

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202492047 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.11.07

(51) Int. Cl. A63G 31/16 (2006.01)
A63G 31/02 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2023.02.08

(54) СИСТЕМА И СПОСОБ СИМУЛЯЦИИ ДВИЖЕНИЯ

(31) 63/308,421

(32) 2022.02.09

(33) US

(86) PCT/IB2023/051091

(87) WO 2023/152640 2023.08.17

(71) Заявитель:
АРКИНЕМАТИКС ЛТД. (СУ)

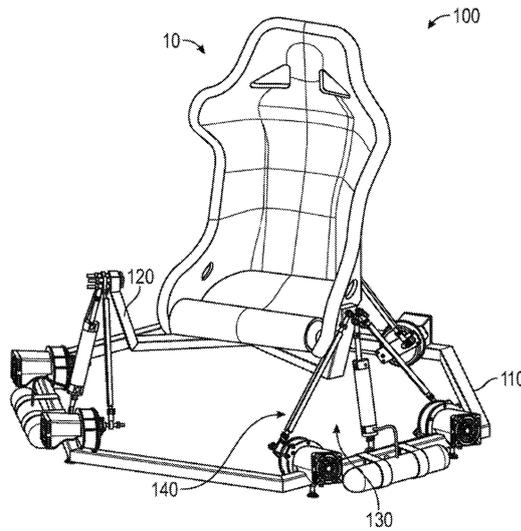
(72) Изобретатель:

Хаджикристоу Луис, Грегориадес
Михаэль (СУ)

(74) Представитель:

Кузнецова С.А. (РУ)

(57) Различные варианты осуществления, описанные в настоящем документе, включают способы, устройства и системы симуляции движения. В одном аспекте система симуляции движения содержит привод, несущий нагрузку, и узел привода позиционирования. Привод, несущий нагрузку, содержит пневматический цилиндр, имеющий полость, и шток поршня, расположенный по меньшей мере частично в полости пневматического цилиндра. Первый конец штока поршня и полость пневматического цилиндра определяют объем пневматического цилиндра. Объем пневматического цилиндра выполнен с возможностью нагнетания давления для поддержания веса полезной нагрузки. Узел привода позиционирования содержит привод позиционирования со статором и ротором, а также соединительный шток. Соединительный шток соединен с ротором. Ротор выполнен с возможностью вращения для перемещения соединительного штока и расположения полезной нагрузки, поддерживаемой приводом, несущим нагрузку.



A1

202492047

202492047

A1

СИСТЕМА И СПОСОБ СИМУЛЯЦИИ ДВИЖЕНИЯ

ССЫЛКА НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

[0001] Настоящая заявка испрашивает приоритет предварительной заявки на патент США № 63/308,421, поданной 9 февраля 2022 г., раскрытие которой включено в данный документ посредством ссылки.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0002] Настоящее изобретение относится в общем к системам симуляции движения, включая, но без ограничения, системы симуляции движения, содержащие узел платформы и выполненные с возможностью перемещения в нескольких степенях подвижности.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0003] Системы симуляции движения имеют включенные платформы для поддержания и инициации физического перемещения для участников в развлекательных аттракционах и продуктах симуляции, например видеоиграх. Такие системы были спроектированы для обеспечения физического перемещения для участников деятельности по просмотру фильмов или компьютерной симуляции/игр. Платформа (или гексапод) Стюарта является хорошо известной формой симулятора, которая перемещает платформу относительно основания.

[0004] В некоторых вариантах применения гексаподы включают шесть линейных приводов, расположенных с возможностью перемещения платформы в шести степенях подвижности, в частности трех линейных и трех вращательных степенях подвижности, относительно основания, в зависимости от того, какие приводы используют в сочетании. Поступательные степени подвижности в общем известны как рывок (горизонтальное перемещение в направлении движения), качание (горизонтальное перемещение перпендикулярно направлению движения) и подъем (вертикальное движение). Вращательные степени подвижности известны как кручение (вращение вокруг оси, параллельной направлению движения), наклон (вращение вокруг

горизонтальной оси, перпендикулярной направлению движения) и отклонение (вращение вокруг вертикальной оси).

[0005] В некоторых вариантах применения гексаподы могут иметь ограниченные рабочие пространства, определяемые максимальной и минимальной амплитудой движения платформы, которая дополнительно определяется пределом движения приводов. Для более крупных рабочих пространств, требующих дополнительного перемещения платформы в любой заданной степени подвижности, определенные системы могут использовать более длинные приводы, но такие более длинные приводы могут значительно повысить стоимость, свойственную симулятору, и могут также понизить присущую жесткость симулятора. Дополнительно определенные существующие системы симуляции движения могут задействовать дорогостоящие компоненты промышленного типа, дополнительно повышая стоимость симулятора. В некоторых вариантах применения основным источником затрат существующих систем симуляции движения является подсистема исполнительного механизма движения, которая содержит исполнительные элементы (серводвигатели), связанные элементы понижающей передачи и связанные системы обратной связи и управления.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0006] Соответственно, существует необходимость в системе симуляции движения, обладающей улучшенными управлением перемещением и возможностями (например, улучшенная частотная характеристика), одновременно имея более низкую стоимость изготовления.

[0007] В настоящем изобретении описаны системы симуляции движения для инициации физического перемещения для целей развлечения и симуляции. В некоторых вариантах осуществления система симуляции движения содержит один или более приводов, несущих нагрузку, и один или более узлов привода позиционирования.

[0008] Система симуляции движения может включать множество приводов, несущих нагрузку, и множество узлов привода позиционирования. В различных вариантах осуществления система симуляции движения может содержать в два раза больше узлов привода позиционирования, чем приводов, несущих нагрузку. В некоторых вариантах осуществления система симуляции движения может содержать три привода, несущих нагрузку, и шесть узлов привода позиционирования. В

некоторых вариантах осуществления конец привода, несущего нагрузку, может быть расположен смежно с концами первого и второго узлов привода позиционирования. Система симуляции движения может предусматривать шесть степеней подвижности.

[0009] Система симуляции движения может содержать платформу. Платформа может быть соединена с приводами, несущими нагрузку, и узлами привода позиционирования.

[0010] В некоторых вариантах осуществления привод, несущий нагрузку, может содержать буферный бак. Буферный бак может обеспечивать или определять недействующий объем. Буферный бак может находиться в сообщении по текучей среде с пневматическим цилиндром. Буферный бак может увеличивать недействующий объем привода, несущего нагрузку. Например, недействующий объем может составлять приблизительно от 100 % до 500 % рабочего объема пневматического цилиндра. В некоторых вариантах осуществления пневматический цилиндр может быть наполнен путем колебания штока поршня.

[0011] В некоторых вариантах осуществления узел привода позиционирования содержит коленчатую рукоять, шарнирно соединенную с ротором и соединительным штоком. Коленчатая рукоять может быть выполнена как единое целое с ротором.

[0012] В некоторых вариантах осуществления привод, несущий нагрузку, и узел привода позиционирования по меньшей мере частично размещены внутри корпуса линейного привода. Соединительный шток узла привода позиционирования может быть соединен со штоком поршня привода, несущего нагрузку. В некоторых вариантах осуществления конец соединительного штока шарнирно соединен со штоком поршня между первым концом и вторым концом штока поршня.

[0013] В некоторых вариантах осуществления система симуляции движения содержит контроллер для управления работой привода, несущего нагрузку, и привода позиционирования. В различных вариантах осуществления контроллер может обнаруживать потребление тока приводов позиционирования. В некоторых вариантах осуществления контроллер выполнен с возможностью нагнетания давления в объем пневматического цилиндра до определенной величины, чтобы минимизировать потребление тока привода позиционирования. В различных вариантах осуществления

контроллер выполнен с возможностью управления работой привода позиционирования с частотой до приблизительно 1000 Гц.

[0014] В различных вариантах осуществления контроллер системы симуляции движения может сравнивать вращательное положение приводов позиционирования с желаемым вращательным положением приводов позиционирования для управления по замкнутому контуру системы управления движением. В некоторых вариантах осуществления контроллер может регулировать коэффициент передачи в ответ на сравнение вращательного положения приводов позиционирования с желаемым вращательным положением приводов позиционирования.

[0015] В некоторых вариантах осуществления система симуляции движения содержит устройство для накопления электроэнергии для получения энергии, генерируемой приводом позиционирования, и передачи энергии в систему симуляции движения.

[0016] Как было описано выше, определенные традиционные системы симуляции движения могут быть дорогостоящими и могут иметь относительно низкую частотную характеристику и присущую жесткость. В настоящее изобретение включены варианты осуществления, которые обеспечивают возможность улучшения управления перемещением, повышения частотной характеристики и повышения присущей жесткости, одновременно обеспечивая сниженную стоимость компонентов и изготовления. В вариантах осуществления настоящего изобретения могут использоваться компоновки приводов прямого типа и устраняться элементы понижающей передачи. Кроме того, в вариантах осуществления настоящего изобретения могут использоваться вращательные или линейные кодеры для обеспечения дополнительного контроля двигателям без сервоуправления. Дополнительно варианты осуществления настоящего изобретения могут обеспечивать возможность принудительной вентиляции приводов для улучшения охлаждения.

[0017] В одном аспекте некоторые варианты осуществления включают систему симуляции движения, содержащую привод, несущий нагрузку, содержащий: пневматический цилиндр, образующий полость; и шток поршня, размещенный по меньшей мере частично внутри полости пневматического цилиндра, при этом первый конец штока поршня и полость пневматического цилиндра определяют объем

пневматического цилиндра, и объем пневматического цилиндра выполнен с возможностью нагнетания давления для поддержания веса полезной нагрузки; и узел привода позиционирования, содержащий: привод позиционирования, содержащий: статор; и ротор, выполненный с возможностью вращения относительно статора; и соединительный шток, соединенный с ротором, при этом ротор выполнен с возможностью вращения для передачи соединительного штока и расположения полезной нагрузки, поддерживаемой приводом, несущим нагрузку.

[0018] В другом аспекте некоторые варианты осуществления включают систему симуляции движения, содержащую: основание; платформу, выполненную с возможностью перемещения относительно основания и выполненную с возможностью поддержания полезной нагрузки; множество приводов, несущих нагрузку, при этом каждый привод, несущий нагрузку, содержит: пневматический цилиндр, шарнирно соединенный с основанием, при этом пневматический цилиндр образует полость; и шток поршня, определяющий первый конец и второй конец, при этом первый конец размещен по меньшей мере частично внутри полости пневматического цилиндра с образованием объема пневматического цилиндра, второй конец шарнирно соединен с платформой, и объем пневматического цилиндра выполнен с возможностью нагнетания давления для поддержания платформы; и множество узлов привода позиционирования, при этом каждый узел привода позиционирования содержит: привод позиционирования, соединенный с основанием, причем привод позиционирования содержит: статор; и ротор, выполненный с возможностью вращения относительно статора; и соединительный шток, содержащий первый конец, шарнирно соединенный с ротором, и второй конец, шарнирно соединенный с платформой, при этом ротор выполнен с возможностью вращения для передачи соединительного штока и расположения полезной нагрузки, поддерживаемой множеством приводов, несущих нагрузку.

[0019] В другом аспекте некоторые варианты осуществления включают способ эксплуатации системы симуляции движения, включающий нагнетание давления во множество приводов, несущих нагрузку, для поддержания платформы относительно основания; и перемещение платформы путем вращения множества приводов позиционирования соответственного множества узлов привода позиционирования, при этом каждый узел привода позиционирования шарнирно соединен с платформой

посредством соответственного соединительного штока из множеств узлов привода позиционирования.

[0020] В другом аспекте некоторые варианты осуществления включают выполненный с возможностью выполнения любого из способов, описанных в данном документе. В другом аспекте некоторые варианты осуществления включают энергонезависимый машиночитаемый носитель данных, хранящий одну или более программ, причем одна или более программ содержат команды, которые, при выполнении системой, приводят к выполнению системой любого из способов, описанных в данном документе.

[0021] Таким образом, предоставлены системы и способы для симуляции движения с более эффективным управлением перемещением, одновременно уменьшая стоимость компонентов и изготовления, тем самым улучшая характеристики и уменьшая общую стоимость таких систем и устройств.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

[0022] Для лучшего понимания различных описанных вариантов осуществления следует сделать ссылку на описание вариантов осуществления ниже в сочетании с приведенными ниже графическими материалами, на которых подобные ссылочные позиции ссылаются на соответственные части во всех фигурах.

[0023] На фиг. 1 представлен вид в перспективе системы симуляции движения с полезной нагрузкой в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0024] На фиг. 2 представлен вид в перспективе системы симуляции движения в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0025] На фиг. 3 представлен вид в перспективе привода, несущего нагрузку, системы симуляции движения по фиг. 2 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0026] На фиг. 4 представлен вид в поперечном сечении привода, несущего нагрузку, системы симуляции движения по фиг. 2 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0027] На фиг. 5 представлен вид в перспективе узла привода позиционирования системы симуляции движения по фиг. 2 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0028] На фиг. 6 представлен вид в перспективе привода позиционирования узла привода позиционирования по фиг. 5 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0029] На фиг. 7 представлен вид в перспективе насквозь привода позиционирования узла привода позиционирования по фиг. 5 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0030] На фиг. 8A представлен вид в перспективе системы симуляции движения в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0031] На фиг. 8B представлена вертикальная проекция сбоку узла привода позиционирования системы симуляции движения по фиг. 8A в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0032] На фиг. 8C представлен вид в перспективе системы симуляции движения в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0033] На фиг. 8D представлена вертикальная проекция сбоку узла привода позиционирования системы симуляции движения по фиг. 8C в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0034] На фиг. 8E представлен вид в перспективе узла привода позиционирования в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0035] На фиг. 9 представлен вид в перспективе системы симуляции движения с полезной нагрузкой в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0036] На фиг. 10 представлен вид в перспективе системы симуляции движения в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0037] На каждой из фиг. 11A–11G представлены виды в перспективе системы симуляции движения в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0038] На фиг. 12 представлен вид в перспективе системы симуляции движения в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0039] На фиг. 13 представлен вид в перспективе интегрированного блока линейного привода системы симуляции движения по фиг. 12 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0040] На фиг. 14 представлена вертикальная проекция интегрированного блока линейного привода по фиг. 13.

[0041] На фиг. 15 представлен вид в перспективе привода, несущего нагрузку, интегрированного блока линейного привода по фиг. 13 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0042] На фиг. 16 представлен вид в перспективе системы симуляции движения в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0043] На фиг. 17 представлен вид в перспективе устройства передачи тактильных ощущений в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0044] На фиг. 18 представлена вертикальная проекция устройства передачи тактильных ощущений по фиг. 17.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

[0045] В настоящем изобретении описаны различные варианты осуществления систем симуляции движения. В некоторых вариантах осуществления система симуляции движения содержит приводы, несущие нагрузку, и приводы позиционирования, так что приводы, несущие нагрузку, поддерживают вес полезной нагрузки, минимизируя вес, который должны поддерживать приводы позиционирования. В некоторых вариантах применения использование приводов, несущих нагрузку, может обеспечивать возможность использования приводов позиционирования прямого типа. Преимущественно благодаря минимизации веса, который должны поддерживать приводы позиционирования, варианты осуществления системы симуляции движения могут применять меньшие и более экономичные приводы, которые обеспечивают улучшенное управление перемещением и повышенную частотную характеристику (в некоторых вариантах осуществления до

1000 Гц), одновременно обеспечивая желаемый диапазон движения и степени подвижности (например, шесть степеней подвижности).

[0046] На фиг. 1 представлен вид в перспективе системы 100 симуляции движения с полезной нагрузкой 10 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. На фиг. 2 представлен вид в перспективе системы 100 симуляции движения в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Ссылаясь на фиг. 1 и 2, система 100 симуляции движения поддерживает и/или размещает полезную нагрузку 10 относительно основания 110 для предоставления информации о движении, сигналов или другой обратной связи пользователю. В некоторых вариантах осуществления полезная нагрузка 10 может включать, но без ограничения, пользователя, сиденье и/или аппаратное обеспечение. В некоторых вариантах осуществления аппаратное обеспечение может включать, но без ограничения, аппаратное обеспечение для симуляции автотранспорта (например, руль и педали), аппаратное обеспечение для симуляции авиатехники или другое подходящее аппаратное обеспечение. В некоторых вариантах применения полезная нагрузка 10 может быть свыше 100 килограмм. Хотя варианты осуществления системы симуляции движения могут переносить или перемещать больше полезной нагрузки, чем определенные традиционные системы симуляции движения, емкость полезной нагрузки варианта осуществления системы симуляции движения может меняться в зависимости от размеров и конфигурации системы симуляции движения.

[0047] Как было проиллюстрировано, платформа 120 может поддерживать и располагать полезную нагрузку 10 относительно основания 110. В изображенном примере платформа 120 содержит одну или более ножек 122, сформированных, изогнутых или иным образом выполненных с возможностью приема, укладывания или другого типа поддержания полезной нагрузки 10. Части полезной нагрузки 10 могут быть прикреплены или закреплены на ножках 122 платформы 120. Ножки 122 или другие признаки платформы 120 можно приспособить для любой подходящей полезной нагрузки 10. В некоторых вариантах осуществления платформа 120 может иметь любую подходящую форму или конфигурацию. Например, платформа 120 может иметь плоскую форму, такую как диск, для обеспечения возможности плоской поверхности поддерживать полезную нагрузку 10. В некоторых вариантах осуществления форма платформы 120 может быть симметричной или асимметричной, и отличаться иным образом.

[0048] В изображенном примере основание 110 может поддерживать вес платформы 120 и полезной нагрузки 10, а также другие компоненты системы 100 симуляции движения. Как проиллюстрировано, основание 110 может иметь в общем шестиугольную форму. В некоторых вариантах осуществления форма основания 110 может быть симметричной или асимметричной, и отличаться иным образом.

[0049] Как описано в данном документе, один или более приводов 130, несущих нагрузку, могут поддерживать вес платформы 120 и полезной нагрузки 10 относительно основания 110. Кроме того, один или более узлов 140 привода позиционирования может перемещать или размещать платформу 120 и полезную нагрузку 10 относительно основания 110.

[0050] На фиг. 3 представлен вид в перспективе привода 130, несущего нагрузку, системы 100 симуляции движения по фиг. 2 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. На фиг. 4 представлен вид в поперечном сечении привода 130, несущего нагрузку, системы 100 симуляции движения по фиг. 2 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Ссылаясь на фиг. 1–4, каждый привод 130, несущий нагрузку, может поддерживать платформу 120 и полезную нагрузку 10 в желаемой позиции относительно основания 110. В изображенном примере приводы 130, несущие нагрузку, поддерживают платформу 120 и полезную нагрузку 10 без влияния на положение платформы 120 во время нормальной работы.

[0051] В изображенном примере привод 130, несущий нагрузку, соединен с платформой 120 и основанием 110. Как проиллюстрировано, один конец 136 привода 130, несущего нагрузку, может быть соединен с основанием 110, и противоположный конец 136 привода 130, несущего нагрузку, может быть соединен с платформой 120. В некоторых вариантах осуществления конец 136 может быть соединен с концевой частью 124 ножек 122 или любой другой подходящей частью платформы 120. В некоторых вариантах осуществления размещение шарниров, элементов соединения или концов 136 приводов 130, несущих нагрузку, относительно платформы 120 и/или основания 110 может быть копланарным, некопланарным, симметричным, несимметричным или может отличаться иным образом. В некоторых вариантах осуществления концы 136 могут быть шарнирно соединены с основанием 110 и платформой 120. Концы 136 могут содержать шариковые подшипники.

[0052] Перед нормальной работой системы 100 симуляции движения приводы 130, несущие нагрузку, могут быть вытянуты до желаемой длины для выполнения функции ножки или другого вида поддерживания платформы 120 и полезной нагрузки 10 в желаемой позиции. В изображенном примере привод 130, несущий нагрузку, представляет собой пневматический привод, который использует давление воздуха для вытягивания и поддерживания платформы 120 и полезной нагрузки 10 в желаемой позиции. В некоторых вариантах осуществления пневматический привод содержит шток 134 поршня, который выполнен с возможностью перемещения относительно пневматического цилиндра 132.

[0053] Как проиллюстрировано, первый конец штока 134 поршня по меньшей мере частично размещен внутри полости пневматического цилиндра 132 для определения объема 133 цилиндра. Во время работы объем 133 цилиндра может находиться под давлением для продвижения штока 134 поршня и поддерживания платформы 120. Как описано в данном документе, давление объема 133 цилиндра можно регулировать для регулировки положения штока 134 поршня относительно пневматического цилиндра 132 и поддерживания различных весов полезной нагрузки, высот платформы и/или позиций. В некоторых вариантах осуществления второй конец 136 штока 134 поршня соединен с платформой 120. В некоторых вариантах осуществления второй конец 136 штока 134 поршня может иметь длину хода приблизительно от 100 мм до 200 мм. Кроме того, в некоторых вариантах осуществления шток 134 поршня может иметь диаметр приблизительно от 30 мм до 50 мм и может быть способен прикладывать усилие приблизительно от 500 до 1500 Н.

[0054] В некоторых вариантах осуществления пневматический цилиндр 132 может находиться под давлением за счет пневматической схемы управления. Пневматическая схема управления может содержать компрессор для нагнетания давления в объем 133 цилиндра до желаемого давления через канал 139. Пневматическая схема управления может вводить, спускать или иным образом управлять давлением внутри объема 133 цилиндра через канал 139. В некоторых вариантах осуществления система 100 симуляции движения может обладать способностью самостоятельного нагнетания давления в пневматическом приводе путем использования штока 134 поршня в качестве насосного элемента. Во время самостоятельного нагнетания давления или бескомпрессорной процедуры узлы 140 привода позиционирования могут перемещать платформу через надлежащий ряд

позиций (например, колебание платформы 120 вдоль вертикальной оси или оси подъема) и выборочно приводить в действие элементы управления пневматической системы управления для обеспечения возможности нагнетания колебаниями штока 134 поршня, соединенного с платформой 120, объема 133 цилиндра до желаемого давления. В некоторых вариантах осуществления пневматический цилиндр 132 может содержать односторонний клапан для обеспечения возможности входа воздуха в объем 133 цилиндра и сжатия штоком 134 поршня без выхода из объема 133 цилиндра во время процедуры самостоятельного нагнетания давления.

