

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **045071**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.10.27**

(51) Int. Cl. **B06B 1/16** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**202390652**

(22) Дата подачи заявки  
**2019.02.19**

---

(54) **ЭКСЦЕНТРИКОВОЕ ВИБРАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО И СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ  
ТАКИМ УСТРОЙСТВОМ**

---

(31) **62/632,348**

(56) EA-A1-200200977

(32) **2018.02.19**

EP-A1-2881516

(33) **US**

EP-A1-3033638

(43) **2023.04.20**

US-A1-2005077845

(62) **202191900; 2019.02.19**

RU-C1-2383396

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ДЕРРИК КОРПОРЕЙШН (US)**

(72) Изобретатель:  
**Киш Рэймонд М., Хоздик Джозеф  
(US)**

(74) Представитель:  
**Хмара М.В. (RU)**

---

(57) В изобретении раскрыто устройство, создающее колебательное движение. Устройство содержит первый и второй валы, первую, вторую, третью и четвёртую массы, а также приводную систему. Первый вал имеет первый и второй концы. Второй вал имеет третий и четвёртый концы. Первый и второй валы имеют общую ось, а первый конец и третий конец находятся рядом друг с другом. Первая масса эксцентрически установлена на первом валу и выполнена с возможностью вращения вокруг первого вала. Вторая масса эксцентрически установлена на втором валу и выполнена с возможностью вращения вокруг второго вала. Третья масса эксцентрически установлена на первом валу под первым углом относительно первой массы и выполнена с возможностью вращения вокруг первого вала. Четвёртая масса эксцентрически установлена на втором валу под вторым углом относительно второй массы и выполнена с возможностью вращения вокруг второго вала. Третья и четвертая массы пространственно отделены соответственно от первой и второй масс и выполнены с возможностью действия частично уравновешивающими массами первой и второй масс соответственно. Приводная система выполнена с возможностью выборочного генерирования эллиптического, кругового и линейного колебательного движения. В первой выбираемой настройке приводная система сообщает вращательное движение первому и второму валам, чтобы заставить первую и вторую массы вращаться в общем направлении, создавая тем самым эллиптическое или круговое колебательное движение устройства. Во второй выбираемой настройке приводная система сообщает вращательное движение первому и второму валам, чтобы заставить первую и вторую массы вращаться в противоположных направлениях, создавая тем самым линейное колебательное движение устройства.

---

**045071**  
**B1**

**045071**  
**B1**

### Перекрестная ссылка на родственные заявки

В данной заявке испрашивается приоритет предварительной заявки на патент США № 62/632,348, поданной 19 февраля 2018 г., все содержание которой полностью включено в настоящий документ посредством ссылки.

### Перечень фигур

Прилагаемые фигуры являются неотъемлемой частью изобретения и включены в настоящее описание. Чертежи иллюстрируют примерные варианты осуществления изобретения и вместе с описанием и формулой изобретения служат для объяснения, по меньшей мере частично, различных принципов, признаков или аспектов раскрытия. Некоторые варианты осуществления изобретения более подробно раскрыты ниже со ссылкой на прилагаемые чертежи. Однако различные аспекты изобретения могут быть реализованы во многих различных формах, и их не следует рассматривать как ограниченные реализациями, изложенными в настоящем документе. Одинаковые номера относятся ко всем подобным, но не обязательно одинаковым или идентичным элементам.

На фиг. 1 представлен прозрачный вид в аксонометрии эксцентрикового вибрационного устройства в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения.

На фиг. 2 представлен прозрачный вид сбоку эксцентрикового вибрационного устройства в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения.

На фиг. 3А представлен в аксонометрии вид сверху эксцентрикового вибрационного устройства в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения.

На фиг. 3В представлен в аксонометрии вид снизу эксцентрикового вибрационного устройства, показанного на фиг. 3А, в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения.

На фиг. 4 представлен вид с пространственным разнесением деталей эксцентрикового вибрационного устройства в соответствии с одним или более вариантами осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 5 представлен вид в разрезе эксцентрикового вибрационного устройства, показанного на фиг. 3А и 3В, в соответствии с одним или более вариантами осуществления раскрытия.

На фиг. 6А представлен вид сбоку вибрационной системы в соответствии с одним или более вариантами осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 6В - вид сбоку вибрационной системы в соответствии с одним или более вариантами осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 7А представлен вид в аксонометрии вибрационной системы в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения.

На фиг. 7В представлен вид в аксонометрии вибрационной системы в соответствии с одним или более вариантами осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 8 представлена схема вибрационной системы в соответствии с одним или более вариантами осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 9 схематически изображено эксцентриковое вибрационное устройство, связанное с системой управления, в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения.

На фиг. 10А схематически изображено эксцентриковое вибрационное устройство, связанное с системой управления, в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения.

На фиг. 10В схематически изображено вибрационное устройство, связанное с системой управления, в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения.

На фиг. 11 представлены зависящие от времени силы между массовыми элементами эксцентрикового вибрационного устройства в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения.

На фиг. 12 представлены зависящие от времени силы между массовыми элементами эксцентрикового вибрационного устройства в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения.

