и клапаны. Мощность, требуемая для воздушного компрессора 11, может предоставляться посредством внешнего источника мощности или посредством вращения, которое должно тормозиться. Модуль 10 управления позицией может управлять позицией поршня цилиндра 9 посредством подачи воздуха в цилиндр 9 и/или выпуска воздуха из цилиндра 9 на основе обратной связи по позиции. В зависимости от конфигурации и типа цилиндров 9, используемых в системе подвески, могут использоваться верхние камеры и/или нижние камеры цилиндров 9. Альтернативно или дополнительно, тормозное устройство 1 может содержать один или более датчиков давления для значений измерения давления воздуха в цилиндрах 9. Модуль 10 управления позицией также может использовать обратную связь по давлению, полученную из цилиндров 9. Модуль 10 управления позицией также используется для того, чтобы предоставлять воздух в цилиндры 9 в случае утечки.

В ходе работы тормозного устройства 1, вторая ось 102 вращается вокруг четвертой оси 104, заставляя поршневые стержням цилиндров 9 выдвигаться и втягиваться. Модуль 10 управления позицией управляет позицией каждого цилиндра 9 таким образом, чтобы поддерживать его позицию в пределах предварительно определенного диапазона. Этот диапазон для каждого цилиндра 9 определяется таким образом, что по мере того, как поршневые стержни цилиндров 9 перемещаются вперед-назад в пределах этого диапазона, центр массы тела 2 поддерживается практически на четвертой оси 104, и также второй оси 102 предоставляется возможность вращаться вокруг четвертой оси 104, в то время как угол β бета имеет практически требуемое значение, которое превышает 0 градусов и меньше 90 градусов.

В зависимости от конфигурации цилиндров 9, модуль 10 управления позицией может деактивировать и активировать набор цилиндров 9 в ходе работы тормозного устройства 1 в случае, если рабочие условия тормозного устройства 1 изменяются.

Тормозное устройство 1 содержит два упругих бампера 12, которые закрепляются на противоположных сторонах рамы 8, которые выполнены с возможностью ограничивать поступательное движение внешней рамки 6 вдоль четвертой оси 104. Таким образом, эти бамперы 12 поглощают ударное воздействие в случае, если возникает столкновение между внешней рамкой 6 и рамой 8.

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 $(2/5) \cdot R^2$, 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 14 для текучей среды, смонтированных на вращательном валу 3, направленных радиально наружу из центра вращательного вала 3. Помимо этого, тормозное устройство 1 содержит гидравлический насос 16 и средство (не показано) для транспортировки текучей среды под давлением в трубки, 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. 3. Средство (не показано) для транспортировки текучей среды под давлением в трубки 14 может содержать одно или более из следующего: трубки; трубы, шланги, каналы и поворотные шарниры. Мощность, требуемая для гидравлического насоса 16, может предоставляться посредством внешнего источника мощности или посредством вращения, которое должно тормозиться. Форсунки трубок 14 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 15 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 15 приводит к замедлению тела 2 вокруг первой оси 101. Клапан может предоставляться с возможностью переключать текучую среду между первым набором трубок 14 и вторым набором трубок 15. Примерное размещение первого набора трубок 14 и второго набора трубок 15 показано на фиг. 3. Стрелки на фиг. 3 указывают направление потока текучей среды для этого конкретного примера. Вместо первого набора трубок 14 и второго набора трубок 15, аналогично сформированные два набора каналов также могут предоставляться в теле 2.

Ссылаясь на фиг. 1, фиг. 4 и фиг. 5, например, тормозное устройство 1 содержит средство 17 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 17 вращательного соединения жестко соединяется с валом 18, который монтируется для вращения вокруг четвертой оси 104 посредством подшипников 19 средства вращательного соединения. Вал 18 средства 17 вращательного соединения вдоль четвертой оси 104

взаимодействовать с вращением, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси 104. Средство 17 вращательного соединения имеет форму кольца. На средстве 17 вращательного соединения, предусмотрено две симметричных прорези 21 относительно четвертой оси 104. Внутренняя рамка 4 содержит два штифта 22 в форме сплошной сферы, которые ориентированы вдоль третьей оси 103. Каждый из двух штифтов 22 поддерживается посредством скользящей части 20 для сферического движения. Каждая скользящая часть 20 выполнена с возможностью проскальзывать в одной из прорезей 21 на средстве 17 вращательного соединения. Эта компоновка допускает вращение внутренней рамки 4 вокруг третьей оси 103 относительно средства 17 вращательного соединения. Ориентации прорезей 21 определяются таким образом, что внутренней рамке 4 предоставляется возможность вращаться ограниченным способом вокруг пятой оси 105 относительно средства 17 вращательного соединения. Пятая ось 105 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 21 также определяются таким образом, что полное вращение второй оси 102 вокруг четвертой оси 104 предоставляется возможность в то время, когда средство 17 вращательного соединения поддерживается стационарным. Предпочтительно, если абсолютные величины сил трения между скользящими частями 20 и соответствующими прорезями 21 и между штифтами 22 и соответствующими скользящими частями 20 являются максимально возможно небольшими. В этой компоновке, если тело 2 первоначально является стационарным, вращение средства 17 вращательного соединения заставляет тело 2 вращаться вокруг второй оси 102.

Вследствие допусков изготовления, может возникать разность абсолютных величин сил, прикладываемых посредством средства 17 вращательного соединения к внутренней рамке 4 через эти два штифта 22. Чтобы уменьшать эту разность, штифты 22 могут монтироваться на внутренней рамке 4 упруго таким образом, чтобы допускать небольшое перемещение штифтов 22 относительно внутренней рамки 4. Это предоставляет более уравновешенное распределение сил, прикладываемых через эти два штифта 22, в силу этого уменьшая результирующую силу на центре тела 2.

В то время, когда тормозное устройство 1 работает, тело 2 дополнительно может вращаться в направлении увеличения угла β бета. Ссылаясь на фиг. 1 и фиг. 5, вал 18 средства 17 вращательного соединения проходит через два круглых отверстия внутренней рамки 4. Эта конфигурация ограничивает движение внешней рамки 6 (а также движение второй оси 102) вокруг четвертой оси 104 таким образом, что максимальное значение угла β бета ограничено. Чтобы предотвращать прямой контакт между внутренней рамкой 4 и валом 18 средства 17 вращательного соединения, упругая опора 13, которая прикрепляется к валу 18, размещается в промежутке между ними. Требуемое предельное значение угла β бета может задаваться посредством изменения диаметра отверстий и/или диаметра вала 18 средства 17 вращательного соединения (включающего в себя толщину упругой опоры 13).

Тормозное устройство 1 также может содержать муфту (не показана) для расцепления вращения, которое должно тормозиться, от средства 17 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 17 вращательного соединения вокруг четвертой оси 104. В этом случае, входной вал трансмиссии зацепляется с вращением, которое должно тормозиться, и выходной вал зацепляется с валом 18 средства 17 вращательного соединения. Поскольку средство 17 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.

Тормозное устройство 1 предпочтительно содержит датчики для измерения значений: частоты вращения тела 2 вокруг первой оси 101; частоты вращения средства 17 вращательного соединения; угла β бета; частоты вращения, которое должно тормозиться. Тормозное устройство 1 может содержать один или более следующих датчиков: датчики на эффекте Холла, оптические датчики, датчики приближения, датчики расхода и датчики крутящего момента.