[0055] В некоторых вариантах применения состояние или удлинение приводов 130, несущих нагрузку, для поддержания платформы 120 и полезной нагрузки 10 в желаемой позиции относительно основания 110 можно определять посредством процесса калибровки. Например, процесс калибровки может определять и обеспечивать желаемое давление внутри объема 133 цилиндра каждого из приводов 130, несущих нагрузку, для поддержания платформы 120 и полезной нагрузки 10 в желаемой позиции относительно основания 110. В некоторых вариантах осуществления приводы 130, несущие нагрузку, могут быть откалиброваны для поддержания платформы 120 и полезной нагрузки 10 в позиции, которая позволяет системе 100 симуляции движения перемещать платформу 120 через желаемый диапазон движения, который может быть расположен в центре границ движения системы 100 симуляции движения. В некоторых вариантах осуществления приводы 130, несущие нагрузку, могут быть откалиброваны для поддержания платформы 120 в позиции, которая смещена от центра границ движения системы 100 симуляции движения. Например, приводы 130, несущие нагрузку, могут быть откалиброваны для поддержания платформы 120 в положении, которое выше или ниже, чем центр границ движения системы 100 симуляции движения.

[0056] В некоторых вариантах осуществления процесс калибровки можно начинать путем использования узлов 140 привода позиционирования для размещения платформы 120 в статическом равновесии в заранее выбранной позиции, что можно называть позицией нулевого положения. Как описано в данном документе, контроллер может определять вес платформы 120 и поддерживаемой полезной нагрузки 10 путем определения нагрузки, испытываемой узлами 140 привода позиционирования. В некоторых вариантах осуществления нагрузку узлов 140 привода позиционирования можно определять по сигналам обратной связи о токе, анализируемым контроллером.

[0057] После определения веса платформы 120 и любой поддерживаемой полезной нагрузки 10, в объемы 133 цилиндров каждого соответственного привода 130, несущего нагрузку, можно нагнетать давление, чтобы минимизировать нагрузку, испытываемую узлами 140 привода позиционирования. В некоторых вариантах осуществления минимизацию сигналов тока от узлов 140 привода позиционирования можно использовать как обратную связь для управления по замкнутому контуру нагнетания давления в приводы 130, несущие нагрузку. Как описано в данном документе, в приводы 130, несущие нагрузку, можно нагнетать давление с использованием пневматического контура (т. е. компрессора) или посредством самостоятельного нагнетания давления путем колебания платформы 120.

[0058] В некоторых вариантах осуществления после процесса калибровки давление объема 133 цилиндра каждого соответственного привода 130, несущего нагрузку, устанавливаются как равновесное давление для поддержания платформы 120 и полезной нагрузки 10 в желаемой позиции. Подобным образом, ход штока 134 поршня относительно пневматического цилиндра 132 каждого соответственного привода 130, несущего нагрузку, устанавливаются как равновесное расстояние или ход для поддержания платформы 120 и полезной нагрузки 10 в желаемой позиции. Равновесное давление и расстояние могут меняться для каждого привода 130, несущего нагрузку. После калибровки каждый привод 130, несущий нагрузку, может быть пневматически изолирован от пневматического контура. Преимущественно откалиброванные приводы, несущие нагрузку, позволяют системе 100 симуляции движения сохранять позицию нулевого положения с минимальным усилием закрывания (и мощностью) от узлов 140 привода позиционирования, поскольку вес платформы 120 и полезной нагрузки 10 поддерживается или уравнивается приводами 130, несущими нагрузку.

[0059] В некоторых вариантах применения определенные пневматические приводы могут оказывать разные усилия, основываясь на положении штока поршня в пределах переменного или рабочего объема привода. Например, без учета влияния температуры, определенные пневматические приводы могут оказывать меньше усилия срабатывания по мере вытягивания штока поршня, поскольку объем цилиндра расширяется и давление уменьшается, и могут оказывать больше усилия срабатывания по мере втягивания штока поршня, поскольку объем цилиндра сжимается и давление

увеличивается. В определенных пневматических приводах усилие, оказываемое приводом, может быть обратно пропорционально положению поршня.

[0060] В некоторых вариантах осуществления привод 130, несущий нагрузку, может обеспечивать относительно большой неменяющийся или недействующий объем по сравнению с меняющимся рабочим объемом пневматического цилиндра 132 и штока 134 поршня для минимизации изменений давления и, следовательно, усилия срабатывания по мере перемещения штока 134 поршня через свой ход. В изображенном примере привод 130, несущий нагрузку, содержит буферный бак 138 в сообщении по текучей среде с пневматическим цилиндром 132 для обеспечения дополнительного недействующего объема для пневматического цилиндра 132. Как проиллюстрировано, недействующий объем буферного бака 138 может находиться в сообщении по текучей среде с объемом 133 цилиндра через канал 139. Преимущественно, поскольку недействующий объем буферного бака 138 значительно больше, чем меняющийся объем объема 133 цилиндра, общие изменения давления в приводе 130, несущем нагрузку (т. е. объединенные объем буферного бака 138 и объем 133 цилиндра), по мере изменения объема 133 цилиндра минимизируются, подобным образом минимизируя изменения усилия, обеспечиваемого приводом 130, несущим нагрузку. В некоторых вариантах осуществления недействующий объем буферного бака 138 составляет от 100 % до 500 % меняющегося рабочего объема от объема 133 цилиндра.

[0061] В некоторых вариантах осуществления приводы 130, несущие нагрузку, могут обеспечивать механическое затухание между подвижными и неподвижными частями системы 100 симуляции движения. В некоторых вариантах осуществления величину эффекта затухания можно регулировать путем управления скоростью потока воздуха между буферным баком 138 и камерой вытягивания пневматического цилиндра 132 и/или между камерой втягивания пневматического цилиндра 132 и окружающей средой. В некоторых вариантах осуществления скорость потока воздуха можно регулировать во время работы для динамического регулирования величины эффекта затухания, обеспечиваемого приводами 130, несущими нагрузку. Кроме того, приводы 130, несущие нагрузку, могут восстанавливать и/или рекуперировать энергию от платформы 120 и полезной нагрузки 10, выполняя роль пружины.

[0062] В некоторых вариантах осуществления привод 130, несущий нагрузку, может быть активным или пассивным устройством и может использовать другие типы

приводов, включая, но без ограничения, газовые раскосы, газовые пружины, эластичные тросы, линейные пружины, спиралевидные пружины и/или вращательные пружины. Как описано в данном документе, усилие, прилагаемое приводом 130, несущим нагрузку, может быть регулируемым. Например, определенные приводы, несущие нагрузку, могут содержать регулируемую или программируемую пружину. В некоторых вариантах осуществления программируемая пружина может содержать привод переменной жесткости (SEA), включающий привод, соединенный с нагрузкой посредством эластичного элемента (например, одной или более пружин), и датчик для измерения степени усилия, передаваемого через эластичный элемент. Управляющий контур может быть запрограммирован на создание системы, которая может прикладывать указанное усилие к нагрузке и заставлять привод выполнять роль пружины с желаемой жесткостью.

[0063] В некоторых вариантах осуществления усилие, прикладываемое приводом 130, несущим нагрузку, может быть предварительно установлено или иным образом не выполнено с возможностью легкой регулировки. Например, определенные приводы 130, несущие нагрузку, могут быть сконфигурированы для фиксированной полезной нагрузки и могут быть изначально отрегулированы или изготовлены для обеспечения надлежащего усилия выдерживания несущей нагрузки. В определенных вариантах осуществления определенные приводы 130, несущие нагрузку, могут быть сконфигурированы для фиксированной полезной нагрузки и могут быть изначально отрегулированы или изготовлены с использованием процедуры калибровки, подобной той, которая описана в данном документе.

[0064] Как описано в данном документе, приводы 130, несущие нагрузку, могут быть расположены или иным образом размещены относительно основания 110 и платформы 120 в любой подходящей конфигурации. Например, система 100 симуляции движения может содержать в два раза больше узлов 140 привода позиционирования, чем приводов 130, несущих нагрузку. Как проиллюстрировано, система 100 симуляции движения может содержать три привода 130, несущего нагрузку. Приводы 130, несущие нагрузку, могут быть расположены равноудаленно.

[0065] На фиг. 5 представлен вид в перспективе узла 140 привода позиционирования системы 100 симуляции движения по фиг. 2 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Ссылаясь на фиг. 5, каждый узел 140 привода

позиционирования может перемещать или размещать платформу 120 и полезную нагрузку 10 в желаемой позиции относительно основания 110. В изображенном примере узлы 140 привода позиционирования могут коллективно или совместно размещать платформу 120 в любой из позиций в шести направлениях, относящихся к рывку, качанию, подъему, отклонению, наклону и кручению в пределах границ пространства движения системы 100 симуляции движения.

[0066] В изображенном примере узел 140 привода позиционирования соединен с платформой 120 и основанием 110. Как проиллюстрировано, привод 150 позиционирования может быть соединен с основанием 110, и конец 148 соединительного штока 146 может быть соединен с платформой 120. В некоторых вариантах осуществления конец 148 соединительного штока 146 может быть соединен с концевой частью 124 ножек 122 или любой другой подходящей частью платформы 120. В некоторых вариантах осуществления размещение конца 148 соответственного узла 140 привода позиционирования относительно платформы 120 может быть копланарным, некопланарным, симметричным, несимметричным или может отличаться иным образом. В некоторых вариантах осуществления концы 148 соединительного штока 146 могут быть шарнирно соединены с платформой 120 и приводом 150 позиционирования. Концы 148 могут содержать шариковые подшипники. В некоторых вариантах осуществления размещение привода 150 позиционирования соответственного узла 140 привода позиционирования относительно основания 110 может быть копланарным, некопланарным, симметричным, несимметричным или может отличаться иным образом.

[0067] Во время работы системы 100 симуляции движения узлы 140 привода позиционирования могут вытягивать, втягивать, передавать или иным образом перемещать соответственный соединительный шток 146 для размещения платформы 120 и полезной нагрузки 10 в желаемой позиции. В изображенном примере узел 140 привода позиционирования содержит привод 150 позиционирования для манипуляции соединительным штоком 146, который, в свою очередь (в сочетании с другими узлами 140 привода позиционирования), размещает платформу 120 в желаемой позиции.

[0068] В изображенном примере привод 150 позиционирования вращает ротор 142 для регулировки положения соединительного штока 146, и, в частности, конца 148 соединительного штока, шарнирно соединенного с платформой 120. Как

проиллюстрировано, передаточный механизм, такой как коленчатая рукоять 144, соединенный с ротором 142, может вращаться с ротором 142, может перемещать или передавать противоположный конец 148 соединительного штока, шарнирно соединенный с коленчатой рукоятью 144. Вращение коленчатой рукояти 144 может перемещать или передавать соединительный шток 146 и, в свою очередь, конец 148 соединительного штока, соединенный с платформой 120. В некоторых вариантах осуществления длину или геометрию коленчатой рукояти 144 можно менять для регулировки соотношения между вращением ротора 142 и перемещением соединительного штока 146. Кроме того, в некоторых вариантах осуществления привод позиционирования может содержать линейный привод.

[0069] Преимущественно непосредственное прикрепление или соединение между соединительным штоком 146, коленчатой рукоятью 144 и ротором 142 привода 150 позиционирования обеспечивает возможность механизму или компоновке прямого типа регулировать положение платформы 120. Кроме того, отсутствие переходного или промежуточного механизма или элементов передачи усилия обеспечивает возможность непосредственной и немедленной передачи веса и инерции платформы 120 и полезной нагрузки 10 на привод 150 позиционирования и обеспечивает возможность повышения жесткости и отклика системы, позволяя системе 100 симуляции движения устранять или преодолевать статичные внешние нарушения (например, когда ось удерживает положение или скорость) и динамичные внешние нарушения (например, когда ось следует за положением или траекторией скорости).

[0070] В определенных традиционных вариантах применения использование механизмов прямого типа может потребовать от традиционных приводов позиционирования непосредственного удерживания веса платформы и полезной нагрузки. Следовательно, в определенных вариантах применения, даже во время статического равновесия, традиционные приводы должны оказывать постоянное усилие закрывания для уравнивания веса платформы и полезной нагрузки, увеличивая энергопотребление и требования к приводам. Преимущественно использование приводов 130, несущих нагрузку, для поддержания нагрузки платформы 120 и полезной нагрузки 10 обеспечивает возможность использования узлов 140 привода позиционирования прямого типа, которые не должны непосредственно или постоянно удерживать вес платформы 120 и полезной нагрузки 10. Использование приводов 130, несущих нагрузку, позволяет устанавливать меньшие,

более легкие, более дешевые приводы и другие компоненты внутри узла 140 привода позиционирования и позволяет уменьшить энергопотребление, одновременно позволяя сохранить желаемые характеристики.

[0071] На фиг. 6 представлен вид в перспективе привода 150 позиционирования узла 140 привода позиционирования по фиг. 5 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. На фиг. 7 представлен вид в перспективе насквозь привода 150 позиционирования узла 140 привода позиционирования по фиг. 5 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Ссылаясь на фиг. 5–7, привод 150 позиционирования вращает ротор 142 относительно статора, размещенного внутри корпуса привода 150 позиционирования. В некоторых вариантах осуществления привод 150 позиционирования содержит поворотный регулятор 152 для определения вращательного положения ротора 142 относительно статора или других стационарных частей привода 150 позиционирования. Сигналы от поворотного регулятора 152 в общем можно использовать как обратную связь для управления по замкнутому контуру узла 140 привода позиционирования и системы 100 управления движением. В некоторых вариантах осуществления привод 150 позиционирования может содержать вентилятор 156 для активного охлаждения компонентов привода 150 позиционирования. Вентилятор 156 может втягивать холодный воздух или выпускать тепло через корпус 154 вентилятора, образованный в приводе 150 позиционирования.

[0072] Как описано в данном документе, варианты осуществления узла привода позиционирования могут содержать соединительный шток с концами в виде шариковых подшипников, которые обеспечивают возможность поворота или вращения соединительного штока относительно привода позиционирования и платформы, одновременно позволяя приводу позиционирования управлять положением платформы. В некоторых вариантах применения определенные шариковые подшипники могут иметь ограниченный угол вращения, потенциально ограничивая перемещение соединительного штока и, в свою очередь, узла привода позиционирования, что может привести к ограничению границ движения системы симуляции движения. Например, определенные шариковые подшипники могут иметь диапазон угла вращения приблизительно ± 10 градусов, ± 15 градусов или ± 20 градусов.

[0073] Кроме того, в определенных вариантах применения определенные узлы привода позиционирования расположены так, что система симуляции движения не

может использовать полный диапазон угла вращения шариковых подшипников, потенциально ограничивая границы движения системы симуляции движения для заданного диапазона угла вращения шарикового подшипника. Например, определенные узлы привода позиционирования могут быть расположены так, что когда система симуляции движения находится в позиции предварительного выбора, отдыха или нулевого положения, концы в виде шариковых подшипников соответственных соединительных штоков размещены или расположены на расстоянии от срединной точки их соответственного диапазона угла вращения. В результате этого в определенных вариантах применения концы в виде шариковых подшипников могут вращаться больше в одном направлении и вращаться меньше в другом направлении относительно позиции нулевого положения. В некоторых вариантах применения уменьшенное расстояние вращения относительно позиции нулевого положения может создать ограничение для границ движения системы симуляции движения в целом.

[0074] На фиг. 8А представлен вид в перспективе системы 200а симуляции движения в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. На фиг. 8В представлена вертикальная проекция сбоку узла 240а привода позиционирования системы 200а симуляции движения по фиг. 8А в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. В некоторых вариантах осуществления один или более из узлов 240а привода позиционирования может быть выполнен с возможностью увеличения диапазона движения или границ движения системы 200а симуляции движения по сравнению с определенными традиционными системами симуляции движения. В некоторых вариантах осуществления система 100 симуляции движения может использовать другие типы, конструкции или конфигурации узлов приводов или приводов, как отображено их вариантом реализации в других системах.

[0075] В некоторых вариантах осуществления один или более из узлов 240а привода позиционирования может быть расположен или размещен так, чтобы избегать ограничения или иным образом увеличивать используемый диапазон движения концов 248а в виде подшипников, что, в свою очередь, увеличивало бы диапазон движения узлов 240а привода позиционирования и границ движения системы 200а симуляции движения. В изображенном примере узлы 240а привода позиционирования могут быть размещены так, что когда система 200а симуляции движения находится в позиции предварительного выбора, отдыха или нулевого положения, концы 248а в виде шариковых подшипников соответственных соединительных штоков 246а могут быть

размещены или расположены приблизительно на или возле срединной точки их соответственного диапазона угла вращения. В некоторых вариантах применения концы 248а в виде шариковых подшипников могут быть выполнены с возможностью размещения приблизительно на или возле срединной точки их соответственного диапазона угла вращения, когда приводы 230а, несущие нагрузку, размещены в конфигурации или положении равновесия. Позволяя располагать концы 248а в виде шариковых подшипников приблизительно на или возле срединной точки их соответственного диапазона угла вращения, когда система 200а симуляции движения находится в позиции нулевого положения, концы 248а в виде шариковых подшипников могут вращаться приблизительно на равное расстояние в различных направлениях относительно позиции нулевого положения. Преимущественно приблизительно равное расстояние вращения относительно позиции нулевого положения может максимизировать границы движения системы 200а симуляции движения в целом для заданного конца 248а в виде шарикового подшипника.

[0076] В некоторых вариантах осуществления положение концов 248а в виде шариковых подшипников в диапазоне угла вращения для заданного положения или позиции можно регулировать путем изменения угла между горизонтальной плоскостью и осью вращения двигателя привода 250а позиционирования, также называемого двугранным углом двигателя. В изображенном примере двугранный угол двигателя привода 250а позиционирования можно регулировать так, что концы 248а в виде шариковых подшипников можно размещать приблизительно на или возле срединной точки их соответственного диапазона угла вращения, когда система 200а симуляции движения находится в позиции нулевого положения. В некоторых вариантах применения двугранный угол двигателя привода 250а позиционирования можно регулировать так, что концы 248а в виде шариковых подшипников расположены в другом желаемом положении их соответственного диапазона вращения в желаемой позиции. Как проиллюстрировано, двугранный угол двигателя привода 250а позиционирования может быть ненулевым и положительным. В некоторых вариантах осуществления двугранный угол двигателя привода 250а позиционирования может иметь диапазон от приблизительно 0,1 градуса до приблизительно 20 градусов.

[0077] В некоторых вариантах осуществления положение концов 248а в виде шариковых подшипников в диапазоне угла вращения для заданного положения или позиции можно регулировать путем изменения угла между основной плоскостью

платформы 220a и осью конца 248a в виде шарикового подшипника, также называемого двугранным углом платформы. В изображенном примере двугранный угол платформы 220a можно регулировать так, что концы 248a в виде шариковых подшипников можно размещать приблизительно на или возле срединной точки их соответственного диапазона угла вращения, когда система 200a симуляции движения находится в позиции нулевого положения. В некоторых вариантах применения двугранный угол платформы 220a можно регулировать так, что концы 248a в виде шариковых подшипников расположены в другом желаемом положении их соответственного диапазона вращения в желаемой позиции. Как проиллюстрировано, двугранный угол платформы 220a может быть ненулевым и положительным. В некоторых вариантах осуществления двугранный угол платформы 220a может иметь диапазон от приблизительно 0,1 градуса до приблизительно 20 градусов. В некоторых вариантах применения двугранный угол двигателя и двугранный угол платформы могут быть одинаковыми, подобными или взаимодополняющими. В некоторых вариантах применения двугранный угол двигателя и двугранный угол платформы могут различаться.

[0078] На фиг. 8C представлен вид в перспективе системы 200b симуляции движения в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. На фиг. 8D представлена вертикальная проекция сбоку узла 240b привода позиционирования системы 200b симуляции движения по фиг. 8C в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. В некоторых вариантах осуществления двугранный угол двигателя привода 250b позиционирования может быть ненулевым и отрицательным. В некоторых вариантах осуществления двугранный угол двигателя привода 250b позиционирования может иметь диапазон от приблизительно 0,1 градуса до приблизительно 20 градусов.

[0079] В некоторых вариантах осуществления двугранный угол платформы 220b может быть ненулевым и отрицательным. В некоторых вариантах осуществления двугранный угол платформы 220b может иметь диапазон от приблизительно 0,1 градуса до приблизительно 20 градусов.

[0080] В некоторых вариантах применения двугранный угол двигателя и двугранный угол платформы могут быть одинаковыми, подобными или взаимодополняющими. В некоторых вариантах применения двугранный угол двигателя

и двугранный угол платформы могут различаться. Кроме того, в некоторых вариантах осуществления двугранный угол двигателя и двугранный угол платформы определенных частей системы симуляции движения может быть положительным или отрицательным или иным образом ненулевым. В некоторых вариантах применения использование ненулевых двугранных углов двигателя и двугранных углов платформы может обеспечивать меньший профиль основания, а также систему симуляции движения вообще.

[0081] На фиг. 8E представлен вид в перспективе узла 240с привода позиционирования в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Ссылаясь на фиг. 8E, система 100 симуляции движения может использовать узел 240с привода позиционирования (вместо или вместе с узлом 140 привода позиционирования), который содержит кривошип 244с, который представляет собой единое целое с ротором 242с. Как показано, кривошип 244с может проходить в осевом направлении от поверхности ротора 242с, обеспечивая возможность прямого прикрепления или присоединения соединительного штока 246с к ротору 242с. Во время работы кривошип 244с может вращаться вместе с ротором 242с для движения или перемещения соединительного штока и, в свою очередь, для регулирования положения платформы 120.

[0082] Как показано, узел 240с привода позиционирования может иметь ненулевой двугранный угол двигателя и/или двугранный угол платформы, чтобы максимизировать диапазон поворота концов 248с шарового шарнира относительно нулевой позиции. В некоторых вариантах осуществления узел 240с привода позиционирования может иметь отрицательный угол двугранного угла двигателя и/или угол двугранного угла платформы.

[0083] Как описано в настоящем документе, узлы 140 привода позиционирования могут быть расположены или иным образом размещены относительно основания 110 и платформы 120 в любой подходящей компоновке. В изображенном примере узлы 140 привода позиционирования могут быть расположены таким образом, чтобы система 100 симуляции движения могла перемещаться в шести степенях свободы. Как показано, система 100 симуляции движения может содержать шесть узлов 140 привода позиционирования. Шесть узлов 140 привода позиционирования могут быть расположены равноудаленно. Например, узлы 140

привода позиционирования могут находиться на расстоянии от 500 мм до 1200 мм друг от друга. В некоторых вариантах осуществления изобретения узлы 140 привода позиционирования могут быть расположены в виде «вращающегося шестигранника».

[0084] В некоторых вариантах применения расположение узлов 140 привода позиционирования может меняться относительно приводов 130, несущих нагрузку. Как обсуждалось выше, система 100 симуляции движения может содержать в два раза больше узлов 140 привода позиционирования, чем приводов 130, несущих нагрузку. В некоторых вариантах осуществления каждый привод 130, несущий нагрузку, может быть расположен между двумя узлами 140 привода позиционирования, образуя три «комплекта ножек», расположенных вокруг основания 110 и соединенных с платформой 120. Кроме того, в некоторых вариантах осуществления изобретения конец 136 штока 134 поршня привода 130, несущего нагрузку, соединенного с платформой 120, может быть расположен между концами соединительных штоков 148 двух узлов 140 привода позиционирования.

[0085] Во время работы система 100 симуляции движения может использовать узлы 140 привода позиционирования для размещения платформы 120 и полезной нагрузки 10 в желаемой позиции или последовательности позиций в ответ на ввод данных о позиционировании. В изображенном примере контроллер системы 100 симуляции движения может получать входные данные о позиционировании в виде потоковой последовательности векторов позиций. Векторы позиций могут приниматься с частотой потока. В некоторых вариантах осуществления контроллер системы 100 симуляции движения способен принимать и/или обрабатывать векторы позиций с частотой потока примерно до 1000 Гц. Кроме того, в некоторых вариантах осуществления узлы 140 привода позиционирования способны осуществлять позиционирование платформы 120 в различных позициях с частотой потока до приблизительно 1000 Гц. В некоторых вариантах применения узлы 140 привода позиционирования могут быть активированы одновременно за счет использования определенных признаков, включая, но без ограничения, параллельную архитектуру с синхронизирующим сигналом.

[0086] Во время этапа предварительной обработки каждый принятый вектор позиций может быть преобразован или масштабирован. Кроме того, каждый принятый вектор позиций может быть обработан с учетом кинематического состояния системы

(например, для ограничения максимального ускорения и/или скорости системы 100 симуляции движения). Кроме того, каждый принятый вектор позиций может быть проверен на соответствие физическим механическим ограничениям системы 100 симуляции движения. В некоторых вариантах осуществления система 100 для симуляции движения может иметь минимальный предел перемещения примерно от -100 мм до -50 мм и максимальный предел перемещения примерно от 50 мм до 100 мм и размах по осям рывка, качания и подъема примерно от 100 мм до 200 мм. В некоторых вариантах осуществления система 100 симуляции движения может иметь минимальный предел перемещения примерно от -15 градусов до -5 градусов и максимальный предел перемещения примерно от 5 градусов до 15 градусов и диапазон примерно от 10 градусов до 20 градусов по осям курса/отклонения, положения в пространстве/наклона и разворота/кручения.

[0087] В изображенном примере действительный вектор позиций затем преобразуется в вектор позиций для каждого соответствующего узла 140 привода позиционирования, который подает команду на соответствующий узел 140 привода позиционирования. В некоторых вариантах осуществления контроллер системы 100 симуляции движения использует обратную кинематику для управления положением платформы 120. Например, контроллер обрабатывает вектор позиций, чтобы получить вектор позиций исполнительного механизма, который может быть желаемым углом поворота соответствующего привода 150 позиционирования. Таким образом, заранее описанная последовательность векторов позиций во входных данных может привести к высокоуправляемому движению платформы 120. В некоторых вариантах осуществления система 100 управления движением может управлять работой по меньшей мере шести узлов 140 привода позиционирования, чтобы обеспечить шесть степеней свободы. В некоторых вариантах осуществления система 100 управления движением может быть «переактивирована» и может содержать большее количество узлов 140 привода позиционирования, чем количество требуемых степеней свободы. В некоторых вариантах применения система 100 симуляции движения может использовать «прямое» или сочлененное пространственное управление (т. е. индивидуальное управление каждым узлом 140 привода позиционирования), «обратное» или модельное пространственное управление (т. е. управление движением платформы 120 как системы), или гибридную систему, которая может чередовать сочлененное пространственное управление или модельное пространственное

управление при различных обстоятельствах. В некоторых вариантах применения система 100 симуляции движения может использовать прямую кинематику и/или обратное динамическое управление для управления положением платформы 120.

[0088] В некоторых вариантах осуществления, в то время как контроллер системы 100 симуляции движения может коллективно или совместно предоставлять каждому узлу 140 привода позиционирования вектор позиций исполнительного механизма для обеспечения желаемой позиции платформы 120, система 100 симуляции движения может иметь независимый замкнутый контур управления каждым узлом 140 привода позиционирования. Например, в некоторых вариантах осуществления система 100 симуляции движения может использовать информацию о положении или другую оперативную информацию о приводе 150 позиционирования для обеспечения обратной связи по замкнутому контуру, регулировки или управления входным сигналом для привода 150 позиционирования, чтобы обеспечить желаемое положение или позицию.

[0089] Как описано в данном документе, каждый привод 150 позиционирования может содержать поворотный регулятор 152 для предоставления информации о положении в систему 100 симуляции движения. В некоторых вариантах осуществления привод позиционирования может содержать линейный привод с линейным регулятором для предоставления информации о положении в систему симуляции движения. Система 100 симуляции движения может сравнивать информацию о положении, полученную от поворотного регулятора 152, с желаемым положением, заданным вектором положения исполнительного механизма, для регулировки сигнала или тока, подаваемого на привод 150 позиционирования, чтобы управлять позиционированием привода 150 позиционирования. Кроме того, в некоторых вариантах осуществления система 100 симуляции движения может регулировать ток через катушки двигателя привода 150 позиционирования, учитывая, что ток пропорционален выходному крутящему моменту на роторе 142. Датчики тока могут обеспечивать сигнал обратной связи для управления в замкнутом контуре выходным крутящим моментом и работой привода 150 позиционирования. В некоторых вариантах осуществления описанные в данном документе сигналы обратной связи могут быть обработаны многоступенчатым контуром управления системы 100 симуляции движения для генерирования соответствующего ответа системы управления.

[0090] Необязательно, ответ контура управления для одного или нескольких узлов 140 привода позиционирования может быть сконфигурирован посредством выбора и регулирования одного или нескольких коэффициентов усиления. В некоторых вариантах осуществления коэффициенты усиления могут быть установлены независимо и индивидуально для каждого узла 140 привода позиционирования и динамически изменяться во время работы системы. Таким образом, узлы 140 привода позиционирования и система 100 симуляции движения в целом могут быть выполнены с возможностью реагирования различными способами, в зависимости от любой подходящей комбинации доступных и выбираемых драйверов. Преимущественно характеристики системы 100 симуляции движения могут быть оптимизированы при различных условиях, включая, но без ограничения, кинематические эксплуатационные требования, распределение полезной нагрузки 10 и массы полезной нагрузки, а также положение платформы 120. В некоторых вариантах осуществления перед началом нормальной работы коэффициенты усиления для управления узлами 140 привода позиционирования могут быть первоначально установлены в соответствии с кинематическими эксплуатационными требованиями, распределением полезной нагрузки 10 и массы полезной нагрузки, а также положением платформы 120.

[0091] Преимущественно в некоторых вариантах применения, благодаря компоновке узлов 140 привода позиционирования с прямым приводом, система 100 симуляции движения может восстанавливать или накапливать энергию для последующего использования. В некоторых вариантах осуществления приводы 150 позиционирования могут восстанавливать кинетическую и/или потенциальную энергию от платформы 120. Во время работы движение платформы 120 может заряжать или приводить в обратное движение приводы 150 позиционирования, производя электрическую энергию.

[0092] Электрическая энергия, вырабатываемая приводами 150 позиционирования, может храниться в виде электрической потенциальной энергии. В некоторых вариантах осуществления электрическая энергия может храниться в устройстве хранения энергии, таком как ультраконденсатор, суперконденсатор, конденсатор, аккумулятор, любое другое подходящее устройство хранения энергии или их комбинация. В некоторых вариантах осуществления устройство хранения энергии может хранить энергию от нескольких событий восстановления. Энергия, хранящаяся в устройстве хранения энергии, может быть распределена обратно в систему 100

симуляции движения по мере необходимости. Устройство хранения энергии может быть подключено параллельно с блоком питания системы 100 симуляции движения. Во время работы устройство хранения энергии может быстро распределять электрическую энергию в ответ на высокие пиковые потребности в токе, которые могут превышать возможности некоторых блоков питания. Преимущественно захват, хранение и распределение электрической энергии может дополнить возможности блока питания системы 100 симуляции движения, позволяя снизить требования к блоку питания. Преимущественно благодаря снижению требований к мощности блока питания, блок питания может быть уменьшен без ущерба для кинематических характеристик системы 100 симуляции движения. В некоторых вариантах применения, предусматривающих устройство хранения энергии в виде аккумулятора, система симуляции движения может содержать компоненты или системы управления для поддержания работоспособности и целостности аккумулятора.

[0093] Фиг. 9 представляет собой вид в перспективе системы 100а симуляции движения с полезной нагрузкой 10 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. На фиг. 10 представлен вид в перспективе системы 100а симуляции движения в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Ссылаясь на фиг. 9 и 10, система 100а симуляции движения содержит определенные признаки, которые аналогичны признакам системы 100 симуляции движения. Поэтому некоторые признаки системы 100а симуляции движения, аналогичные признакам системы 100 симуляции движения, обозначены аналогичными ссылочными номерами.

[0094] В изображенном примере система 100а симуляции движения содержит изогнутую платформу 120а для поддержания полезной нагрузки 10. В изображенном примере платформа 120а содержит одну или несколько изогнутых ножек 122а, которые имеют форму, позволяющую удерживать или иным образом поддерживать полезную нагрузку 10. В некоторых вариантах осуществления изогнутые ножки 122а могут быть вертикально и/или горизонтально изогнутыми. Необязательно, изогнутые ножки 122а могут определять сложный изгиб в нескольких плоскостях. Как показано, в некоторых вариантах осуществления изогнутые ножки 122а могут быть выполнены с возможностью поддержания или поддержания автомобильного сиденья. Части полезной нагрузки 10 могут быть прикреплены или зафиксированы на ножках 122а платформы 120а. Ножки 122а или другие признаки платформы 120а можно приспособить для любой подходящей полезной нагрузки 10.

[0095] В некоторых вариантах осуществления конец привода 130, несущего нагрузку, может быть соединен со средней частью 124а ножек 122а или любой другой подходящей частью платформы 120а. Кроме того, в некоторых вариантах осуществления конец узла 140 привода позиционирования может быть соединен со средней частью 124а ножек 122а или любой другой подходящей частью платформы 220.

[0096] На каждой из фиг. 11А–11G представлены виды в перспективе системы 300а–300g симуляции движения в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Фиг. 11А–11G иллюстрируют различные варианты осуществления систем симуляции движения в соответствии с настоящим изобретением, в которых используются узлы 340 привода позиционирования и приводы 330, несущие нагрузку. В некоторых вариантах применения узлы 340 привода позиционирования и приводы 330, несущие нагрузку, изображенные в настоящем документе, могут быть заменены любыми другими приемлемыми узлами привода позиционирования и приводами, несущими нагрузку, включая компоненты, описанные в настоящем документе. Кроме того, также возможно сочетание различных типов узлов 340 привода позиционирования и/или приводов 330, несущих нагрузку. В некоторых вариантах применения система симуляции движения с шестью степенями свободы может использовать как минимум шесть узлов 340 привода позиционирования. Однако в некоторых вариантах осуществления система симуляции движения с шестью степенями свободы может быть «переактивирована» и содержать более шести узлов 340 привода позиционирования. Аналогичным образом, количество приводов 330, несущих нагрузку, также может варьироваться. В некоторых вариантах применения компоновка и конфигурация узлов 340 привода позиционирования и приводов 330, несущих нагрузку, описанных в данном документе, может быть реализована с помощью любой другой подходящей системы симуляции движения, описанной в данном документе.

[0097] В некоторых вариантах осуществления компоновка и расположение узлов 340 привода позиционирования и/или приводов 330, несущих нагрузку, могут быть симметричными или несимметричными. Компоновка и расположение приводов 330, несущих нагрузку, относительно узлов 340 привода позиционирования также могут варьироваться. Кроме того, форма основания 310 и форма платформы 320 могут варьироваться, причем такие формы могут быть симметричными или несимметричными. Компоновка и расположение шарниров относительно основания

310 и/или платформы 320 могут варьироваться, например, быть копланарными или некопланарными, симметричными или несимметричными и т. д.

[0098] Как показано на фиг. 11A-11G, в некоторых вариантах осуществления система симуляции движения может использовать круглую платформу 320 и круглое основание 310. Ссылаясь на фиг. 11A, один из вариантов осуществления системы 300a симуляции движения содержит шесть узлов 340 привода позиционирования и три привода 330, несущих нагрузку, причем каждый привод 330, несущий нагрузку, размещен между двумя соседними узлами 340 привода позиционирования.

[0099] На фиг. 11B один из вариантов осуществления системы 300b симуляции движения содержит девять узлов 340 привода позиционирования и три привода 330, несущих нагрузку, причем девять узлов 340 привода позиционирования расположены в группах по три узла 340 привода позиционирования и каждый привод 330, несущий нагрузку, размещен между отдельными группами.

[0100] На фиг. 11C один из вариантов осуществления системы 300c симуляции движения содержит шесть узлов 340 привода позиционирования и три привода 330, несущих нагрузку, причем шесть узлов 340 привода позиционирования расположены в группах по два узла 340 привода позиционирования и каждый привод 330, несущий нагрузку, размещен между отдельными группами.

[0101] На фиг. 11D один из вариантов осуществления системы 300d симуляции движения содержит шесть узлов 340 привода позиционирования и три привода 330, несущих нагрузку, причем шесть узлов 340 привода позиционирования расположены в группах по два узла 340 привода позиционирования и каждый привод 330, несущий нагрузку, размещен в более центральном положении на основании 310, поддерживая тем самым более центральное расположение платформы 320.

[0102] На фиг. 11E один из вариантов осуществления системы 300e симуляции движения содержит шесть узлов 340 привода позиционирования и шесть приводов 330, несущих нагрузку, причем шесть узлов 340 привода позиционирования расположены в группах по два узла 340 привода позиционирования, причем привод 330, несущий нагрузку, размещен между каждой из отдельных групп, а три других привода 330, несущих нагрузку, размещены в более центральном положении на основании 310, поддерживая тем самым более центральное расположение платформы 320.

[0103] На фиг. 11F один из вариантов осуществления системы 300f симуляции движения содержит шесть узлов 340 привода позиционирования и девять приводов 330, несущих нагрузку, причем шесть узлов 340 привода позиционирования расположены в группах по два узла 340 привода позиционирования, причем привод 330, несущий нагрузку, расположен между двумя узлами 340 привода позиционирования каждой группы и между каждой из отдельных групп, а три других привода 330, несущих нагрузку, расположены в более центральном положении на основании 310, тем самым поддерживая более центральное расположение платформы 320.

[0104] На фиг. 11G один вариант осуществления системы 300g симуляции движения содержит семь узлов 340 привода позиционирования и три привода 330, несущих нагрузку, причем каждый привод 330, несущий нагрузку, расположен между двумя соседними узлами 340 привода позиционирования, а седьмой узел 340 привода позиционирования расположен в более центральном положении на основании 310, тем самым поддерживая более центральное расположение платформы 320.

[0105] На фиг. 12 представлен вид в перспективе системы 400 симуляции движения в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. На фиг. 13 представлен вид в перспективе интегрированного блока 460 линейного привода системы 400 симуляции движения по фиг. 12 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. На фиг. 14 представлена вертикальная проекция интегрированного блока 460 линейного привода по фиг. 13. На фиг. 15 представлен вид в перспективе привода 430, несущего нагрузку, интегрированного блока 460 линейного привода по фиг. 13 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Ссылаясь на фиг. 12–15, система 400 симуляции движения использует интегрированные блоки 460 линейного привода для поддержания и размещения полезной нагрузки относительно основания 410 для предоставления информации о движении, сигналов или другой обратной связи пользователю.

[0106] Как описано в данном документе, платформа 420 может поддерживать и располагать полезную нагрузку относительно основания 410. В некоторых вариантах осуществления платформа 420 может содержать одну или несколько ножек 422, сформированных в пространственную раму, выполненную с возможностью приема, размещения или иного поддержания полезной нагрузки. Части полезной нагрузки могут быть прикреплены или закреплены на ножках 422 платформы 420. Ножки 422

или другие признаки платформы 420 можно приспособить для любой подходящей полезной нагрузки. В некоторых вариантах осуществления платформа 420 может иметь любую подходящую форму или конфигурацию. В некоторых вариантах осуществления форма платформы 420 может быть симметричной или асимметричной, и отличаться иным образом. На фиг. 16 представлен вид в перспективе системы 400а симуляции движения в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Как показано на фиг. 16, в отношении системы 400а симуляции движения, в некоторых вариантах осуществления платформа 420а может иметь плоскую или планарную форму. В некоторых вариантах осуществления платформа 420а может иметь в целом круглую или дискообразную форму.

[0107] В изображенном примере основание 410 может поддерживать вес платформы 420 и полезной нагрузки, а также другие компоненты системы 400 симуляции движения. Как показано, основание 410 может иметь в целом круглую или дискообразную форму. В некоторых вариантах осуществления форма основания 410 может быть симметричной или асимметричной, и отличаться иным образом.

[0108] Как описано в настоящем документе, платформа 420 и любая полезная нагрузка могут поддерживаться и размещаться в желаемом положении относительно основания 410 с помощью одного или нескольких интегрированных блоков 460 линейного привода. В изображенном примере каждый интегрированный блок 460 линейного привода содержит привод 430, несущий нагрузку, для поддержания веса платформы 420 и любой полезной нагрузки и узел 440 привода позиционирования для размещения платформы 420 и любой полезной нагрузки, причем оба размещены по меньшей мере частично в общем корпусе 462 интегрированного блока 460 линейного привода.

[0109] В изображенном примере интегрированный блок 460 линейного привода соединен с платформой 420 и основанием 410. Как показано, один конец 436 привода 430, несущего нагрузку, интегрированного блока 460 линейного привода может быть соединен с основанием 410, а противоположный конец 436 привода 430, несущего нагрузку, может быть соединен с платформой 420. В некоторых вариантах осуществления конец 436 может быть соединен с концевой частью 424 ножек 422 или любой другой подходящей частью платформы 420. В некоторых вариантах осуществления изобретения расположение сочленений, соединений или концов

интегрированных блоков 460 линейного привода относительно платформы 420 и/или основания 410 может быть копланарным, некопланарным, симметричным, несимметричным или может отличаться иным образом. В некоторых вариантах осуществления концы 436 могут быть шарнирно соединены с основанием 410 и платформой 420. Концы 436 могут содержать шариковые подшипники.

[0110] Перед началом нормальной работы системы 400 симуляции движения интегрированные блоки 460 линейного привода могут проходить на желаемую длину, чтобы служить в качестве опоры или иным образом поддерживать платформу 420 и полезную нагрузку в желаемой позиции. Как показано, каждый интегрированный блок 460 линейного привода содержит привод 430, несущий нагрузку, для поддержания платформы 420 и любой полезной нагрузки в желаемой относительной позиции относительно основания 410.

[0111] В изображенном примере привод 430, несущий нагрузку, поддерживает платформу 420 и полезную нагрузку без влияния на положение платформы 420 во время нормальной работы. Привод 430, несущий нагрузку, соединен с корпусом 462 интегрированного блока 460 линейного привода. Как показано, шток 434 поршня привода 430, несущего нагрузку, проходит через корпус 462. Кроме того, конец 436 привода 430, несущего нагрузку, проходит через противоположную сторону корпуса 462.

[0112] В изображенном примере привод 430, несущий нагрузку, представляет собой пневматический привод, который использует давление воздуха для вытягивания и поддержания платформы 420 и полезной нагрузки в желаемой позиции. В некоторых вариантах осуществления изобретения привод 430, несущий нагрузку, может предусматривать признаки и/или работать таким образом, который аналогичен признакам и/или принципу работы привода 130, несущего нагрузку. Если не указано иное, аналогичные ссылочные номера могут использоваться для признаков привода 430, несущего нагрузку, которые аналогичны признакам привода 130, несущего нагрузку. В некоторых вариантах осуществления привод 430, несущий нагрузку, может использовать другие типы приводов, включая, но без ограничения, газовые раскосы, газовые пружины, эластичные тросы, линейные пружины, спиралевидные пружины и/или вращательные пружины.

[0113] В изображенном примере привод 430, несущий нагрузку, содержит один или несколько буферных баков 438 в сообщении по текучей среде с пневматическим цилиндром 432 для обеспечения дополнительного недействующего объема для пневматического цилиндра 432. В некоторых вариантах осуществления изобретения один или несколько буферных баков 438 могут быть соединены с корпусом пневматического цилиндра 432. Как можно оценить, использование нескольких буферных баков 438 позволяет обеспечить желаемый недействующий объем, обеспечивая гибкость или способность к конфигурированию оболочки привода 430, несущего нагрузку. В некоторых вариантах осуществления изобретения использование нескольких буферных баков 438 может обеспечить относительно компактную конструкцию, позволяющую разместить пневматический цилиндр 432 и буферные баки 438 в корпусе 462 интегрированного блока 460 линейного привода, обеспечивая при этом необходимый недействующий объем.