Тормозное устройство 1 содержит модуль 23 автоматического управления (например, как можно видеть на фиг. 1, фиг. 4 и фиг. 5), который используется для того, чтобы предоставлять различные рабочие состояния. В зависимости от области применения, модуль 23 автоматического управления получает различные входные сигналы из различных датчиков тормозного устройства 1 и задает параметры устройства 1, такие как частота вращения тела 2 вокруг первой оси 101, абсолютная величина тормозного крутящего момента, и отношение частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения тела 2 вокруг второй оси 102. Модуль 23 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 23 автоматического управления управляет частотой вращения тела 2 вокруг первой оси 101 и/или частотой 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 17 вращательного соединения вокруг четвертой оси 104, т.е. посредством изменения передаточного отношения трансмиссии.

Модуль 23 автоматического управления также может управлять тормозным

устройством 1 таким образом, чтобы удалять тормозной крутящий момент для вращения, которое должно тормозиться, когда тормозной крутящий момент не требуется. Тормозной крутящий момент может удаляться с использованием, по меньшей мере, одного из следующего: (i) прекращение вращения тела 2 вокруг первой оси 101 и (ii) расцепление вращения, которое должно тормозиться, от средства 17 вращательного соединения.

Следует отметить, что тормозной крутящий момент не может полностью удаляться посредством задания угла β 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 θ тета задается как острый угол (или возможно прямой угол) между первой осью 101 и нормальной линией N 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 16, в трубки на вращательном валу тела 2. Когда вращение, которое должно тормозиться, взаимодействует со средством 17 вращательного соединения, средство 17 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 17 вращательного соединения, крутящий момент прикладывается к телу 2 вокруг второй оси 102 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 θ 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 предоставляет 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 17 вращательного соединения. В ходе работы тормозного устройства 1, угол θ тета остается постоянным со значением меньше 90 градусов при условии, что параметры тормозного устройства 1 поддерживаются постоянными. Значение угла θ 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.

Во втором предпочтительном варианте осуществления тормозного устройства, система подвески дополнительно выполнена с возможностью функционировать в качестве средства для ограничения движения второй оси 102. В этом варианте осуществления, жесткость системы подвески определяется или регулируется таким образом, что угол β бета ограничен как равный требуемому значению, которое превышает 0 градусов и меньше 90 градусов.

Ссылаясь на фиг. 4, другой предпочтительный вариант осуществления средства для ограничения движения второй оси 102 таким образом, что угол β бета ограничен как равный требуемому значению, которое превышает 0 градусов и меньше 90 градусов, содержит рычаг 24, который называется "ограничивающим рычагом 24". Ограничивающий рычаг 24 содержит два стержня, которые жестко соединяются между собой таким образом, что угол между осью, вдоль которой ориентируется первый стержень 25, и осью, вдоль которой ориентируется второй стержень 26, составляет требуемое значение для угла β бета. Ограничивающий рычаг 24 монтируется на тормозном устройстве таким образом, что первый стержень 25 лежит вдоль четвертой оси 104 и поддерживается для вращения вокруг четвертой оси 104 посредством первых подшипников 27 ограничивающего рычага рамы 8; и второй стержень 26 лежит вдоль второй оси 102 и поддерживается для вращения вокруг второй оси 102 посредством вторых подшипников 28 ограничивающего рычага внутренней рамки 4. Эта компоновка обеспечивает то, что движение второй оси 102 ограничено таким образом, чтобы поддерживать угол β бета постоянным с выбранным значением при разрешении второй оси 102 вращаться вокруг четвертой оси 104.

Ссылаясь на фиг. 5, другой предпочтительный вариант осуществления средства подвески содержит четыре монтажных опоры 29 двигателя (также могут называться "монтажными опорами мотора"), один конец каждой из которых монтируется на нижней стороне внешней рамки 6 посредством сферического шарнира, и другой конец каждой из которых монтируется на раме 8 посредством другого сферического шарнира. Число монтажных опор 29 двигателя, местоположения, ориентации и типы монтажных опор 29 двигателя определяются таким образом, что (i) внешняя рамка 6 поддерживается внутри рамы 8, (ii) второй оси 102 предоставляется возможность вращаться вокруг четвертой оси 104, и (iii) внешней рамке 6 не предоставляется возможность вращаться вокруг второй оси 102 (т.е. любое вращение внешней рамки 6 вокруг второй оси 102 предотвращается).

Ссылаясь на фиг. 6, в другом предпочтительном варианте осуществления средства для вращения тела 2 вокруг первой оси 101, тормозное устройство 1 содержит тело 2 с одной или более лопаток 30, набором из одной или более форсунок 31, присоединенных к внутренней рамке 4, гидравлическим насосом 16 и средством (не показано) для транспортировки текучей среды под давлением в форсунки 31, присоединенные к внутренней рамке 4. Ориентации форсунок 31 и форма лопастей 30 определяются таким образом, что когда текучая среда под давлением переносится на лопасти 30 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. 6) 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.

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

В четвертом, альтернативном варианте осуществления, рама 8 тормозного устройства 1 содержит ходовую часть транспортного средства.

В пятом, альтернативном варианте осуществления, рама 8 тормозного устройства 1 монтируется на ходовой части транспортного средства посредством монтажных опор двигателя таким образом, чтобы уменьшать вибрации.

Ссылаясь на фиг. 7, предоставляется вариант осуществления сборочного узла 32 тормозных устройств 1. Сборочный узел 32 содержит четыре идентичных тормозных устройства 1, размещаемые в матрице 2×2. Рамы 8 тормозных устройств 1 жестко соединяются между собой, к примеру, четвертые оси 104 тормозных устройств 1 являются практически параллельными между собой. Сборочный узел 32 дополнительно содержит средство 33 для распределения вращения вокруг шестой оси 106 в каждое тормозное устройство 1 таким образом, что вал 34 средства для распределения вращения зацепляется с валом 18 средства 17 вращательного соединения каждого тормозного устройства 1 таким образом, чтобы заставлять средство 17 вращательного соединения каждого тормозного устройства 1 вращаться на идентичной частоте вращения, но под различным соответствующим фазовым углом. Шестая ось 106, может представлять собой любую ось,

которая является практически параллельной четвертым осям 104 тормозных устройств 1. Вращение, которое должно тормозиться, взаимодействует с валом 34 средства для распределения вращения. Средство 33 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 1 должен составлять 90 градусов, фазовый угол нижнего правого тормозного устройства 1 должен составлять 180 градусов, и фазовый угол верхнего правого тормозного устройства 1 должен составлять 270 градусов. Относительные ориентации тел 2 тормозных устройств 1 в конкретный момент проиллюстрированы на фиг. 8. Средство 33 для распределения вращения обеспечивает то, что вращения средств 17 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 32. Абсолютная величина тормозного крутящего момента, предоставленного посредством сборочного узла 32, представляет собой сумму тормозных крутящих моментов, предоставленных посредством каждого из тормозных устройств 1 в сборочном узле 32.