[0114] Во время работы системы 400 симуляции движения интегрированные блоки 460 линейного привода могут проходить на нужную длину для размещения платформы 420 и полезной нагрузки в желаемой позиции. Как показано, каждый интегрированный блок 460 линейного привода содержит узел 440 привода позиционирования для перемещения или размещения платформы 420 и полезной нагрузки в желаемой позиции относительно основания 410.

[0115] В изображенном примере узел 440 привода позиционирования может прикладывать силу или иным образом воздействовать на привод 430, несущий нагрузку, того же интегрированного блока 460 линейного привода для размещения (во взаимодействии или совместно с другими интегрированными блоками 460 линейного привода) платформы 420 в любой шестимерной позиции, связанной с рывком, качанием, подъемом, отклонением, наклоном и кручением, в пределах пространства движения системы 400 симуляции движения. Как показано, узел 440 привода позиционирования соединен с приводом 430, несущим нагрузку, и корпусом 462 интегрированного блока 460 линейного привода. В некоторых вариантах осуществления изобретения конец 448 соединительного штока 446 шарнирно соединен со штоком 434 поршня привода 430, несущего нагрузку, в месте 464 соединения. Как показано, соединение 464 между соединительным штоком 446 и штоком 434 поршня может быть расположено между пневматическим цилиндром 432 и концом 436 штока 434 поршня. В некоторых вариантах осуществления соединение 464 может быть

расположено внутри корпуса 462 интегрированного блока 460 линейного привода. Кроме того, корпус привода позиционирования может быть соединен с корпусом 462 интегрированного блока 460 линейного привода.

[0116] В изображенном примере узел 440 привода позиционирования содержит привод позиционирования для манипулирования соединительным штоком 446, который, в свою очередь, позиционирует шток 434 поршня привода 430, несущего нагрузку, и, в конечном счете, платформу 420 в желаемой позиции. В некоторых вариантах осуществления узел 440 привода позиционирования может содержать признаки и/или работать аналогично признакам и/или принципу работы узла 140 привода позиционирования. Если не указано иное, аналогичные ссылочные номера могут использоваться для признаков узла 440 привода позиционирования, которые аналогичны признакам узла 140 привода позиционирования.

[0117] Как описано в настоящем документе, интегрированные блоки 460 линейного привода могут быть расположены или иным образом размещены относительно основания 410 и платформы 420 в любом подходящем месте. В изображенном примере интегрированные блоки 460 линейного привода могут быть расположены таким образом, чтобы система 400 симуляции движения могла перемещаться в шести степенях свободы. Как показано, система 400 симуляции движения может содержать шесть интегрированных блоков 460 линейного привода. Шесть интегрированных блоков 460 линейного привода могут быть расположены равноудаленно. В некоторых вариантах осуществления интегрированные блоки 460 линейного привода могут быть расположены в виде «линейного шестигранника».

[0118] Во время работы система 400 симуляции движения может использовать интегрированные блоки 460 линейного привода для установки платформы 420 и полезной нагрузки в желаемую позицию или последовательность позиций в ответ на входные данные о положении. В изображенном примере контроллер системы 400 симуляции движения может получать входные данные о позиционировании в виде потоковой последовательности векторов позиций. В некоторых вариантах применения реализация встроенных линейных приводов 460 может упростить математическую сложность кинематических уравнений для преобразования входных данных о положении в результирующее движение системы 400 симуляции движения.

[0119] Кроме того, в настоящем документе описаны различные варианты осуществления человеко-машинных интерфейсов (HMI). В некоторых вариантах осуществления человеко-машинный интерфейс может использовать приводы с прямым приводом для приема входных данных о движении от оператора и для размещения части ввода интерфейса для обеспечения тактильной обратной связи. Человеко-машинный интерфейс или устройство передачи тактильных ощущений может принимать входные данные с 6 степенями свободы и обеспечивать тактильную обратную связь с 6 степенями свободы. В некоторых вариантах применения человеко-машинный интерфейс может предусматривать признаки, структуры и/или конфигурации систем симуляции движения, описанных в настоящем документе. В некоторых вариантах осуществления, например, в определенных сверхлегких вариантах применения, человеко-машинный интерфейс может включать или не включать приводы, несущие нагрузку.

[0120] На фиг. 17 представлен вид в перспективе устройства 500 передачи тактильных ощущений в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. На фиг. 18 представлена вертикальная проекция устройства 500 передачи тактильных ощущений по фиг. 17. Ссылаясь на фиг. 17 и 18, устройство 500 передачи тактильных ощущений принимает вводные данные о движении от оператора через часть 502 ввода и предоставляет пользователю информацию о движении или тактильную информацию, сигналы или другую обратную связь через ту же часть 502 ввода. В некоторых вариантах осуществления часть 502 ввода может представлять собой кнопку, джойстик, мышь или любое другое подходящее устройство или структуру ввода.

[0121] Как показано, платформа 520 может поддерживать, располагать и перемещать часть 502 ввода относительно основания 510. В изображенном примере платформа 520 может иметь форму или быть выполнена с возможностью приема или иного поддержания части 502 ввода. Части указанной части 502 ввода могут быть прикреплены или зафиксированы на платформе 520. В некоторых вариантах осуществления платформа 520 может иметь планарную форму, например, в виде диска, чтобы обеспечить поддержание части 502 ввода с помощью плоской поверхности. В некоторых вариантах осуществления форма платформы 520 может быть симметричной или асимметричной, и отличаться иным образом.

[0122] В изображенном примере основание 510 может поддерживать вес платформы 520 и части 502 ввода, а также других компонентов устройства 500 передачи тактильных ощущений. Как проиллюстрировано, основание 510 может иметь в общем треугольную форму. В некоторых вариантах осуществления форма основания 510 может быть симметричной или асимметричной, и отличаться иным образом.

[0123] В некоторых вариантах применения один или несколько приводов 530, несущих нагрузку, могут поддерживать вес платформы 520, части 502 ввода и приложенный вес оператора относительно основания 510. В некоторых вариантах осуществления приводы 530, несущие нагрузку, могут содержать признаки, могут работать или иным образом могут быть реализованы способом, аналогичным признакам и/или способу работы приводов, несущих нагрузку, описанных в настоящем документе, включая, но без ограничения, привод 130, несущий нагрузку, и/или привод 430, несущий нагрузку.

[0124] Перед нормальной работой устройства 500 передачи тактильных ощущений приводы 530, несущие нагрузку, могут быть вытянуты до желаемой длины для выполнения функции ножки или другого вида поддержания платформы 520 и части 502 ввода в желаемой позиции. В некоторых вариантах осуществления привод 530, несущий нагрузку, для устройства 500 передачи тактильных ощущений может использовать другие типы приводов, включая, но без ограничения, газовые раскосы, газовые пружины, эластичные тросы, линейные пружины, спиралевидные пружины и/или вращательные пружины.

[0125] Как описано в данном документе, приводы 530, несущие нагрузку, могут быть расположены или иным образом размещены относительно основания 510 и платформы 520 в любой подходящей конфигурации. Например, устройство 500 передачи тактильных ощущений может содержать в два раза больше узлов 540 привода позиционирования, чем приводов 530, несущих нагрузку. Как проиллюстрировано, устройство 500 передачи тактильных ощущений может содержать три привода 530, несущих нагрузку. Приводы 530, несущие нагрузку могут быть расположены равноудаленно. В некоторых вариантах осуществления, например, в определенных сверхлегких вариантах применения, устройство 500 передачи тактильных ощущений может использовать один или несколько узлов 540 привода позиционирования для

поддерживания веса платформы 520, части 502 ввода и приложенного веса оператора относительно основания 510 без использования приводов, несущих нагрузку.

[0126] В изображенном примере устройство 500 передачи тактильных ощущений содержит один или несколько узлов 540 привода позиционирования, которые могут принимать данные о движении от оператора и определять положение платформы 520 и части 502 ввода относительно основания 510. В изображенном примере узел 540 привода позиционирования может принимать входные данные о движении от оператора и устанавливать положение платформы 520 относительно любой шестимерной позиции, связанной с рывком, качанием, подъемом, отклонением, наклоном и кручением, в пределах пространства движения устройства 500 передачи тактильных ощущений. В некоторых вариантах осуществления узел 540 привода позиционирования может содержать признаки, может работать или иным образом может быть реализован способом, аналогичным признакам и/или способу работы узлов привода позиционирования, описанных в настоящем документе, включая, но без ограничения, узел 140 привода позиционирования, узел 240 привода позиционирования и/или узел 440 привода позиционирования.

[0127] Как описано в настоящем документе, узлы 540 привода позиционирования могут быть расположены или иным образом размещены относительно основания 510 и платформы 520 в любой подходящей компоновке. В изображенном примере узлы 540 привода позиционирования могут быть расположены таким образом, чтобы позволить устройству 500 передачи тактильных ощущений получать входные данные о положении и/или перемещаться по шести степеням свободы. Как показано, устройство 500 передачи тактильных ощущений может содержать шесть узлов 540 привода позиционирования. Шесть узлов 540 привода позиционирования могут быть расположены равноудаленно. Как показано, шесть узлов 540 привода позиционирования могут быть расположены в трех «наборах ножек», расположенных вокруг основания 510 и соединенных с платформой 520. В некоторых вариантах осуществления узлы 540 привода позиционирования могут быть расположены в виде «вращающегося шестигранника».

[0128] Преимущественно непосредственное крепление или соединение между компонентами узла 540 привода позиционирования позволяет создать механизм или компоновку с прямым приводом. В дополнение к преимуществам, описанным в

настоящем документе, компоновка узлов 540 привода позиционирования с прямым приводом позволяет оператору осуществлять движение или другие вводные данные через часть 502 ввода и/или платформу 520 для обеспечения ввода данных о положении оператора на другое устройство, например, компьютер. Во время работы движение части 502 ввода и/или платформы 520 может заряжать или приводить в обратное движение узлы 540 привода позиционирования для генерирования сигналов, соответствующих вводу данных о положении оператора.

[0129] В изображенном примере контроллер устройства 500 передачи тактильных ощущений может принимать вводные данные о положении от оператора через сигнал, полученный от узлов 540 привода позиционирования. Во время работы контроллер устройства 500 передачи тактильных ощущений может преобразовывать или переводить сигналы узлов 540 привода позиционирования в сигнал, который может быть использован подключенным устройством (например, компьютером) в качестве вводного сигнала о положении. В некоторых вариантах осуществления контроллер устройства 500 передачи тактильных ощущений может использовать соответствующие способы (например, прямую кинематику) для подачи вводного сигнала о желаемом положении на подключенное устройство.

[0130] Кроме того, как описано в настоящем документе в отношении других вариантов осуществления устройство 500 передачи тактильных ощущений может использовать узлы 540 привода позиционирования для размещения платформы 520 и части 502 ввода в желаемой позиции или последовательности позиций в ответ на ввод данных о положении для обеспечения тактильной обратной связи с оператором. В изображенном примере контроллер устройства 500 передачи тактильных ощущений может принимать тактильные вводные данные или вводные данные о положении в виде потоковой последовательности векторов позиций. В некоторых вариантах осуществления контроллер устройства 500 передачи тактильных ощущений может содержать признаки, может работать или иным образом может быть реализован способом, аналогичным признакам и/или способу работы контроллеров систем симуляции движения, описанных в настоящем документе, включая, но без ограничения, контроллер системы 100 симуляции движения.

[0131] Следует также понимать, что, хотя термины «первый», «второй» и т. д. в некоторых случаях используются в настоящем документе для описания различных

элементов, эти элементы не должны быть ограничены этими терминами. Эти термины используются только для того, чтобы отличить один элемент от другого. Например, первый клапан может быть назван вторым клапаном, и, аналогично, второй клапан может быть назван первым клапаном, не выходя за рамки объема различных описанных вариантов осуществления. Первый и второй клапаны, оба являются клапанами, но это не один и тот же клапан, если это не оговорено особо.

[0132] Терминология, используемая в описании различных описанных здесь вариантов осуществления, предназначена только для описания конкретных вариантов осуществления и не является ограничивающей. Как используется в описании различных описанных вариантов осуществления и прилагаемой формуле изобретения, формы единственного числа предназначены для включения форм множественного числа, если контекст явно не указывает на иное. Следует также понимать, что термин «и/или», используемый в настоящем документе, относится к любым и всем возможным комбинациям одного или нескольких связанных перечисленных элементов и охватывает их. Кроме того, следует понимать, что термины «включает», «включающий», «содержит» и/или «содержащий» при использовании в данном описании указывают на присутствие указанных признаков, целых чисел, этапов, операций, элементов и/или компонентов, но не исключают присутствия или добавления одного или нескольких других признаков, целых чисел, этапов, операций, элементов, компонентов и/или их групп.

[0133] Как используется в данном документе, термин «если», по желанию, может означать «когда» или «при», или «в ответ на определение», или «в ответ на обнаружение», или «в соответствии с определением того, что», в зависимости от контекста. Аналогично, фраза «если определено» или «если [заявленное условие или событие] обнаружено», необязательно, может быть истолкована как «при определении» или «в ответ на определение» или «при обнаружении [заявленного условия или события]» или «в ответ на обнаружение [заявленного условия или события]» или «в соответствии с определением, что [заявленное условие или событие] обнаружено», в зависимости от контекста.

[0134] Вышеизложенное описание, в целях пояснения, было описано со ссылкой на конкретные варианты осуществления. Однако приведенные выше иллюстрации не являются исчерпывающими и не ограничивают объем формулы изобретения

конкретными раскрытыми формами. Возможны многочисленные модификации и вариации с учетом вышеизложенного. Варианты осуществления были выбраны для того, чтобы наилучшим образом объяснить принципы, лежащие в основе формулы изобретения, и их практическое применение, чтобы дать возможность другим специалистам в данной области техники наилучшим образом использовать варианты осуществления с различными модификациями, подходящими для конкретных предполагаемых применений.

Формула изобретения

1. Система симуляции движения, содержащая:

привод, несущий нагрузку, содержащий:

пневматический цилиндр, определяющий полость; и

шток поршня, расположенный по меньшей мере частично внутри полости пневматического цилиндра, при этом первый конец поршневого штока и полость пневматического цилиндра определяют объем пневматического цилиндра, и объем пневматического цилиндра выполнен с возможностью нагнетания давления для поддержания веса полезной нагрузки; и

узел привода позиционирования, содержащий:

привод позиционирования, содержащий:

статор; и

ротор, выполненный с возможностью вращения относительно статора; и

соединительный шток, соединенный с ротором, при этом ротор выполнен с возможностью вращения для перемещения соединительного штока и расположения полезной нагрузки, поддерживаемой приводом, несущим нагрузку.

2. Система симуляции движения по п. 1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит второй узел привода позиционирования, где второй узел привода позиционирования выполнен с возможностью расположения полезной нагрузки, поддерживаемой приводом, несущим нагрузку, совместно с узлом привода позиционирования.

3. Система симуляции движения по п. 1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит множество дополнительных приводов, несущих нагрузку, и множество дополнительных узлов привода позиционирования, при этом множество дополнительных приводов, несущих нагрузку, выполнено с возможностью нагнетания давления для поддержания веса полезной нагрузки совместно с приводом, несущим нагрузку, а множество дополнительных узлов привода позиционирования выполнены с

возможностью расположения полезной нагрузки, поддерживаемой приводом, несущим нагрузку, и множеством приводов, несущих нагрузку, совместно с узлом привода позиционирования.

4. Система симуляции движения по п. 3, отличающаяся тем, что множество дополнительных приводов, несущих нагрузку, содержит два дополнительных привода, несущего нагрузку, а множество дополнительных узлов привода позиционирования содержит пять дополнительных узлов привода позиционирования.

5. Система симуляции движения по п. 1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит платформу, при этом платформа соединена со вторым концом поршневого штока и соединительного штока, и платформа выполнена с возможностью поддержания полезной нагрузки.

6. Система симуляции движения по п. 1, отличающаяся тем, что привод, несущий нагрузку, содержит буферный бак, определяющий недействующий объем, сообщающийся по текучей среде с объемом пневматического цилиндра.

7. Система симуляции движения по п. 6, отличающаяся тем, что диапазон движения первого конца штока поршня относительно полости пневматического цилиндра определяет рабочий объем, а недействующий объем составляет от примерно 100% до примерно 500% от рабочего объема.

8. Система симуляции движения по п. 1, отличающаяся тем, что объем пневматического цилиндра находится под давлением за счет колебания первого конца штока поршня относительно пневматического цилиндра.

9. Система симуляции движения по п. 1, отличающаяся тем, что узел привода позиционирования содержит кривошип, шарнирно соединенный с ротором и соединительным штоком.

10. Система симуляции движения по п. 9, отличающаяся тем, что кривошип образован как одно целое с ротором.

11. Система симуляции движения по п. 1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит корпус линейного привода, причем привод, несущий нагрузку, и узел

привода позиционирования по меньшей мере частично размещены в корпусе линейного привода.

12. Система симуляции движения по п. 11, отличающаяся тем, что конец соединительного штока шарнирно соединен со штоком поршня между первым концом и вторым концом штока поршня.

13. Система симуляции движения по п. 1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит контроллер, выполненный с возможностью управления работой привода, несущего нагрузку, и привода позиционирования.

14. Система симуляции движения по п. 13, отличающаяся тем, что контроллер выполнен с возможностью нагнетания давления в объем пневматического цилиндра до определенной величины, чтобы минимизировать потребление тока привода позиционирования.

15. Система симуляции движения по п. 13, отличающаяся тем, что контроллер выполнен с возможностью управления работой привода позиционирования на частоте до приблизительно 1000 Гц.

16. Система симуляции движения по п. 1, отличающаяся тем, что дополнительно содержит устройство для накопления электроэнергии, выполненное с возможностью получения энергии, вырабатываемой приводом позиционирования.

17. Система симуляции движения, содержащая:

основание;

платформу, выполненную с возможностью перемещения относительно основания и выполненную с возможностью поддержания полезной нагрузки;

множество приводов, несущих нагрузку, где каждый привод, несущий нагрузку, содержит:

пневматический цилиндр, шарнирно соединенный с основанием, при этом пневматический цилиндр определяет полость; и

шток поршня, определяющий первый конец и второй конец, при этом первый конец расположен по меньшей мере частично внутри полости пневматического цилиндра для определения объема пневматического цилиндра, второй конец шарнирно соединен с платформой, и объем пневматического цилиндра выполнен с возможностью нагнетания давления для поддержания платформы; и

множество узлов привода позиционирования, при этом каждый узел привода позиционирования содержит:

привод позиционирования, соединенный с основанием, причем привод позиционирования содержит:

статор; и

ротор, выполненный с возможностью вращения относительно статора; и

соединительный шток, первый конец которого шарнирно соединен с ротором, а второй конец шарнирно соединен с платформой, при этом ротор выполнен с возможностью вращения для перемещения соединительного штока и расположения полезной нагрузки, поддерживаемой множеством приводов, несущих нагрузку.

18. Система симуляции движения по п. 17, отличающаяся тем, что количество узлов привода позиционирования из множества узлов привода позиционирования в два раза больше количества приводов, несущих нагрузку, из множества приводов, несущих нагрузку.

19. Система симуляции движения по п. 18, отличающаяся тем, что множество приводов, несущих нагрузку, содержит три привода, несущего нагрузку, а множество узлов привода позиционирования содержит шесть узлов привода позиционирования.

20. Система симуляции движения по п. 18, отличающаяся тем, что второй конец штока поршня первого привода, несущего нагрузку, из множества приводов, несущих нагрузку, расположен смежно со вторым концом соединительного штока первого узла позиционирования и вторым концом соединительного штока второго узла позиционирования из множества узлов позиционирования.

21. Система симуляции движения по п. 17, отличающаяся тем, что платформа выполнена с возможностью перемещения в шести степенях свободы относительно основания.
22. Система симуляции движения по п. 17, отличающаяся тем, что платформа содержит множество ножек, где второй конец штока поршня каждого привода, несущего нагрузку, из множества приводов, несущих нагрузку, соединен с соответствующей ножкой из множества ножек платформы.
23. Система симуляции движения по п. 22, отличающаяся тем, что каждый привод, несущий нагрузку, из множества приводов, несущих нагрузку, содержит буферный бак, определяющий недействующий объем, сообщающийся по текучей среде с объемом пневматического цилиндра.
24. Система симуляции движения по п. 23, отличающаяся тем, что диапазон движения первого конца штока поршня относительно полости пневматического цилиндра определяет рабочий объем, а недействующий объем составляет от примерно 100% до примерно 500% от рабочего объема.
25. Система симуляции движения по п. 17, отличающаяся тем, что объем пневматического цилиндра каждого привода, несущего нагрузку, из множества приводов, несущих нагрузку, находится под давлением за счет колебания первого конца штока поршня относительно пневматического цилиндра.
26. Система симуляции движения по п. 17, отличающаяся тем, что каждый узел привода позиционирования множества узлов привода позиционирования содержит кривошип, шарнирно соединенный с ротором и соединительным штоком.
27. Система симуляции движения по п. 26, отличающаяся тем, что кривошип образован как одно целое с ротором.
28. Система симуляции движения по п. 17, отличающаяся тем, что дополнительно содержит множество корпусов линейных приводов, при этом соответствующий привод, несущий нагрузку, из множества приводов, несущих нагрузку, и соответствующий узел привода позиционирования из множества приводов, несущих нагрузку, по меньшей мере частично размещены в общем корпусе линейного привода множества корпусов линейных приводов.

29. Система симуляции движения по п. 28, отличающаяся тем, что конец соединительного штока соответствующего узла привода позиционирования шарнирно соединен со штоком поршня соответствующего привода, несущего нагрузку, между первым концом и вторым концом штока поршня.

30. Система симуляции движения по п. 17, отличающаяся тем, что дополнительно содержит контроллер, выполненный с возможностью управления работой множества приводов, несущих нагрузку, и множества узлов привода позиционирования.

31. Система симуляции движения по п. 30, отличающаяся тем, что контроллер выполнен с возможностью нагнетания давления в объем каждого соответствующего пневматического цилиндра из множества приводов, несущих нагрузку, до определенной величины, чтобы минимизировать потребление тока каждым соответствующим приводом позиционирования из множества узлов привода позиционирования.

32. Система симуляции движения по п. 30, отличающаяся тем, что контроллер выполнен с возможностью управления работой каждого соответствующего узла привода позиционирования из множества узлов привода позиционирования на частоте до приблизительно 1000 Гц.

33. Система симуляции движения по п. 17, отличающаяся тем, что дополнительно содержит устройство для накопления электроэнергии, выполненное с возможностью получения энергии, вырабатываемой приводом позиционирования.

34. Способ управления системой симуляции движения, включающий:

нагнетание давления во множество приводов, несущих нагрузку, для поддержания платформы относительно основания; и

перемещение платформы путем приведения в действие множества приводов позиционирования соответствующего множества узлов привода позиционирования, при этом каждый узел привода позиционирования шарнирно соединен с платформой через соответствующий соединительный шток множества узлов привода позиционирования.

35. Способ по п. 34, отличающийся тем, что дополнительно включает:

обнаружение потребляемого тока каждым из множества узлов привода позиционирования; и

нагнетание давления во множество приводов, несущих нагрузку, до требуемого давления, чтобы минимизировать потребление тока каждым из множества узлов привода позиционирования.

36. Способ по п. 34, отличающийся тем, что дополнительно включает:

поддерживание платформы посредством множества приводов позиционирования с нагнетанием давления во множество приводов, несущих нагрузку.

37. Способ по п. 34, отличающийся тем, что дополнительно включает:

колебание множества приводов, несущих нагрузку, с нагнетанием давления в каждый соответствующий привод, несущий нагрузку.

38. Способ по п. 34, отличающийся тем, что дополнительно включает:

последовательное перемещение платформы в ответ на последовательность векторов позиций с частотой потока примерно до 1000 Гц.

39. Способ по п. 34, отличающийся тем, что дополнительно включает:

определение соответствующего положения вращения каждого из множества узлов привода позиционирования; и

регулировку коэффициента усиления для каждого соответствующего узла привода позиционирования в ответ на сравнение соответствующего положения вращения каждого из множества узлов привода позиционирования с желаемым положением вращения каждого из множества узлов привода позиционирования.

40. Способ по п. 34, отличающийся тем, что дополнительно включает:

генерирование электроэнергии за счет движения множества узлов привода позиционирования;

накопление электроэнергии от множества узлов привода позиционирования в устройстве для накопления электроэнергии; и

выделение электроэнергии из устройства для накопления электроэнергии.

41. Энергонезависимый машиночитаемый носитель данных, хранящий команды, которые выполнены с возможностью побуждения процессора устройства по меньшей мере:

обнаруживать потребляемый ток каждым из множества узлов привода позиционирования; и

нагнетать давление во множество приводов, несущих нагрузку, до требуемого давления, чтобы минимизировать потребление тока каждым из множества узлов привода позиционирования.

42. Команды по п. 41, отличающиеся тем, что дополнительно выполнены с возможностью побуждения процессора устройства по меньшей мере:

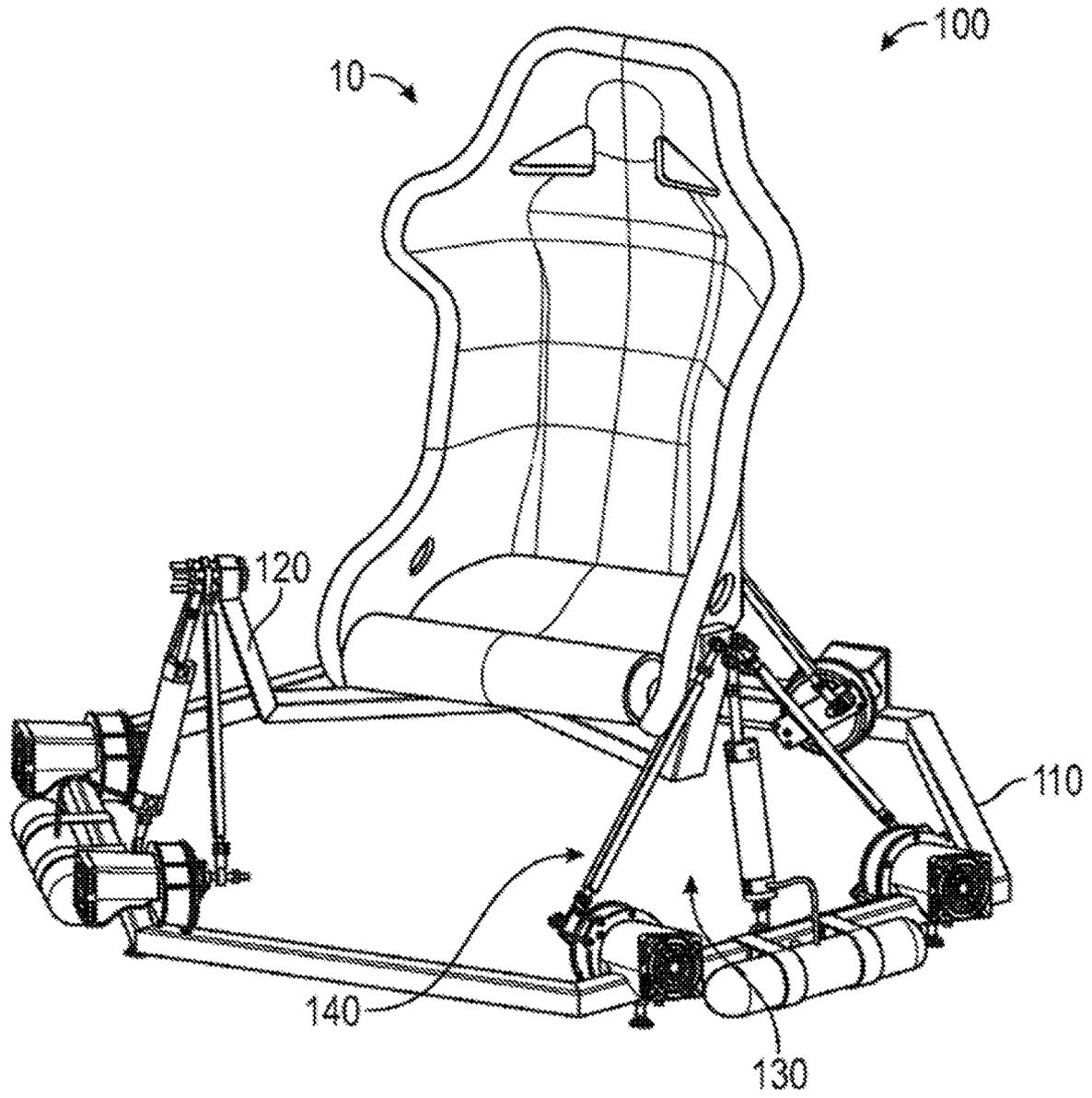
последовательно приводить в действие множество узлов привода позиционирования в ответ на последовательность векторов позиций с частотой потока примерно до 1000 Гц.

43. Команды по п. 41, отличающиеся тем, что дополнительно выполнены с возможностью побуждения процессора устройства по меньшей мере:

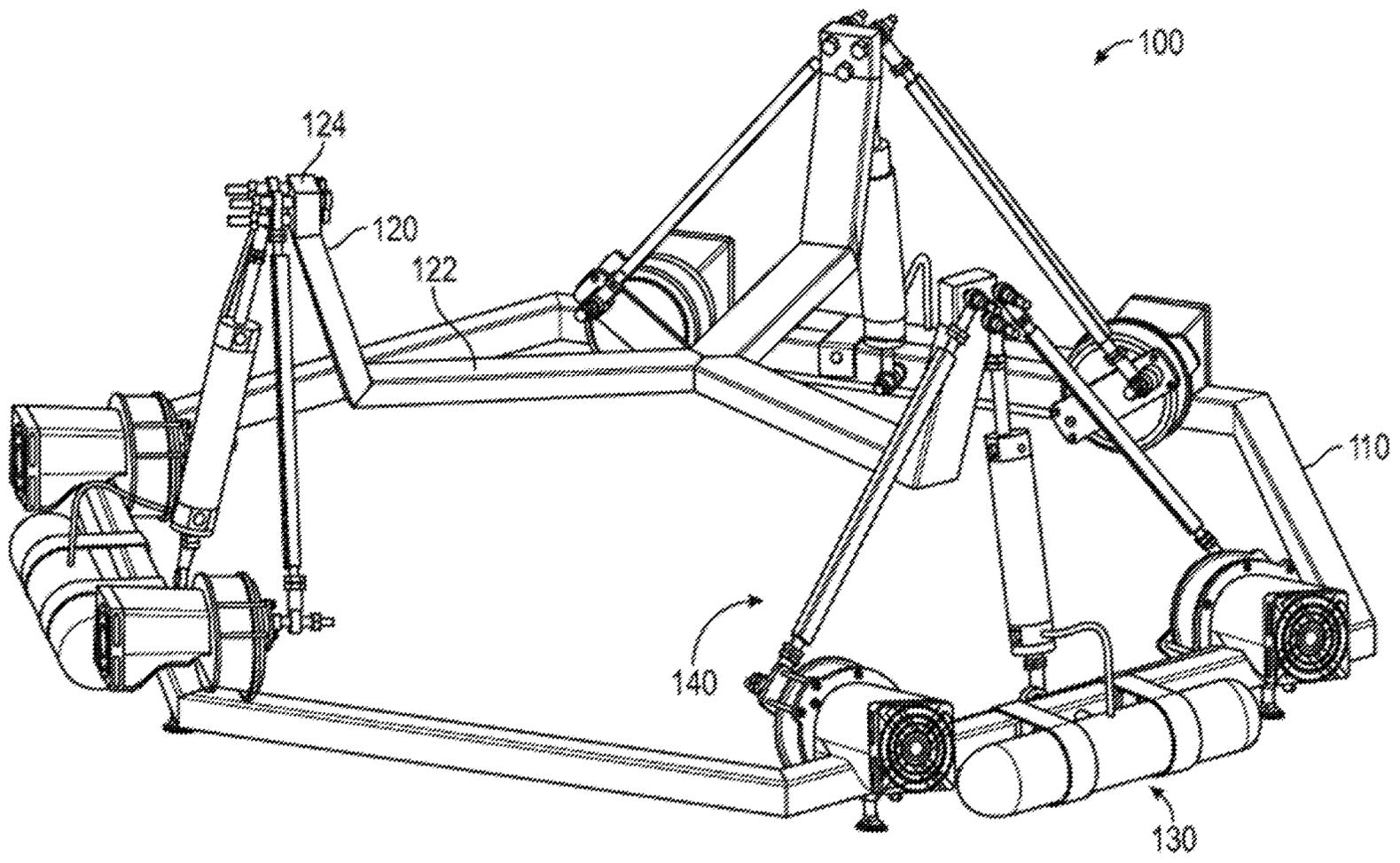
определять соответствующее положение вращения каждого из множества узлов привода позиционирования;

сравнивать соответствующее положение вращения каждого из множества узлов привода позиционирования с желаемым положением вращения каждого из множества узлов привода позиционирования; и

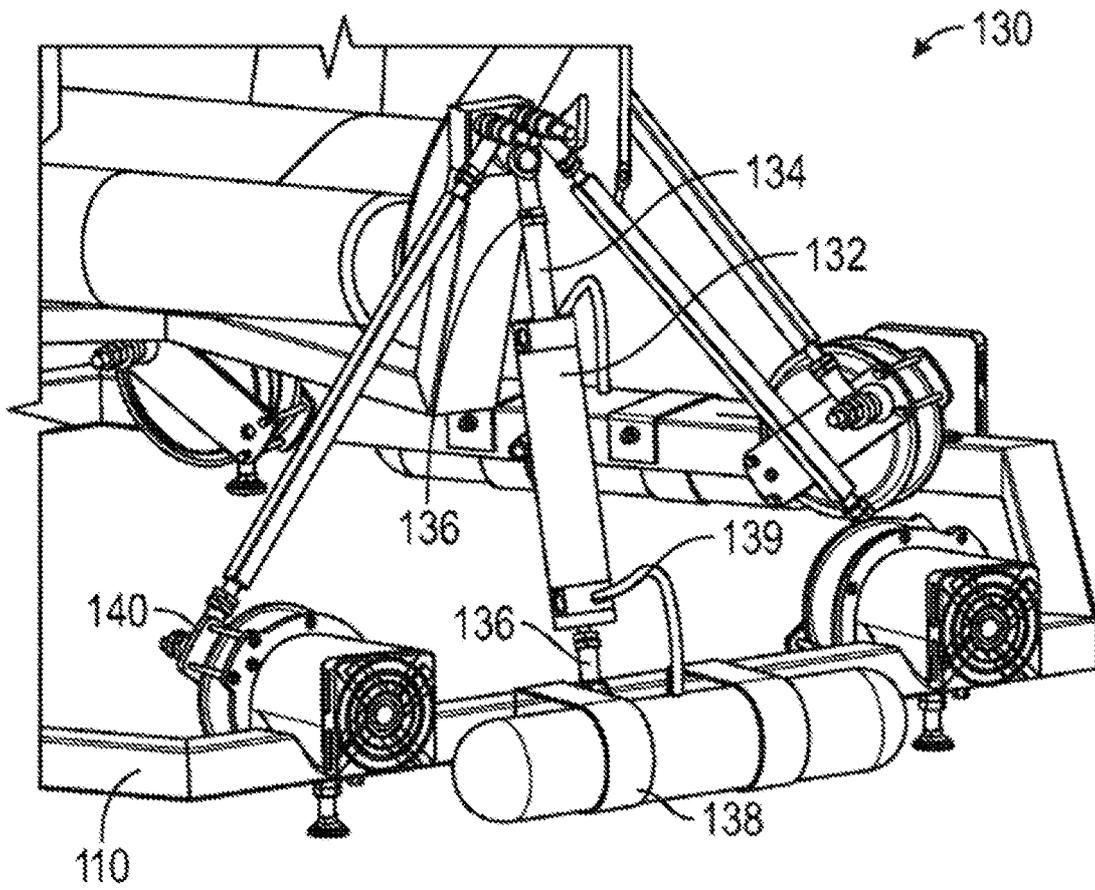
регулировать коэффициент усиления для каждого соответствующего узла привода позиционирования в ответ на сравнение соответствующего положения вращения каждого из множества узлов привода позиционирования с желаемым положением вращения каждого из множества узлов привода позиционирования.