Перечень ссылочных позиций

- 1 - тормозное устройство
- 2 - тело
- 3 - вращательный вал
- 4 - внутренняя рамка
- 5 - внутренние подшипники
- 6 - внешняя рамка
- 7 - внешние подшипники
- 8 - рама
- 9 - цилиндр
- 10 - модуль управления позицией
- 11 - воздушный компрессор
- 12 - упругий бампер
- 13 - упругая опора
- 14 - первый набор трубок для текучей среды
- 15 - второй набор трубок для текучей среды
- 16 - гидравлический насос
- 17 - средство вращательного соединения
- 18 - вал средства вращательного соединения
- 19 - подшипники средства вращательного соединения

- 20 - скользящая часть
- 21 - прорези средства вращательного соединения
- 22 - сферические штифты
- 23 - модуль автоматического управления
- 24 - ограничивающий рычаг
- 25 - первый стержень ограничивающего рычага
- 26 - второй стержень ограничивающего рычага
- 27 - первые подшипники ограничивающего рычага
- 28 - вторые подшипники ограничивающего рычага
- 29 - монтажная опора двигателя
- 30 - лопасти тела
- 31 - форсунки
- 32 - сборочный узел тормозных устройств
- 33 - средство для распределения вращения
- 34 - вал средства для распределения вращения
- 101 - первая ось
- 102 - вторая ось
- 103 - третья ось
- 104 - четвертая ось
- 105 - пятая ось
- 106 - шестая ось
- α - угол альфа
- β - угол бета
- θ - угол тета
- N - нормальная линия плоскости, которая содержит вторую ось и четвертую ось

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Тормозное устройство (1), содержащее:

тело (2);

внутреннее поддерживающее средство (4) для поддержки тела (2) для вращения вокруг первой оси (101);

внешнее поддерживающее средство (6) для поддержки внутреннего поддерживающего средства (4) для вращения вокруг второй оси (102), при этом первая ось (101) ориентирована относительно второй оси (102) под углом (α) альфа, который превышает 0 градусов;

средство (14, 15, 16, 30, 31) для вращения тела (2) вокруг первой оси (101);

средство (17) 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), при этом вторая ось (102) ориентирована относительно четвертой оси (104) под углом (β) бета, который превышает 0 градусов и меньше 90 градусов, **отличающееся тем, что** оно дополнительно содержит:

средство (9, 10, 11, 29) подвески для поддержки внешнего поддерживающего средства (6), причем средство (9, 10, 11, 29) подвески выполнено с возможностью обеспечения вращения второй оси (102) вокруг четвертой оси (104), и средство (9, 10, 11, 29) подвески выполнено с возможностью предотвращения вращения внешнего поддерживающего средства (6) вокруг второй оси (102); при этом:

телу (2) дополнительно обеспечена возможность вращения вокруг третьей оси (103), которая 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),

вращение тела (2) вокруг первой оси (101) и крутящий момент, прикладываемый к телу (2) вокруг второй оси (102), вместе заставляют тело (2) дополнительно вращаться вокруг третьей оси (103),

тело (2) вращается вокруг первой оси (101), второй оси (102) и третьей оси (103) одновременно,

вращение тела (2) вокруг первой оси (101) и вращение тела (2) вокруг третьей оси (103) вместе 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 раму (8), при этом средство (9, 10, 11, 29) подвески размещено между рамой (8) и внешним поддерживающим средством (6) таким образом, чтобы поддерживать внешнее поддерживающее средство (6), так что разрешается вращение второй оси (102) вокруг четвертой оси (104), и предотвращается вращение внешнего поддерживающего средства (6) вокруг второй оси (102).

3. Тормозное устройство (1) по п. 1 или 2, дополнительно содержащее средство на

основе гидравлических подшипников, чтобы поддерживать одно или более из: тела (2), внутреннего поддерживающего средства (4) и средства (17) 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).

4. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-3, в котором средство подвески содержит упругое монтажное средство (29).

5. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-4, в котором средство подвески содержит пружинное средство.

6. Тормозное устройство (1) по п. 5, в котором пружинное средство содержит одну или более механических пружин.

7. Тормозное устройство (1) по п. 5 или 6, в котором пружинное средство содержит пневматическое пружинное средство (9, 10, 11).

8. Тормозное устройство (1) по п. 7, в котором пневматическое пружинное средство (9, 10, 11) содержит один или более пневматических цилиндров (9), которые выполнены с возможностью функционирования в качестве пружин посредством сжатия воздуха в цилиндрах (9).

9. Тормозное устройство (1) по п. 7 или 8, в котором пневматическое пружинное средство (9, 10, 11) содержит одну или более пневмоманжет.

10. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 7-9, дополнительно содержащее средство для измерения позиции пневматического пружинного средства (9, 10, 11).

11. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 7-10, дополнительно содержащее средство (10) для управления позицией пневматического пружинного средства (9, 10, 11).

12. Тормозное устройство (1) по п. 11, в котором средство (10) для управления позицией пневматического пружинного средства (9, 10, 11) выполнено с возможностью поддержания центра массы тела (2) на четвертой оси (104).

13. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-12, в котором средство (9, 10, 11, 29) подвески выполнено с возможностью обеспечения вращения второй оси (102) вокруг четвертой оси (104), так что угол (β) бета ограничен как равный требуемому значению, которое превышает 0 градусов и меньше 90 градусов.

14. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-13, дополнительно содержащее средство (24) для ограничения движения второй оси (102) таким образом, что угол (β) бета ограничен как равный требуемому значению, которое превышает 0 градусов и меньше 90 градусов.

15. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-14, в котором средство (17) для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104) с телом (2), чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело (2) вокруг второй оси (102), установлено для вращения вокруг четвертой оси (104), средство (17) для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104) с телом (2), чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело (2) вокруг второй оси (102), взаимодействует с вращением, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104), и

средство (17) для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104) с телом (2), чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело (2) вокруг второй оси (102), сконструировано с возможностью приложения крутящего момента к телу (2) вокруг второй оси (102), когда четвертая ось (104) вращается.

16. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-15, дополнительно содержащее средство для управления отношением частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения тела (2) вокруг второй оси (102).

17. Тормозное устройство (1) по п. 16, 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, взаимодействует с входным валом средства трансмиссии, и средство (17) для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104) с телом (2), чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело (2) вокруг второй оси (102), взаимодействует с выходным валом средства трансмиссии.

18. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-17, в котором средство (14, 15, 16, 30, 31) для вращения тела (2) вокруг первой оси (101) содержит одно или более из: электромотора, гидравлического мотора и пневматического мотора.

19. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-18, в котором тело (2) содержит одну или более лопастей (30).

20. Тормозное устройство (1) по п. 19, в котором средство (14, 15, 16, 30, 31) для вращения тела (2) вокруг первой оси (101) содержит средство (16) для накачки текучей среды и средство (31) для переноса текучей среды на лопасти тела (2) таким образом, чтобы вращать тело (2) вокруг первой оси (101).

21. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-20, в котором тело (2) содержит одну или более трубок (14, 15) для текучей среды или один или более каналов.

22. Тормозное устройство (1) по п. 21, в котором средство (14, 15, 16, 30, 31) для вращения тела (2) вокруг первой оси (101) содержит средство (16) для накачки текучей среды в одну или более трубок для текучей среды или каналов тела (2) таким образом, что по мере того, как текучая среда выходит из форсунок трубок или каналов, тело (2) вращается вокруг первой оси (101) в результате реакции текучей среды.

23. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-22, в котором мощность, требуемая для средства (14, 15, 16, 30, 31) для вращения тела (2) вокруг первой оси (101), предоставляется посредством вращения, которое должно тормозиться.

24. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-23, дополнительно содержащее средство для управления средством (14, 15, 16, 30, 31) для вращения тела (2) вокруг первой оси (101) таким образом, чтобы управлять частотой вращения тела (2) вокруг первой оси (101).

25. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-24, 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 (17) 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 (β) бета; абсолютная величина тормозного крутящего момента; частота вращения, которое должно тормозиться.

26. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-25, дополнительно содержащее средство для управления абсолютной величиной тормозного крутящего момента, при этом средство для управления абсолютной величиной тормозного крутящего момента управляет абсолютной величиной тормозного крутящего момента посредством управления одним или более из следующего: частота вращения тела (2) вокруг первой оси (101); и отношение частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения тела (2) вокруг второй оси (102).

27. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-26, в котором угол (α) альфа составляет 90 градусов.

28. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-27, в котором первая ось (101), вторая ось (102), третья ось (103) и четвертая ось (104) пересекаются в центре массы тела (2).

29. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-28, в котором каждая из первой оси (101), второй оси (102) и третьей оси (103) является перпендикулярной другим двум осям.

30. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-29, в котором тело (2) изготовлено из материала с модулем упругости, превышающим 70 ГПа.

31. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-30, в котором тело (2) является цилиндрически симметричным.

32. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-31, 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).

33. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-32, в котором тело (2) содержит ступицу, переключку и кольцеобразную кромку.

34. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-33, дополнительно содержащее одну или более уравнивающих масс, смонтированных для вращения вокруг четвертой оси (104).

35. Тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-34, предоставляющее непрерывный, предпочтительно постоянный тормозной крутящий момент против вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104).

36. Сборочный узел (32) из двух или более тормозных устройств (1), каждое из которых содержит тормозное устройство (1) по любому из пп. 1-35, в комбинации со средством (33) для распределения вращения, которое должно тормозиться, в каждое тормозное устройство (1) таким образом, чтобы вращать каждое средство (17) 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 (32) уменьшаются, за счет чего вибрации, возникающие в сборочном узле (32), уменьшаются, и абсолютная величина тормозного крутящего момента, предоставленного посредством сборочного узла (32), представляет собой сумму тормозных крутящих моментов, предоставленных посредством каждого из тормозных устройств (1) в сборочном узле (32).

37. Способ формирования тормозного крутящего момента в тормозном устройстве (1), содержащем:

тело (2);

внутреннее поддерживающее средство (4) для поддержки тела (2) для вращения вокруг первой оси (101);

внешнее поддерживающее средство (6) для поддержки внутреннего поддерживающего средства (4) для вращения вокруг второй оси (102), при этом первая ось (101) ориентируется относительно второй оси (102) под углом (α) альфа, который превышает 0 градусов;

средство (14, 15, 16, 30, 31) для вращения тела (2) вокруг первой оси (101);

средство (17) для соединения вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104) с телом (2), чтобы передавать вращение и крутящий момент в тело (2) вокруг второй оси (102), при этом вторая ось (102), ориентируется относительно четвертой оси (104) под углом (β) бета, который превышает 0 градусов и меньше 90 градусов;

средство (9, 10, 11, 29) подвески для поддержки внешнего поддерживающего средства (6), **отличающийся тем, что:**

конфигурируют средство (9, 10, 11, 29) подвески таким образом, чтобы обеспечивать вращение второй оси (102) вокруг четвертой оси (104);

конфигурируют средство (9, 10, 11, 29) подвески таким образом, чтобы предотвращать вращение внешнего поддерживающего средства (6) вокруг второй оси (102); при этом:

телу (2) дополнительно обеспечивают возможность вращения вокруг третьей оси (103), которая 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),

вращение тела (2) вокруг первой оси (101) и крутящий момент, прикладываемый к телу (2) вокруг второй оси (102), вместе 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) вместе 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).

38. Способ по п. 37, при котором дополнительно регулируют абсолютную величину тормозного крутящего момента.

39. Способ по п. 38, при котором при регулировании абсолютной величины тормозного крутящего момента регулируют одно или более из: частоты вращения тела (2) вокруг первой оси (101); и отношения частоты вращения, которое должно тормозиться, к частоте вращения тела (2) вокруг второй оси (102).

40. Способ по любому из пп. 37-39, при котором дополнительно удаляют тормозной крутящий момент, когда тормозной крутящий момент не требуется.

41. Способ по п. 40, при котором при удалении тормозного крутящего момента прекращают вращение тела (2) вокруг первой оси (101).

42. Способ по любому из пп. 40 или 41, при котором при удалении тормозного крутящего момента отсоединяют вращение, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104) от тела (2).

43. Способ по любому из пп. 40-42, при котором этап удаления тормозного крутящего момента содержит этап, на котором регулируют угол (α) альфа и/или угол (β) бета до 0 градусов.

44. Способ по любому из пп. 37-43, при котором непрерывный, предпочтительно постоянный тормозной крутящий момент предоставляют против вращения, которое должно тормозиться, вокруг четвертой оси (104).

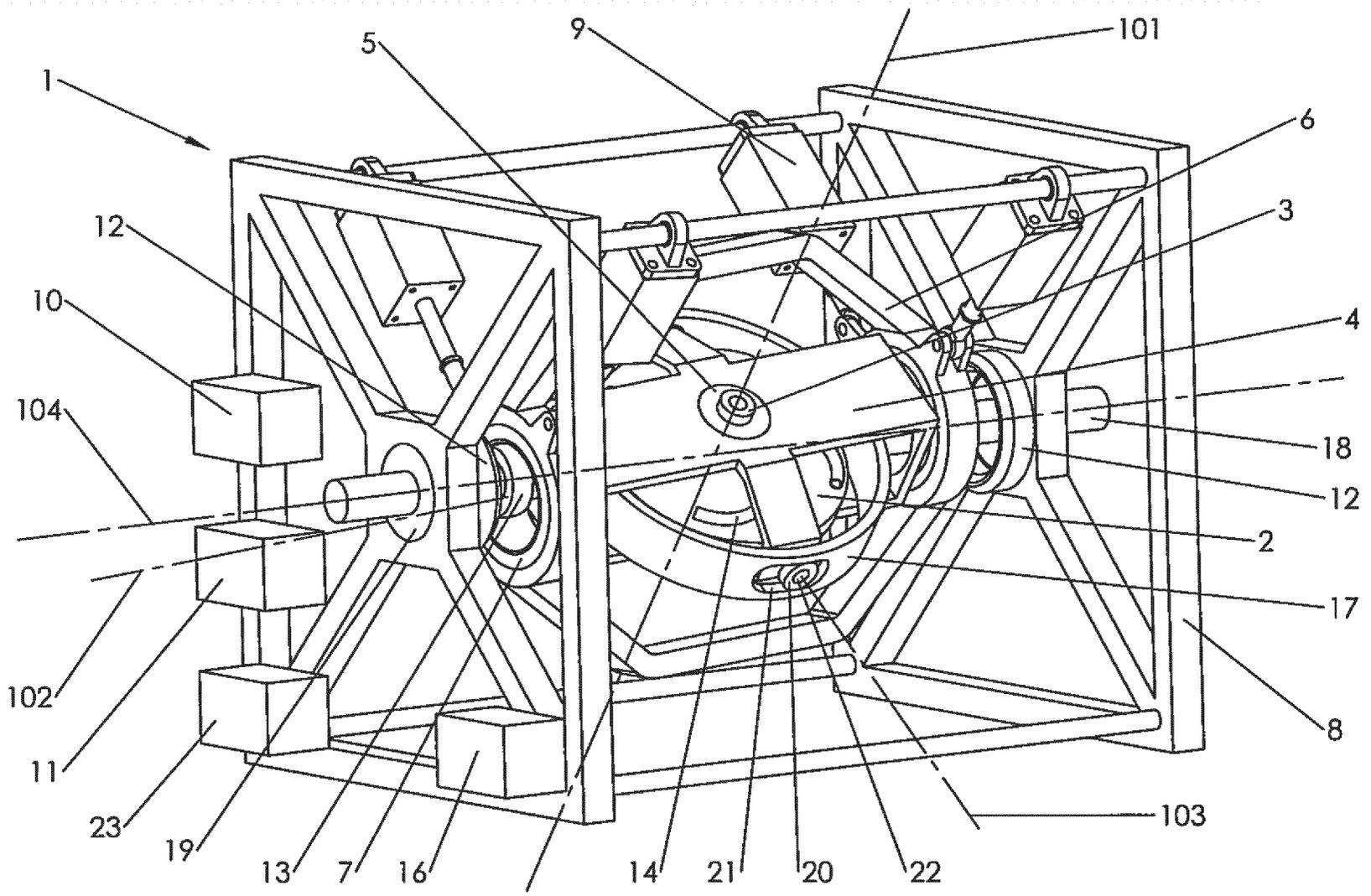
45. Способ по любому из пп. 37-44, при котором дополнительно измеряют позицию средства (9, 10, 11, 29) подвески.