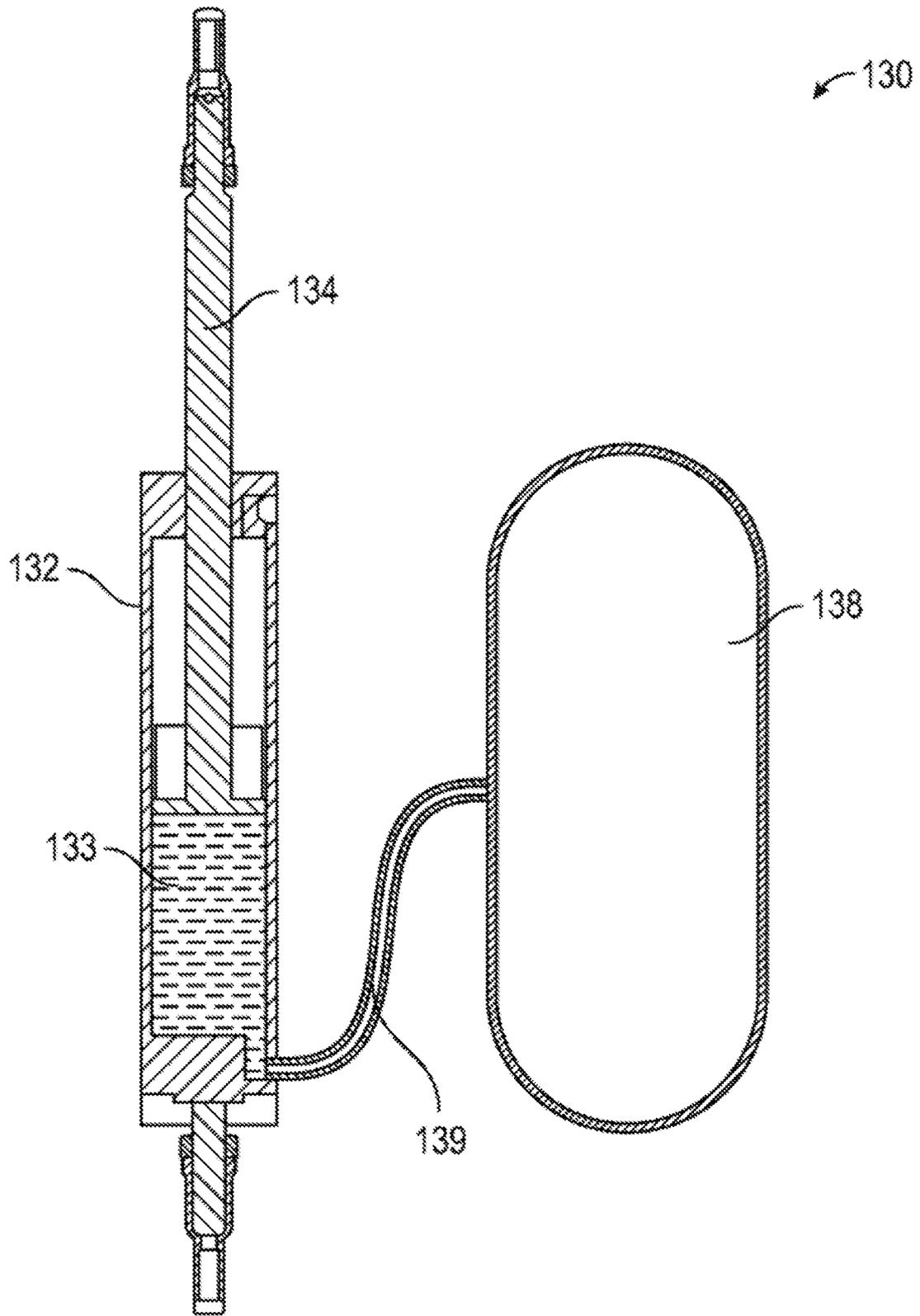
Фиг. 1



Фиг. 2

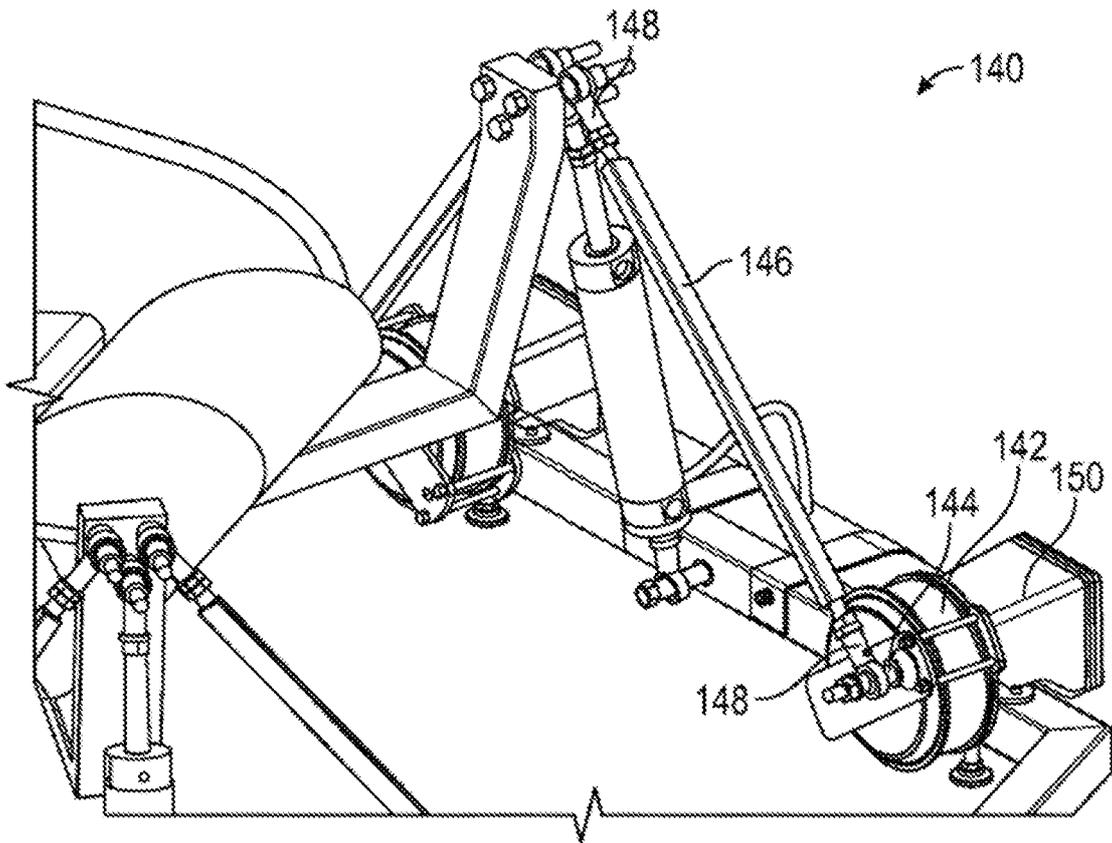


Фиг. 3

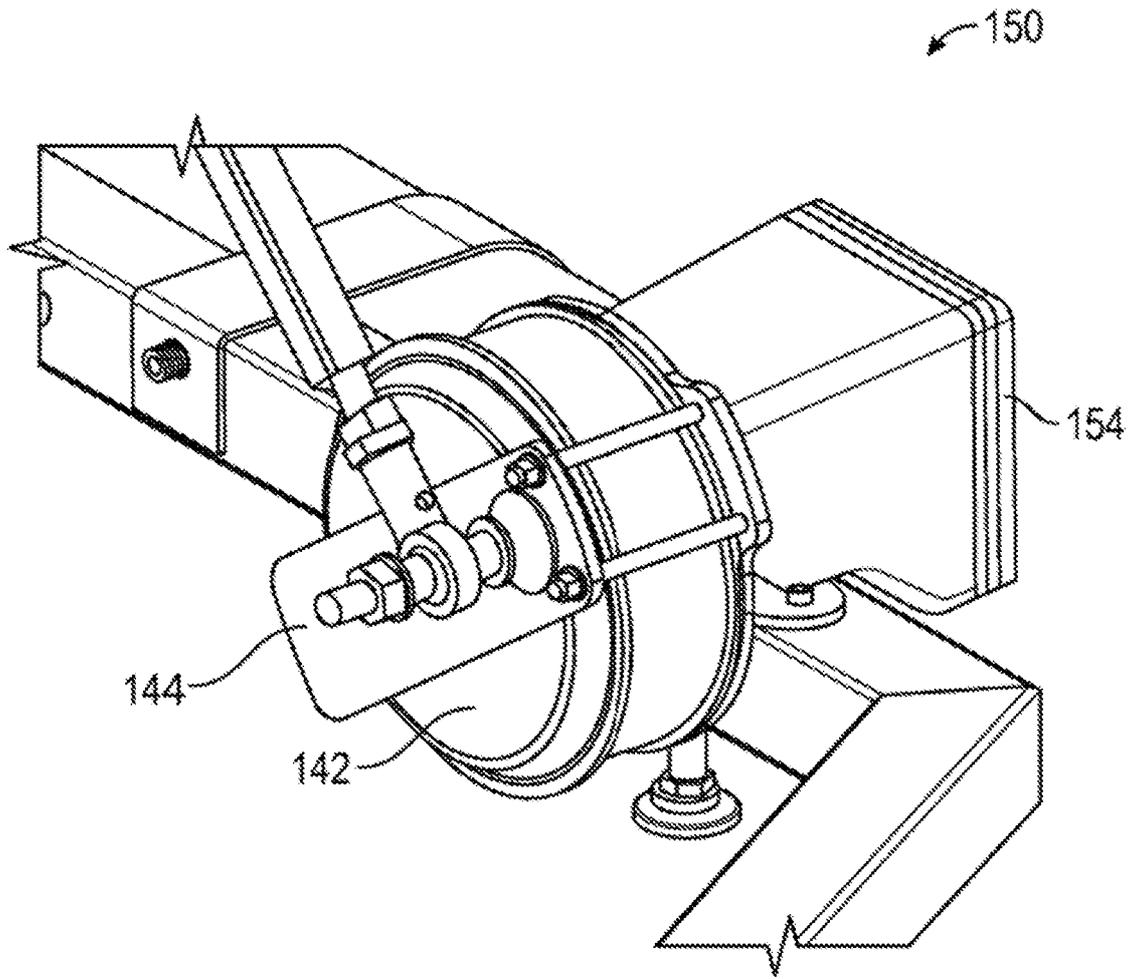


Фиг. 4

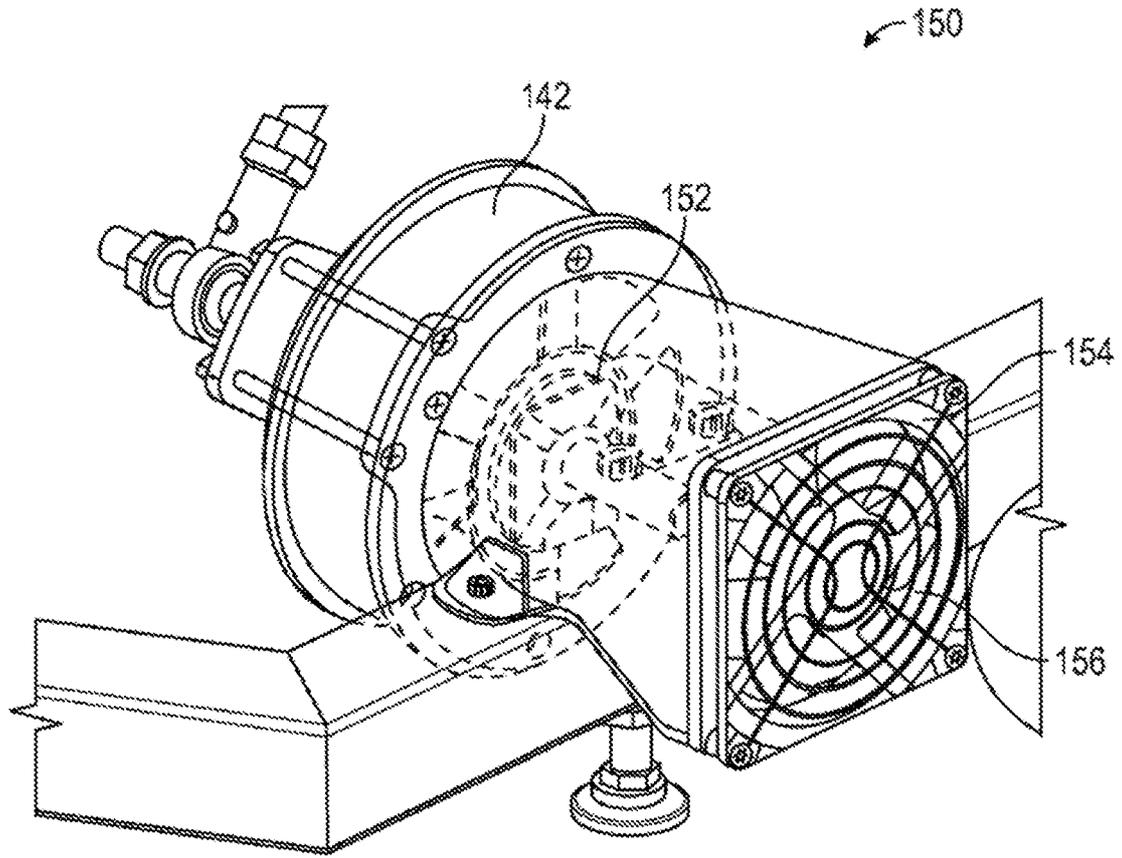
5/22



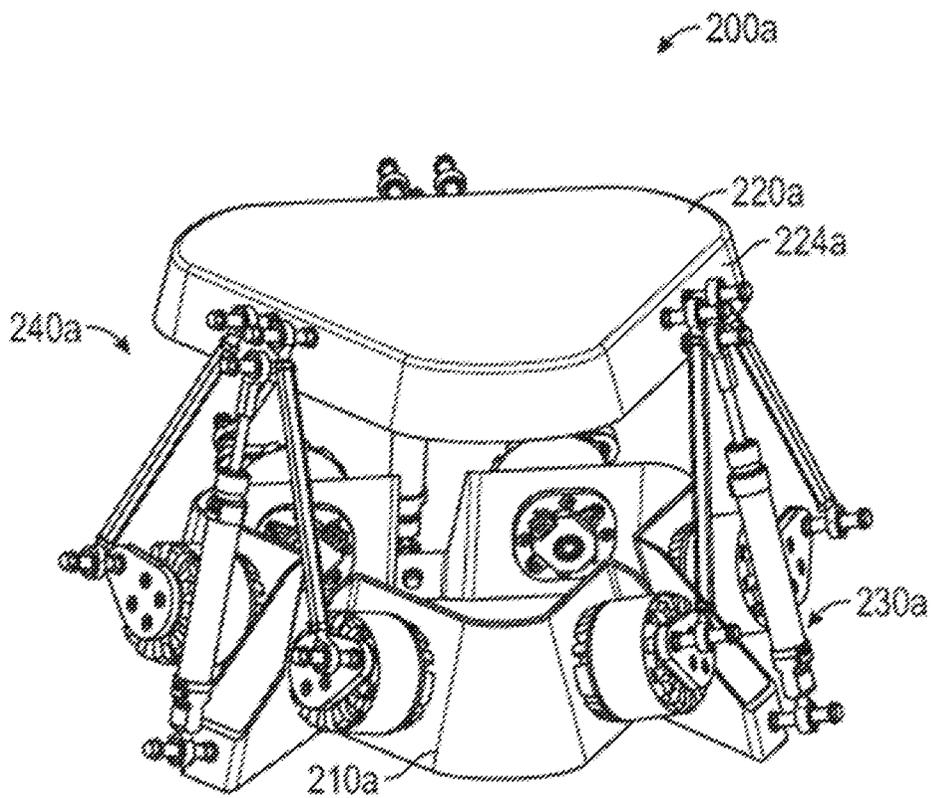
Фиг. 5



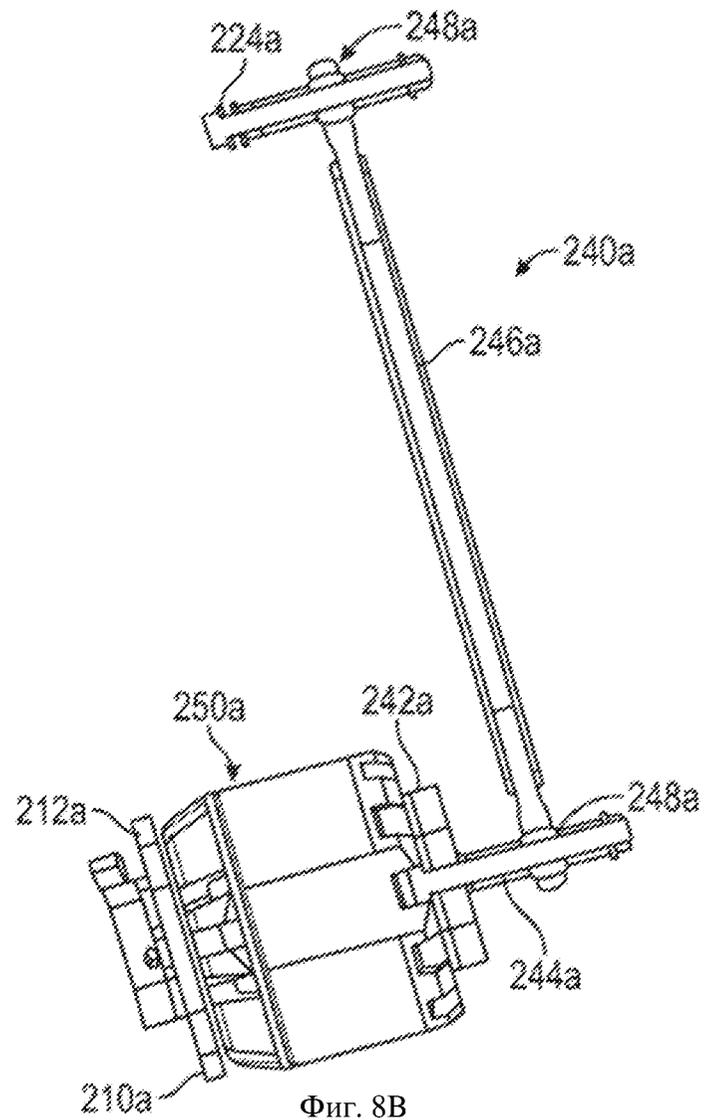
Фиг. 6



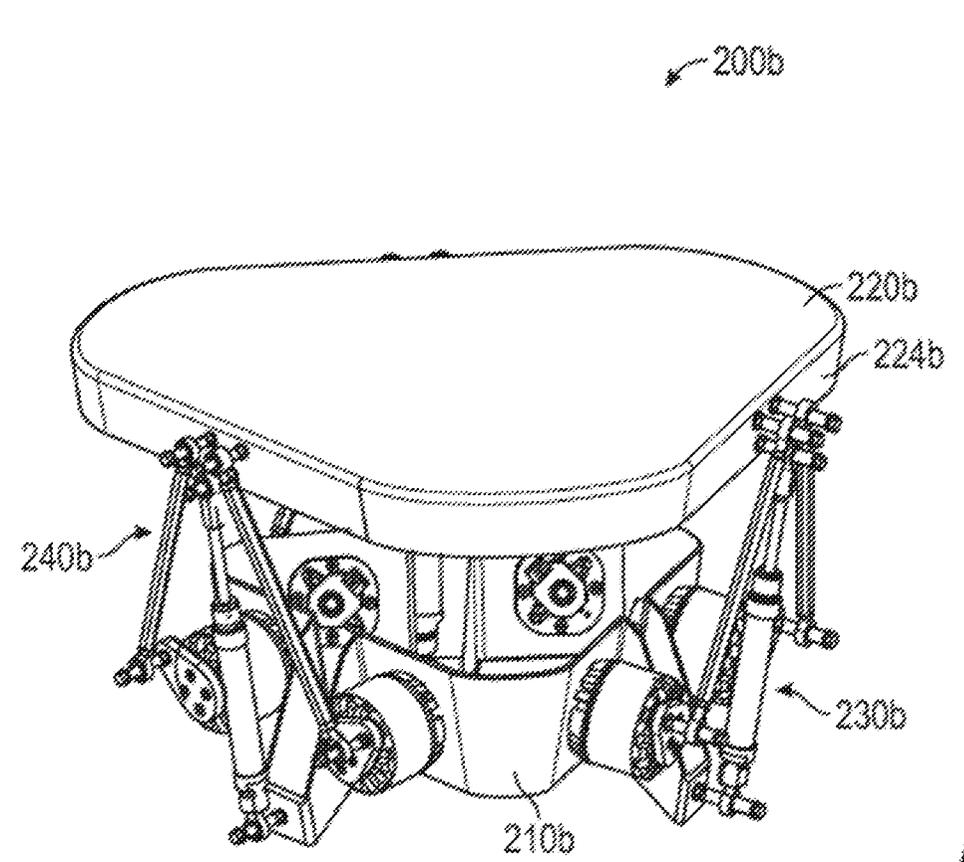
Фиг. 7



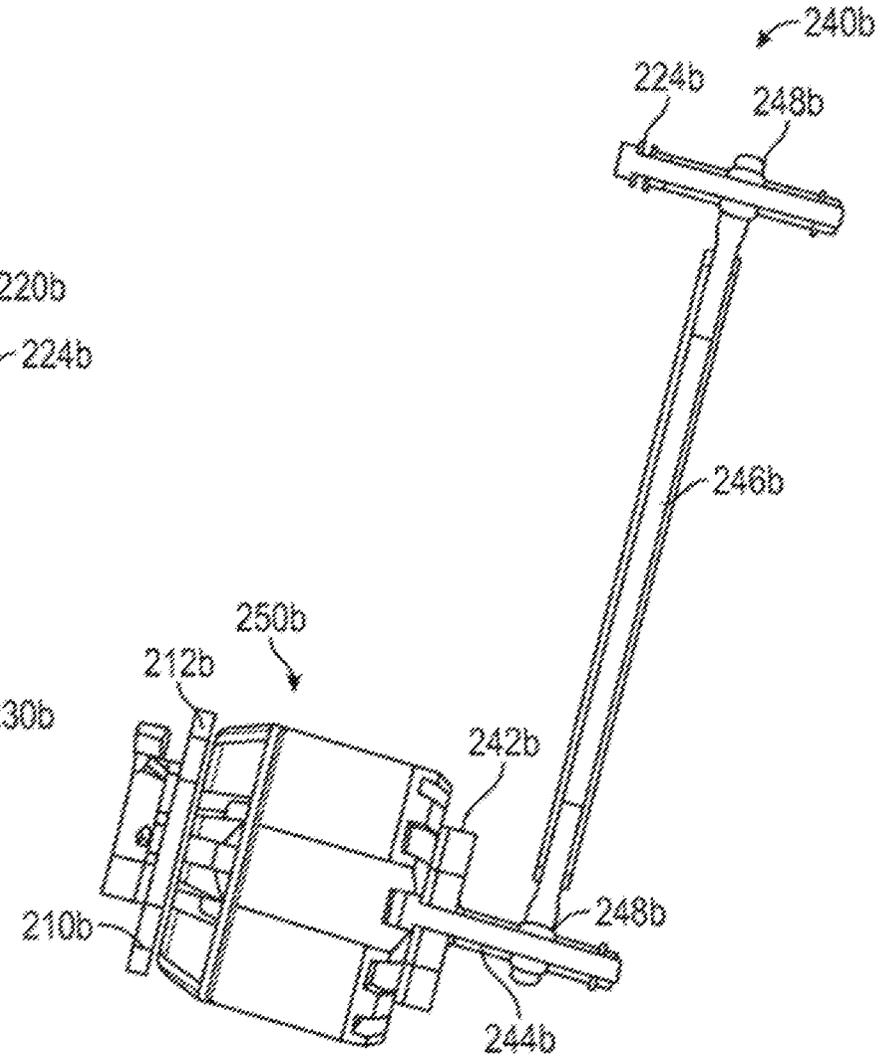
Фиг. 8А



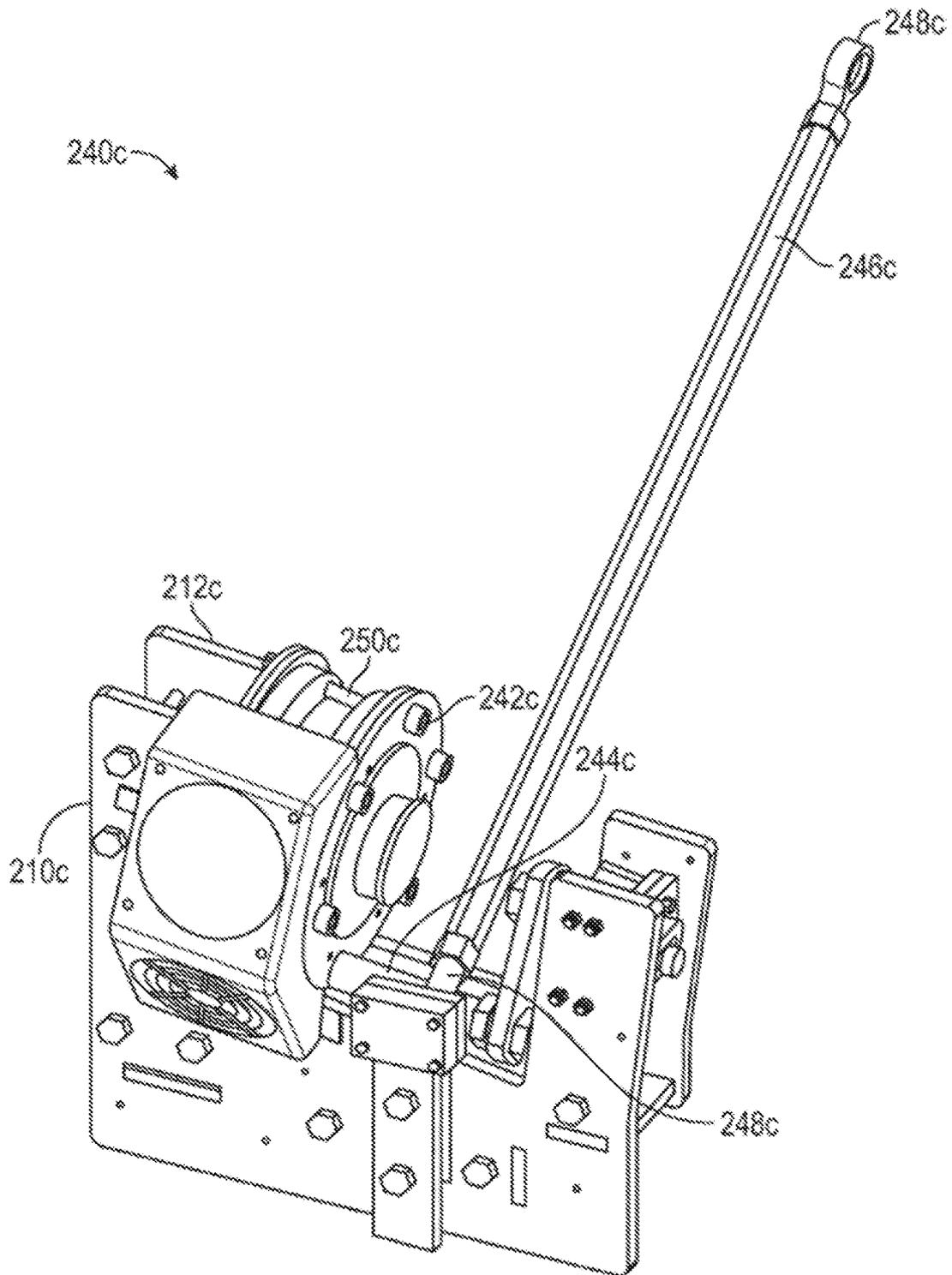