46. Способ по любому из пп. 37-45, при котором дополнительно управляют позицией средства (9, 10, 11, 29) подвески таким образом, чтобы поддерживать центр массы тела (2) на четвертой оси (104).

47. Способ по любому из пп. 37-46, при котором дополнительно управляют позицией средства (9, 10, 11, 29) подвески таким образом, чтобы ограничивать движение второй оси (102) таким образом, что угол (β) бета ограничен как равный требуемому значению, которое превышает 0 градусов и меньше 90 градусов.

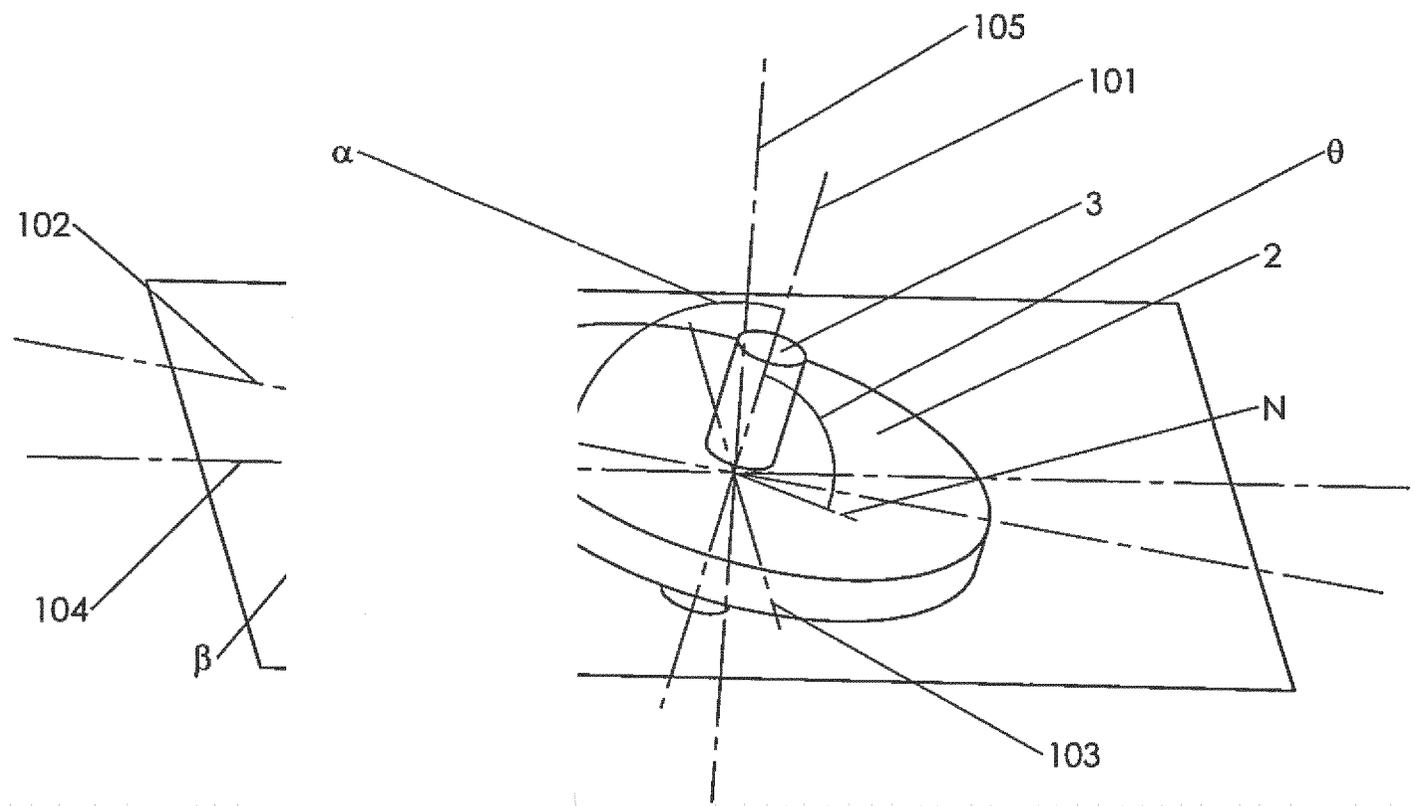
48. Способ по любому из пп. 37-47, при котором дополнительно задают угол (α) альфа равным 90 градусов.