Фиг. 8В



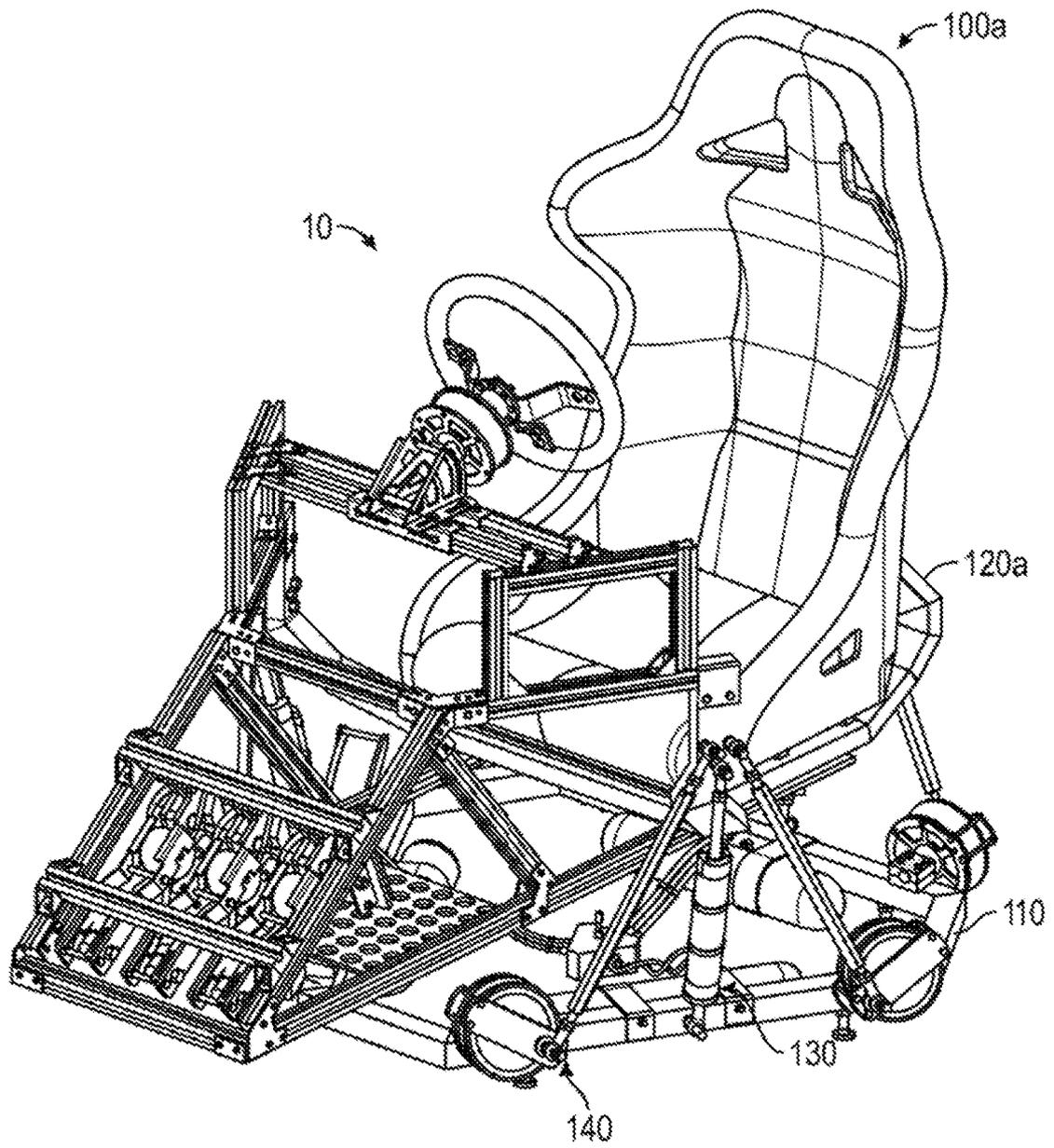
Фиг. 8С



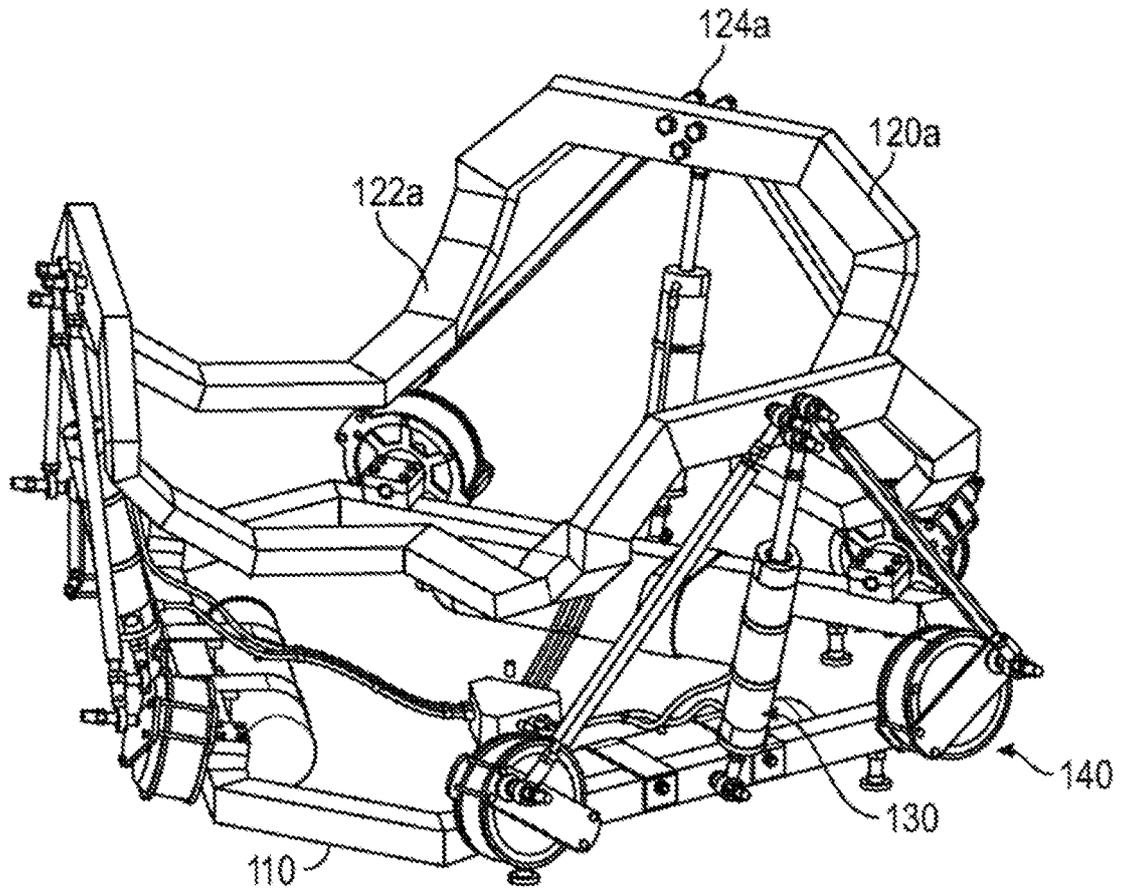
Фиг. 8D



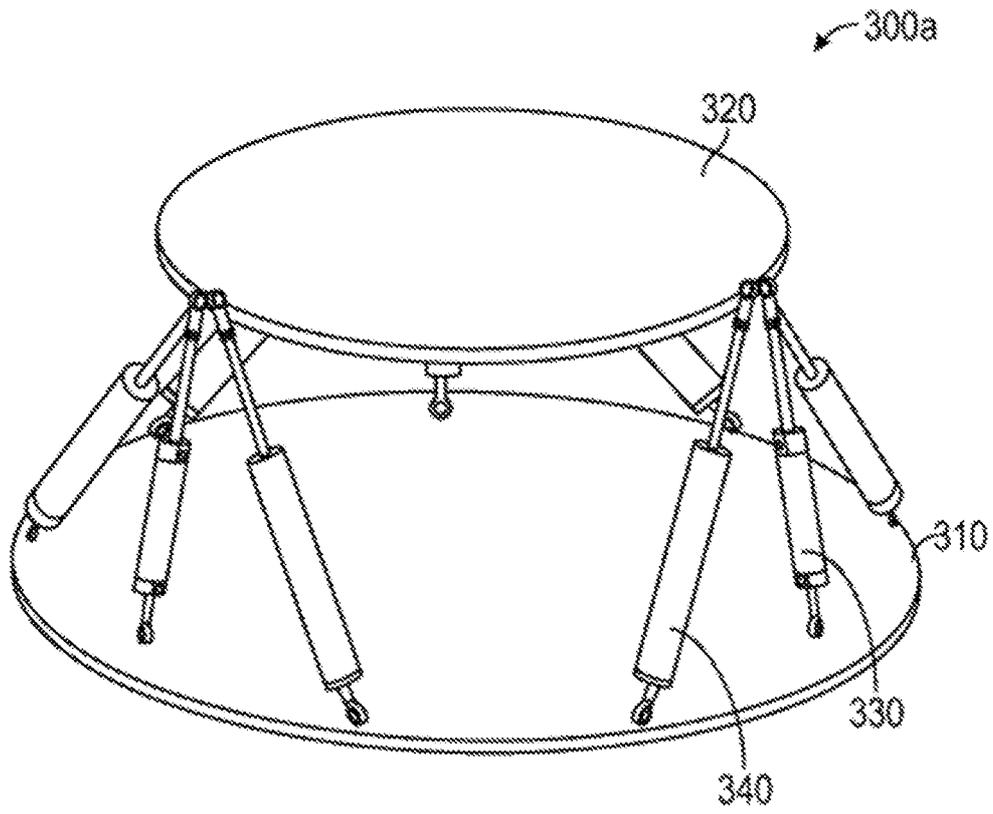
Фиг. 8Е



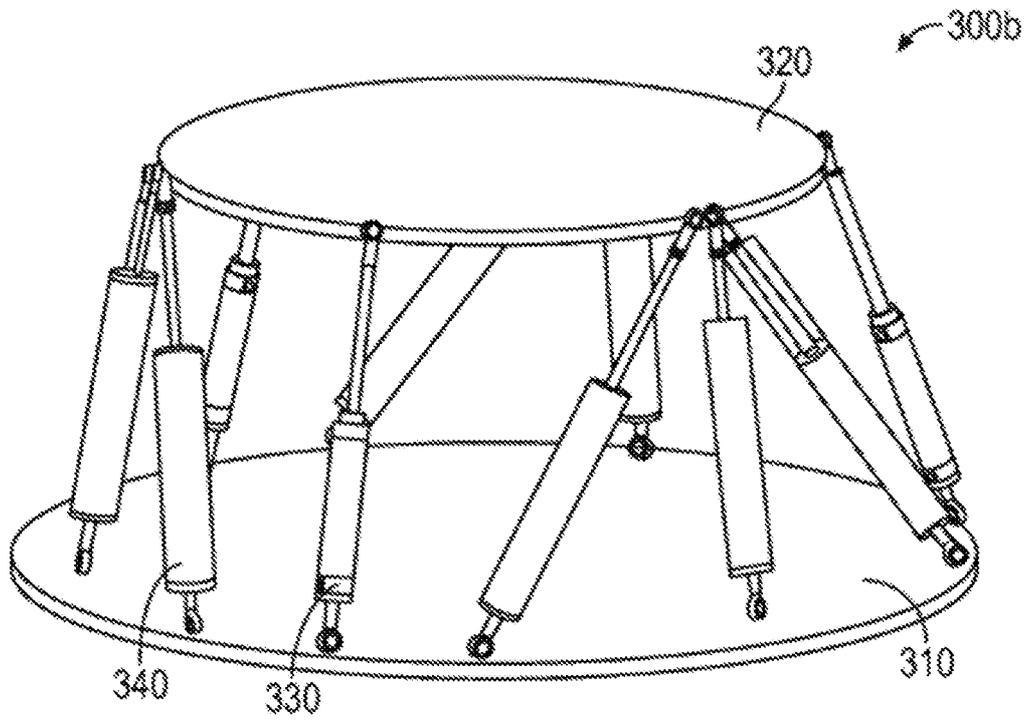
Фиг. 9



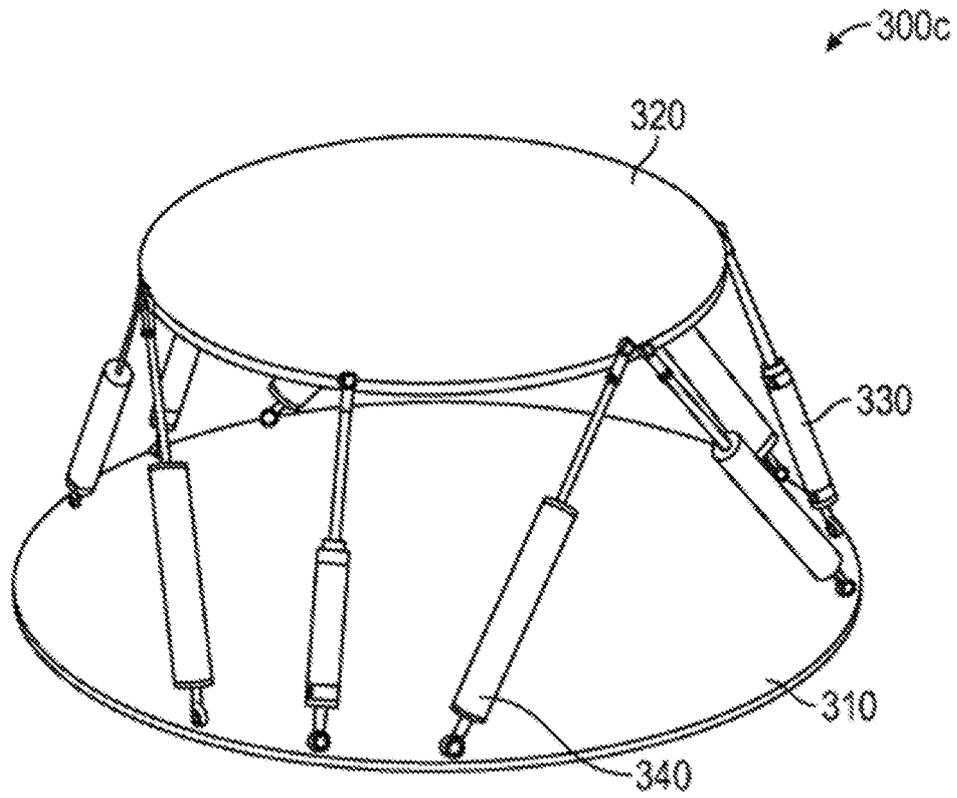
Фиг. 10



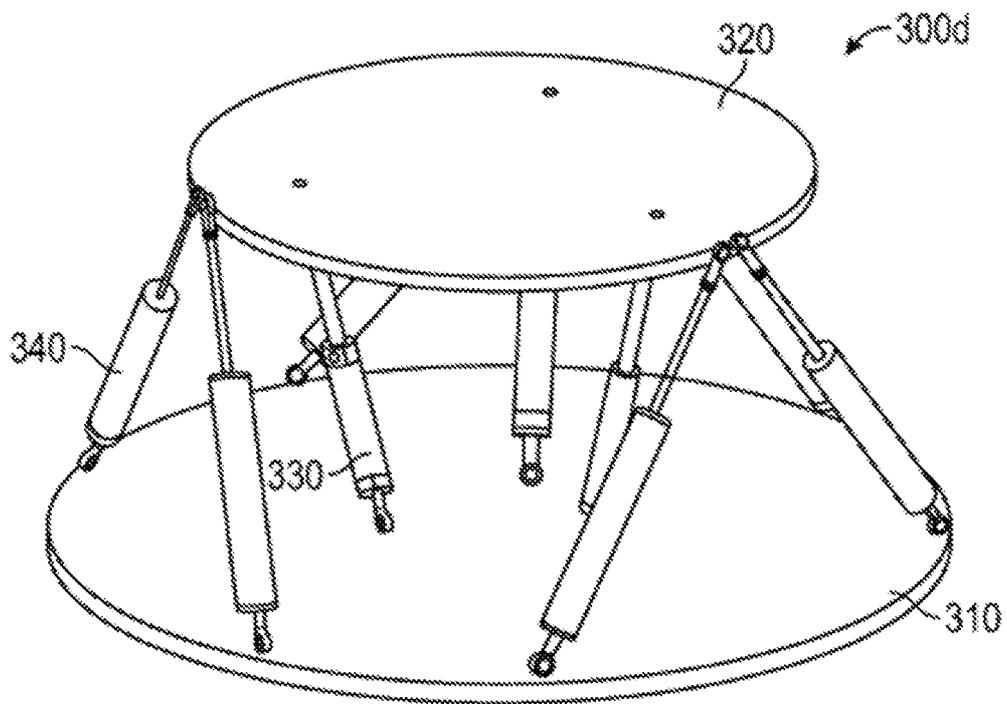
Фиг. 11А



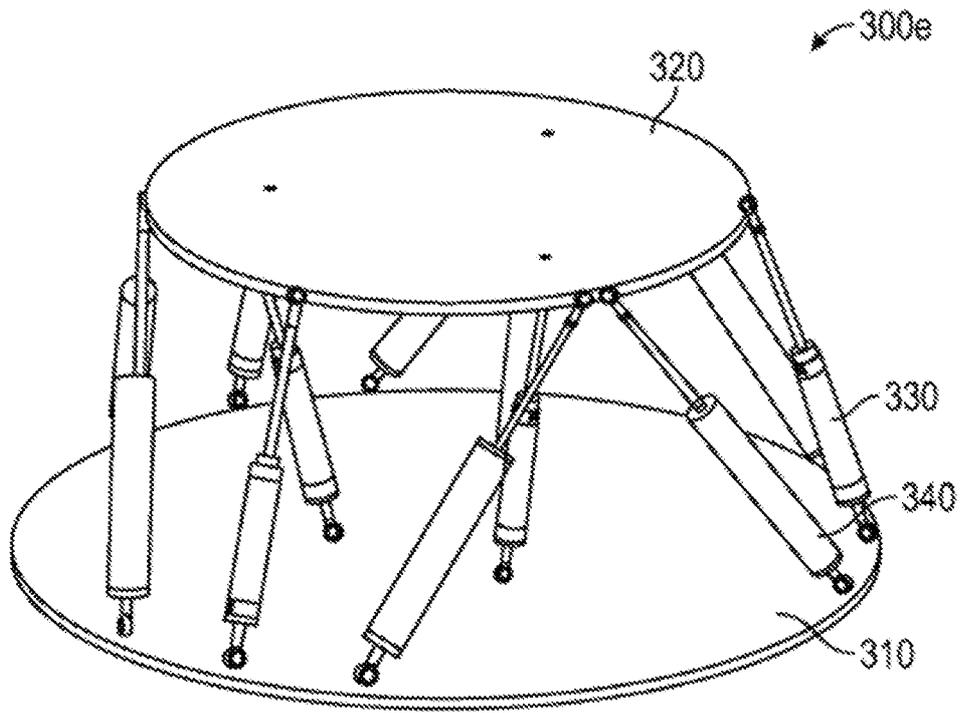
Фиг. 11В



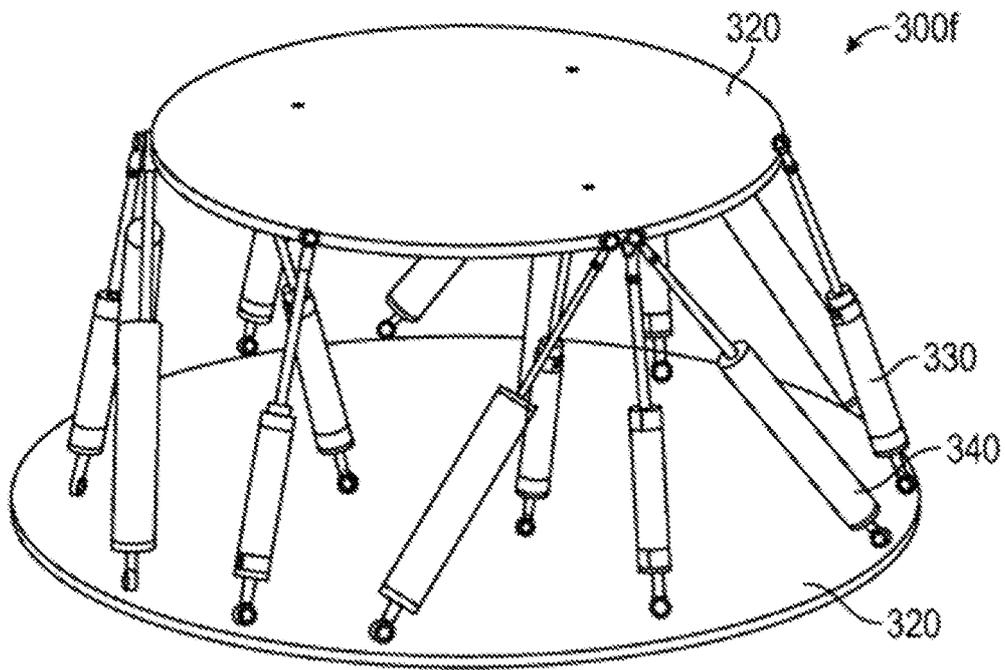
Фиг. 11С