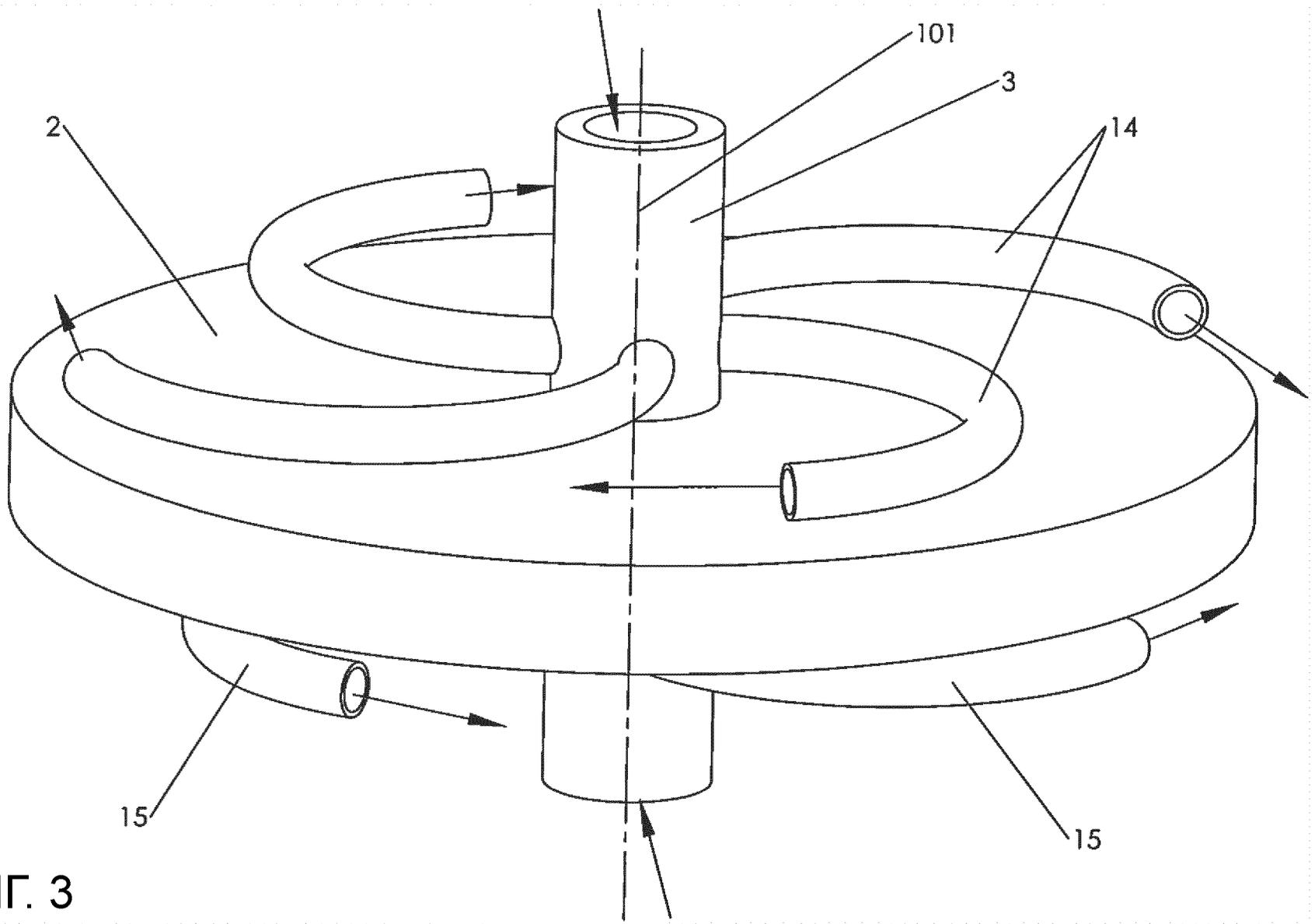
По доверенности



ФИГ. 1

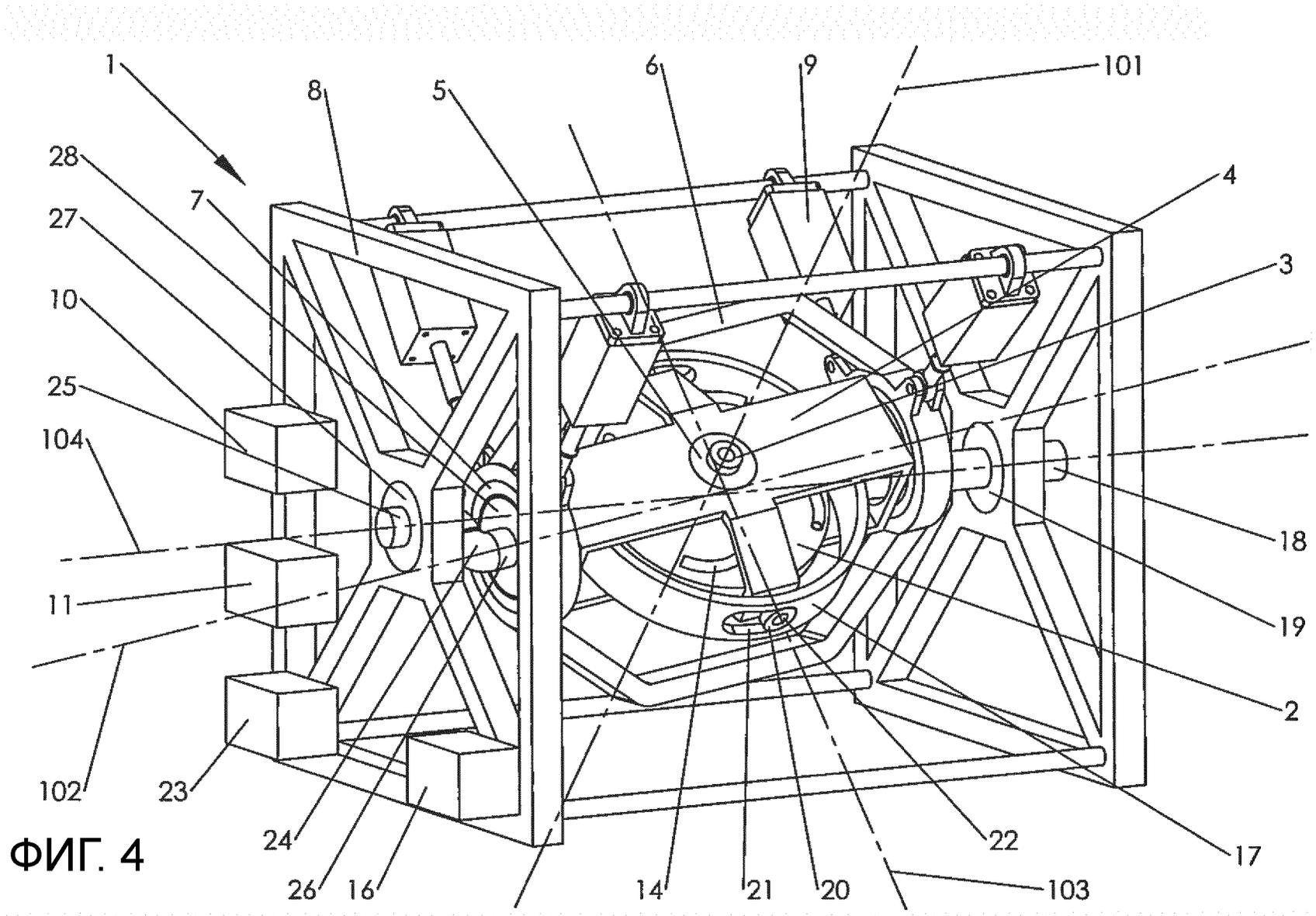
ФИГ. 2



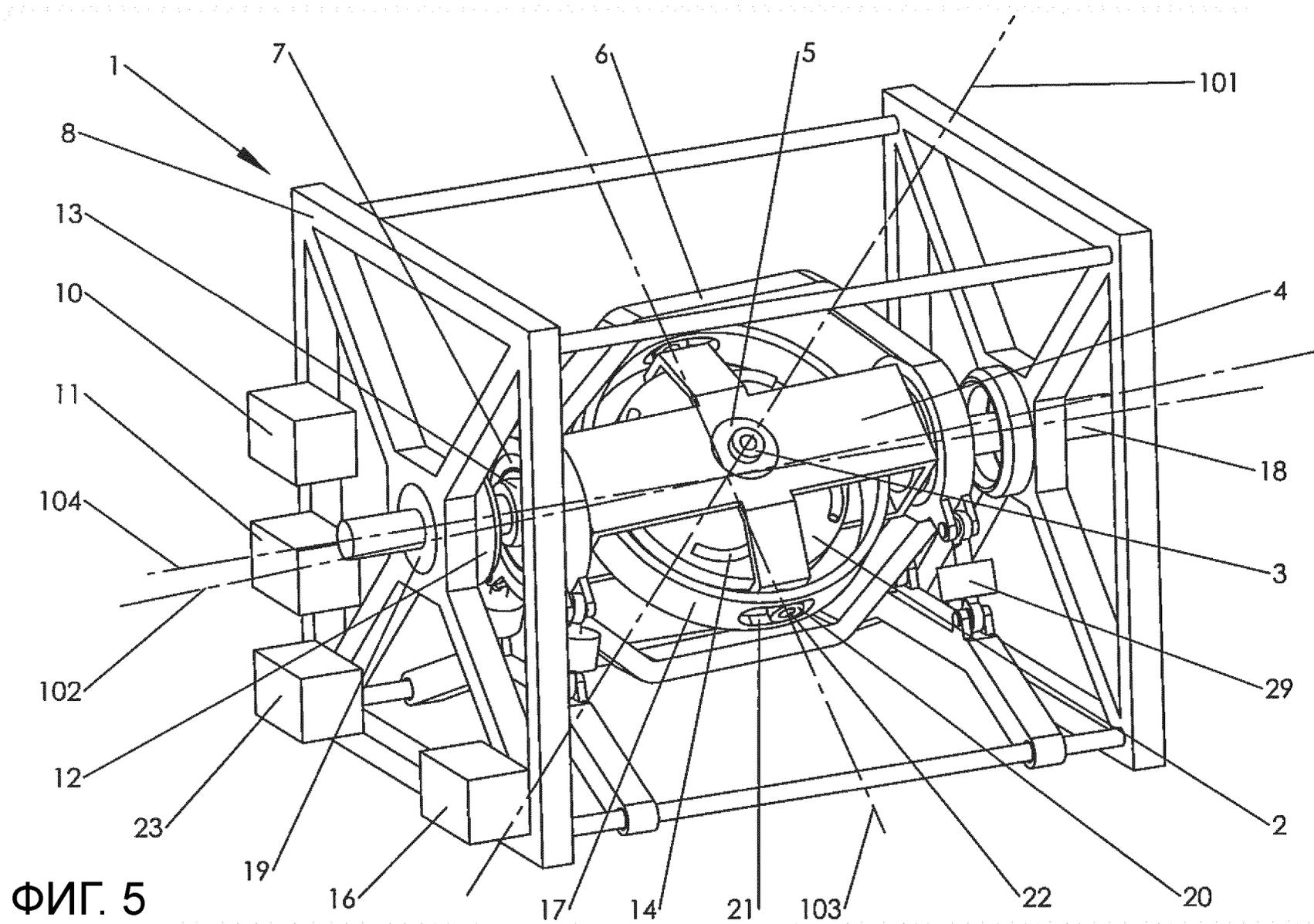


3/8

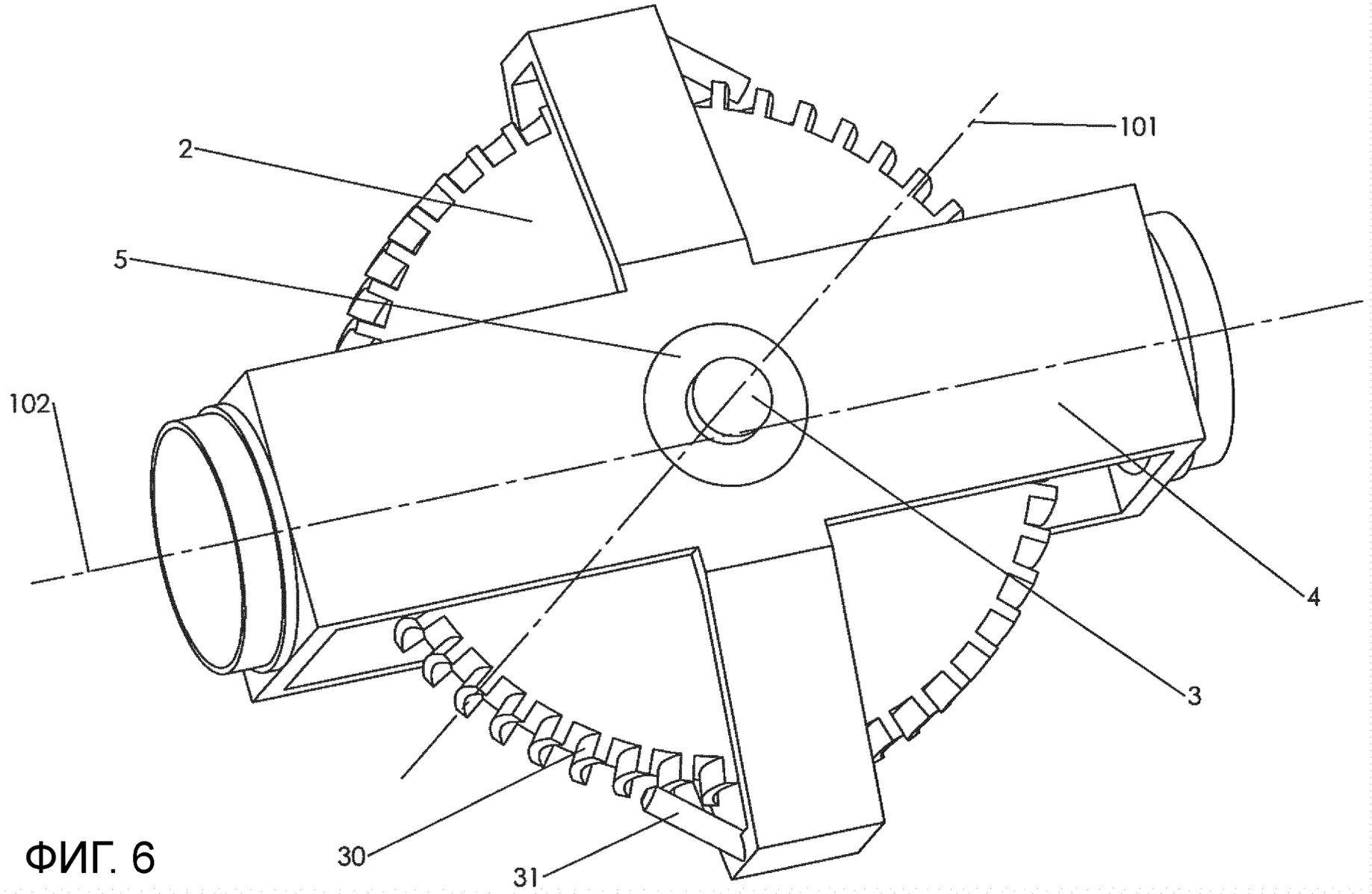
ФИГ. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5