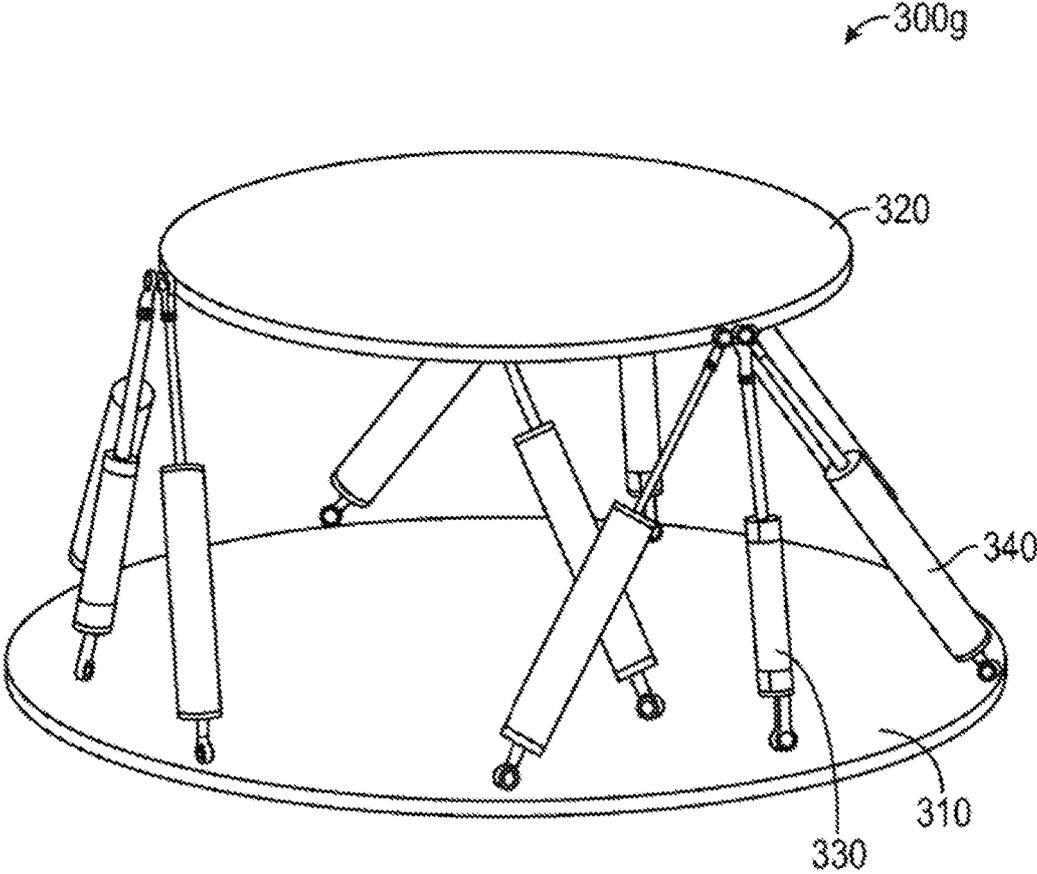
Фиг. 11D



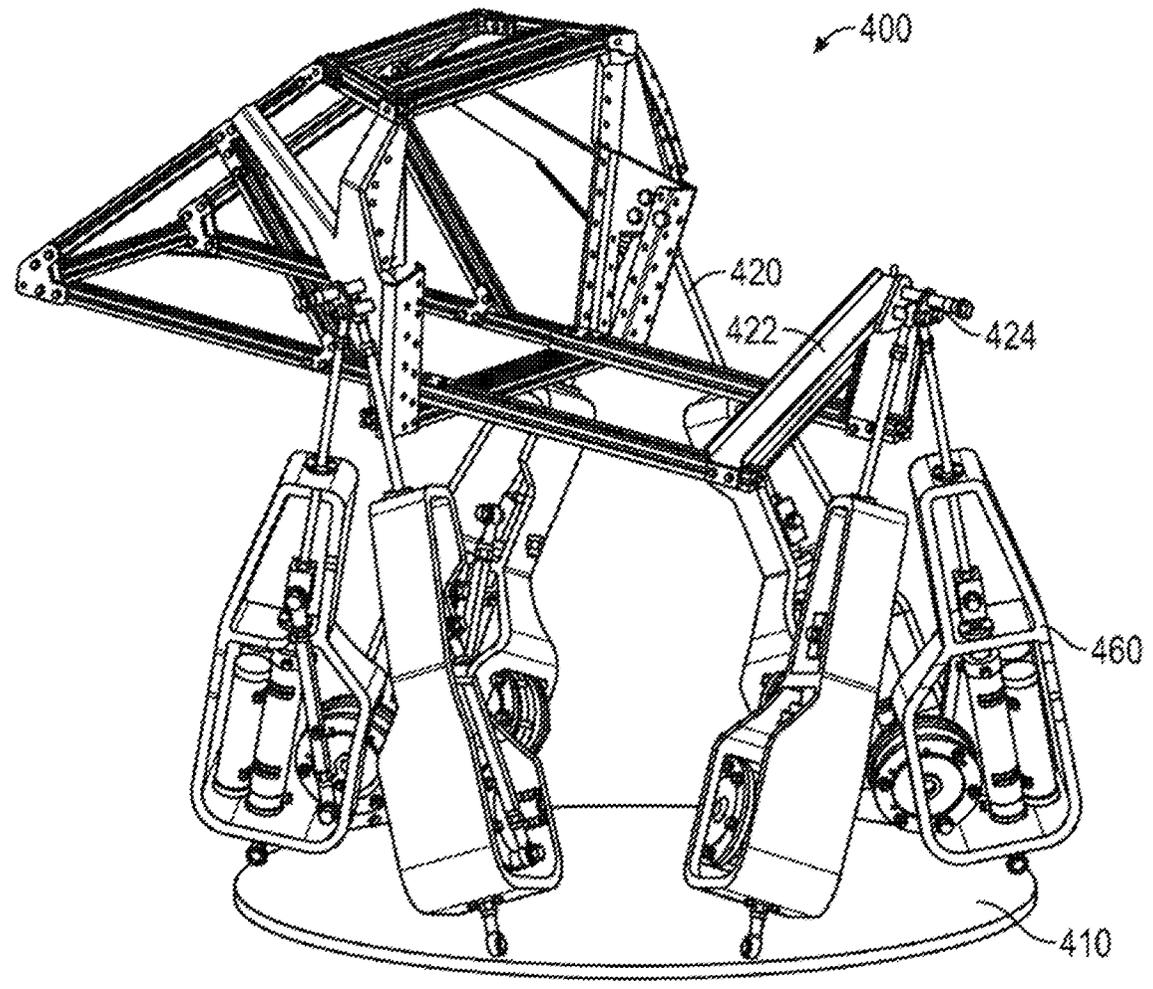
Фиг. 11E



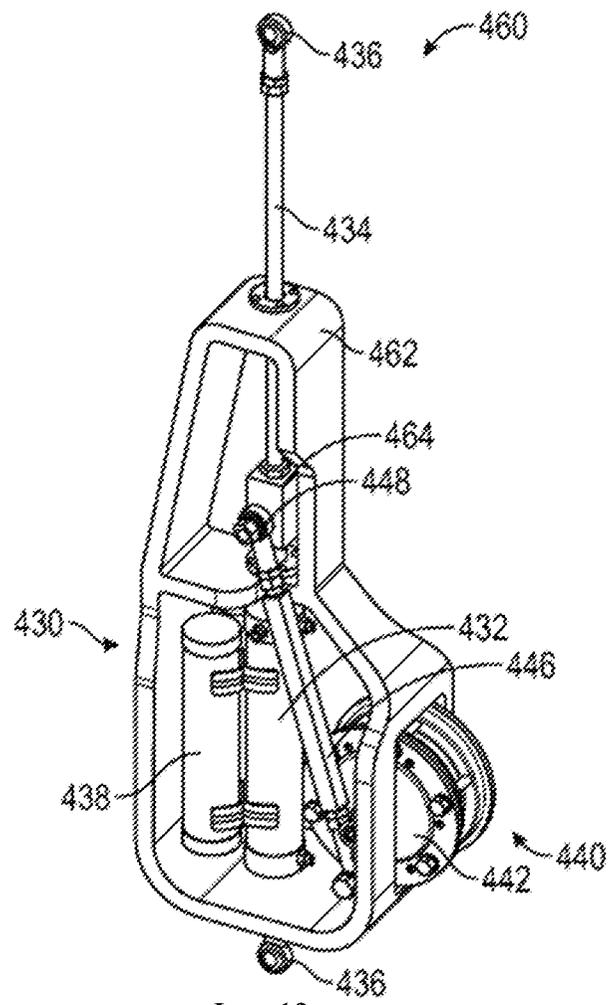
Фиг. 11F



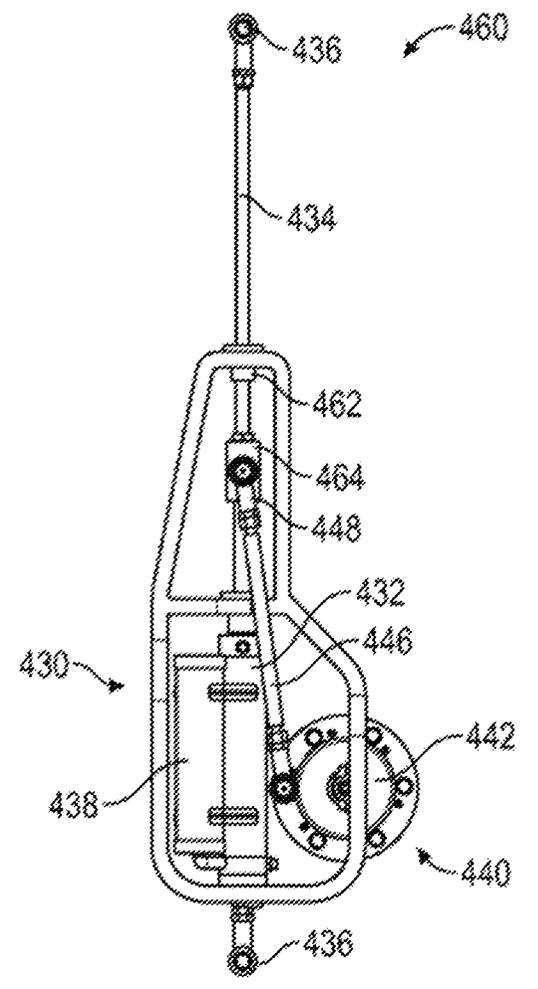
Фиг. 11G



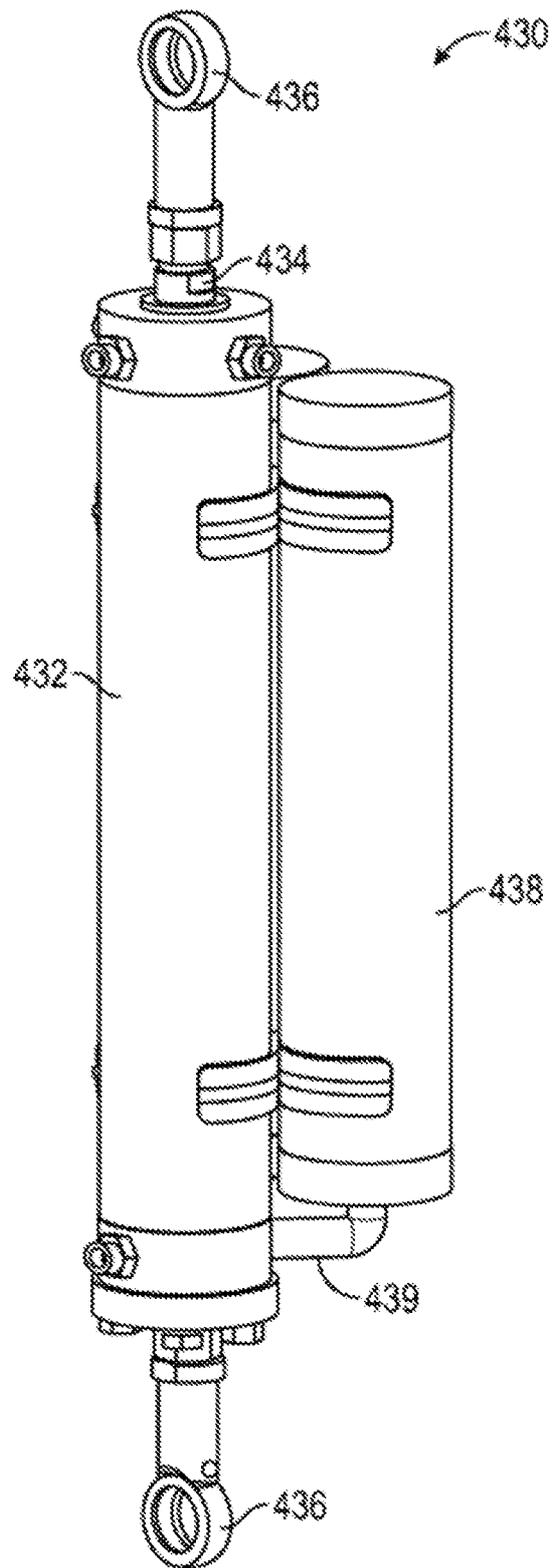
Фиг. 12



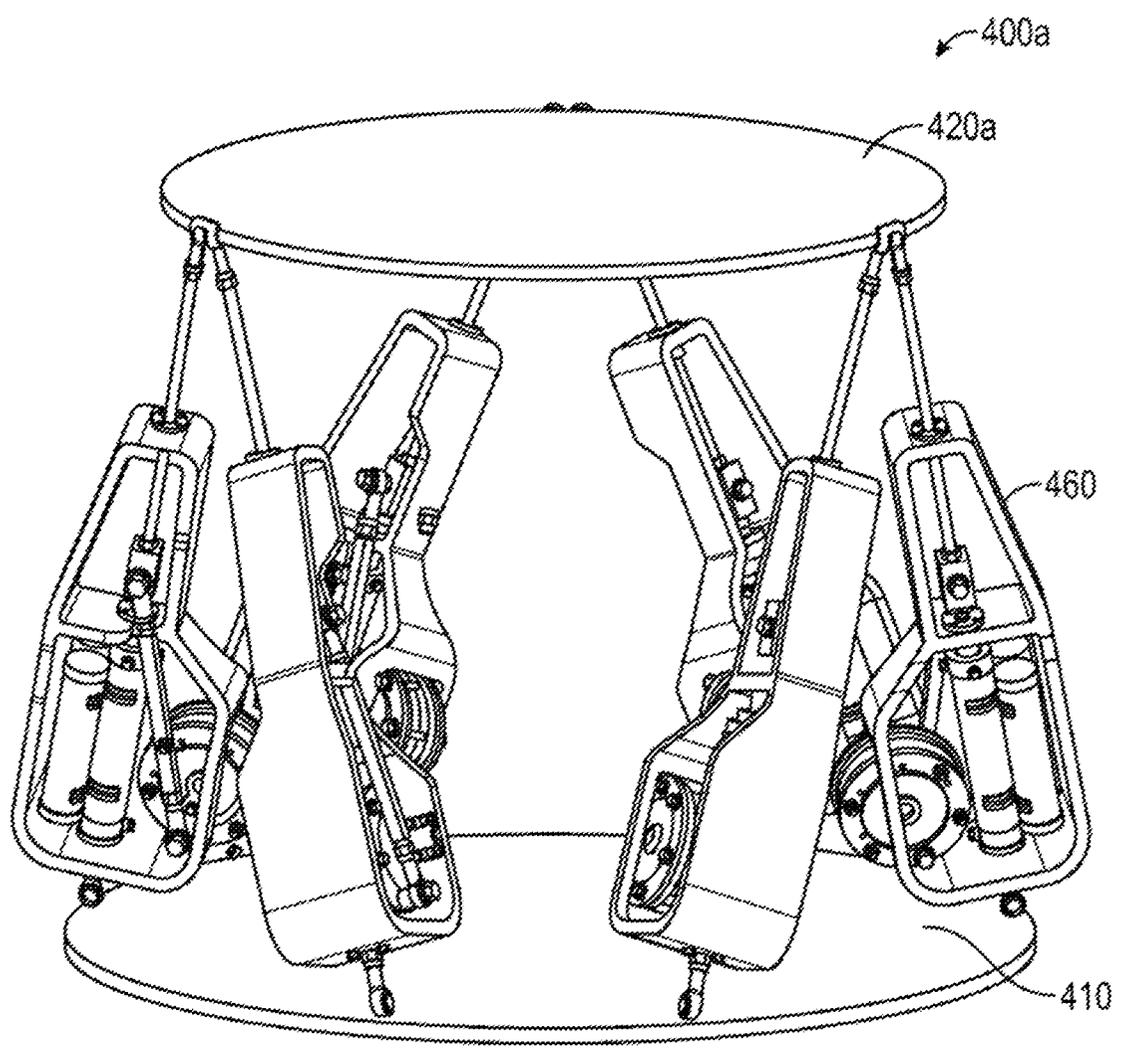
Фиг. 13



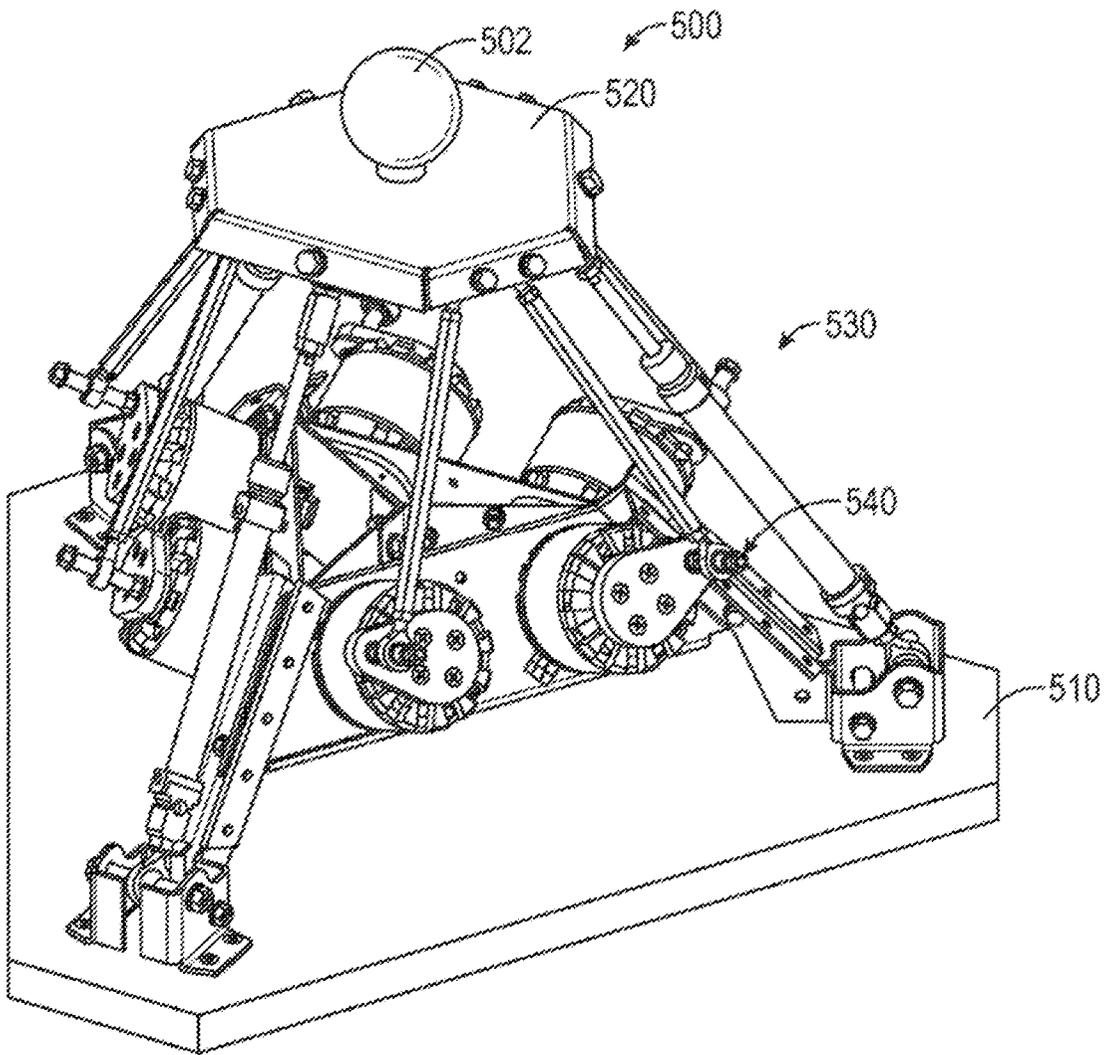
Фиг. 14



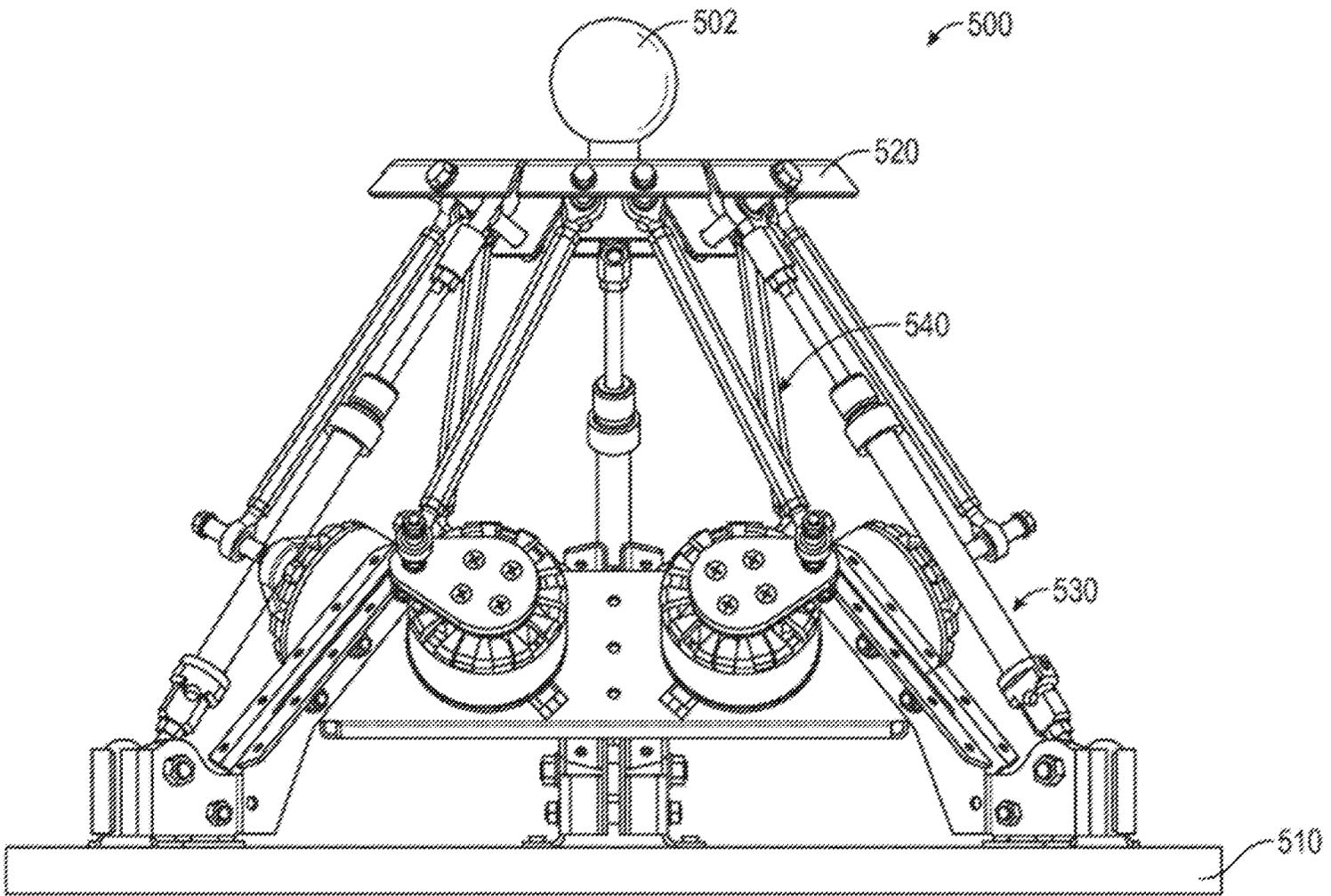
Фиг. 15



Фиг. 16



Фиг. 17



Фиг. 18