ФИГ. 6

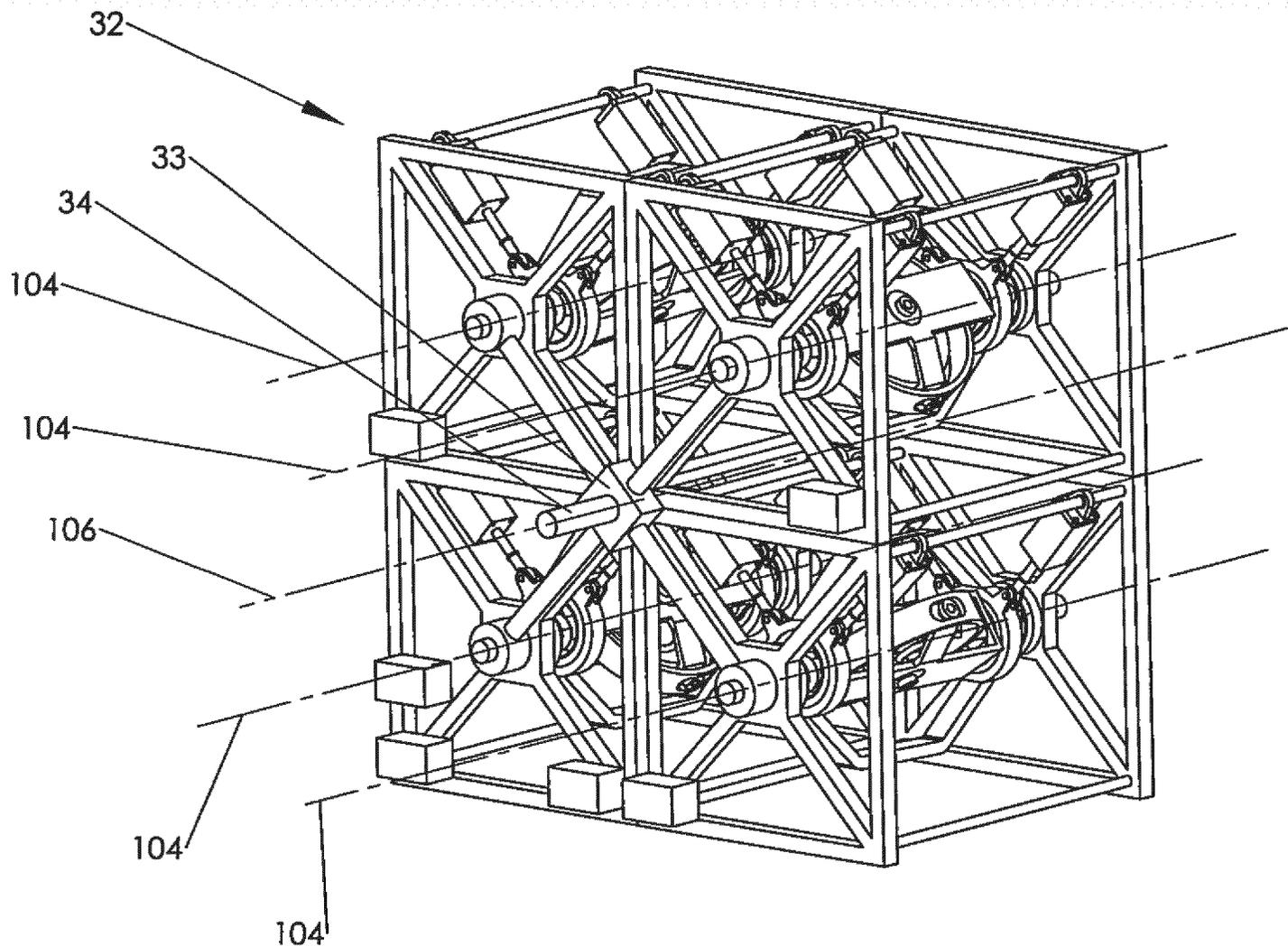
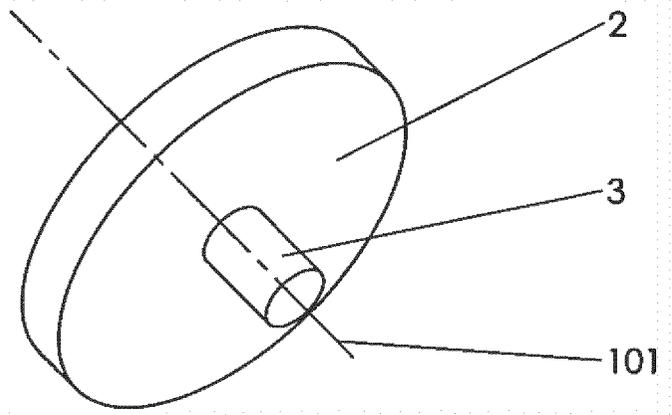
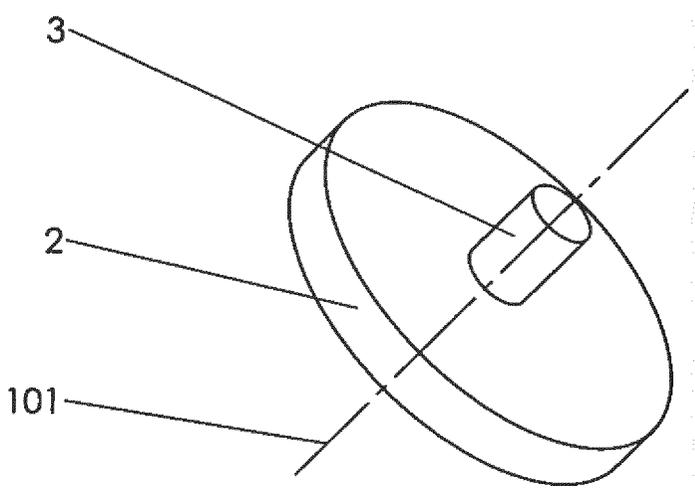
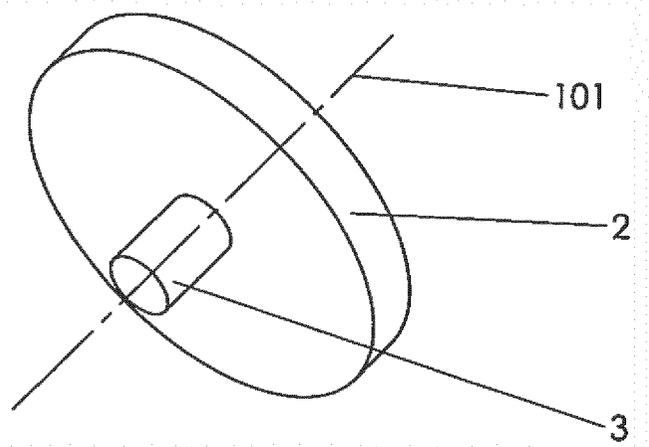
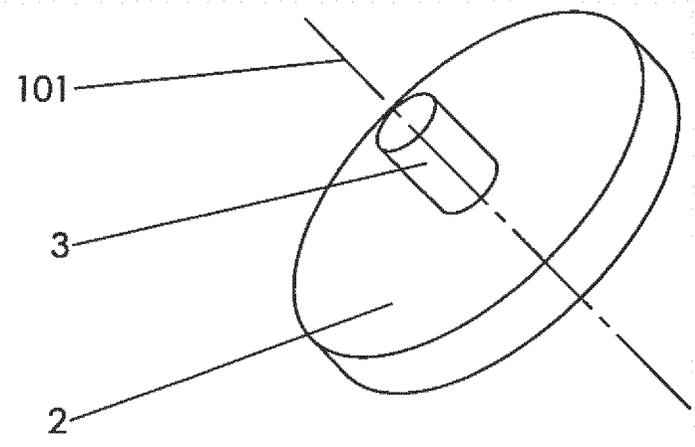


Figure 7



ФИГ. 8