На фиг. 13 представлены зависящие от времени силы между массовыми элементами эксцентрикового вибрационного устройства в соответствии с одним или более вариантами осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 14 представлены зависящие от времени силы между массовыми элементами эксцентрикового вибрационного устройства в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения.

На фиг. 15 представлена блок-схема примерной компьютерной системы, в которой могут быть реализованы раскрытые варианты осуществления, согласно варианту осуществления настоящего раскрытия.

### Сущность изобретения и сведения, подтверждающие возможность его осуществления

Настоящее изобретение обеспечивает системы и способы создания вибрационных сил для управления движением вибрационного промышленного оборудования или других типов оборудования, включая пользовательское оборудование и бытовую электронику.

Раскрытые варианты осуществления включают в себя эксцентриковые вибрационные системы, которые могут создавать, по существу, линейные, эллиптические и/или круговые колебания. Раскрытые варианты осуществления включают в себя вибрационные системы, которые могут использовать такие

системы. Раскрытые системы могут создавать соответствующие, по существу, линейные синусоидальные силы, которые вызывают, по существу, линейные колебания. В некоторых вариантах осуществления вибрационная система может быть установлена на оборудовании и может прилагать, по существу, линейную синусоидальную силу, чтобы таким образом обеспечивать вибрацию оборудования.

Раскрытая система управления может изменять угол движения и ускорение в грохоте. В одном из примеров суспензия (например, полужидкая смесь) может быть обезвожена и перемещена по вибрирующему сити грохота под действием вибрационного (колебательного) движения. Суспензия может быть преобразована из жидко-твердой смеси в обезвоженное твердое вещество. Для увеличения сухости материала раскрытые варианты осуществления позволяют регулировать угол транспортировки системы, что увеличивает удаление жидкости из смеси. Например, угол транспортировки можно увеличить с  $45^\circ$  до  $60^\circ$ . Увеличенный угол может снизить скорость потока материала, движущегося вверх по поверхности грохочения, что дает больше времени для вытеснения жидкости из смеси. Аналогично, вибрационное (колебательное) ускорение системы может быть увеличено для увеличения удаления жидкости. Альтернативно, вибрационное ускорение может быть уменьшено, что приведет к удалению меньшего количества жидкости, если требуется более влажный выход. В применениях сухого грохочения вибрация материала также может быть увеличена, чтобы уменьшить возникновение застрявших частиц в вибрирующей поверхности (т.е. для уменьшения забивания сита).

В одном из вариантов осуществления устройство может включать в себя узел первого двигателя и узел второго двигателя, которые расположены внутри узла корпуса. Узел первого двигателя может включать в себя первый вал, а узел второго двигателя может включать в себя второй вал, по существу, коллинеарный первому валу. Первый вал и второй вал могут быть отдельными элементами. Узел первого двигателя может также включать в себя первую группу масс, прикрепленную в месте, находящемся в непосредственной близости от первого конца первого вала, и вторую, уравнивающую группу масс, прикрепленную в непосредственной близости от второго конца первого вала, причем второй конец первого вала находится противоположно первому концу первого вала. Узел второго двигателя может включать в себя третью группу масс. Эта третья группа масс может быть прикреплена в непосредственной близости от первого конца второго вала, рядом с первой группой масс первого двигателя. Узел второго двигателя может дополнительно включать в себя четвертую группу масс, которая служит уравнивающей группой масс для узла второго двигателя и прикреплена в непосредственной близости от второго конца второго вала, противоположно первому концу второго вала.

Первый вал и второй вал могут вращаться с заданной частотой и в противоположных направлениях, в результате чего массы, входящие в состав устройства, создают, по существу, линейную синусоидальную силу. Альтернативно, первый и второй валы могут вращаться в одном направлении для создания эллиптического или кругового движения. В некоторых вариантах осуществления система управления может быть функционально связана с устройством. Система управления может управлять вращением первого и второго валов, скоростью и/или положением массовых элементов для создания сил, имеющих заданные амплитуды и направления.

Хотя некоторые варианты осуществления изобретения показаны применительно к промышленному оборудованию, изобретение этим не ограничивается. Эксцентриковые вибрационные системы в соответствии с настоящим изобретением могут также использоваться в любом другом устройстве, где требуется создавать вибрации (колебания), например, в пользовательском оборудовании, бытовой электронике и других типах электронных устройств.

На фиг. 1 представлен прозрачный вид в аксонометрии эксцентрикового вибрационного устройства 100 в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения. Эксцентриковое вибрационное устройство 100 включает в себя узел 150 корпуса, который может иметь удлиненную форму, определяющую ось 102 (например, обозначенную буквой "z" на фиг. 1). Эксцентриковое вибрационное устройство 100 может также включать в себя узел 110a первого двигателя и узел 110b второго двигателя, каждый из которых расположен внутри узла 150 корпуса. В некоторых вариантах осуществления узел 110a первого двигателя может включать в себя первый вал 105a, ориентированный, по существу, вдоль оси 102, первый массовый элемент 120a, установленный эксцентрически на первом валу 105a, и первый уравнивающий массовый элемент 130a, установленный эксцентрически на первом валу 105a.

Как показано на фиг. 1, первый массовый элемент 120a может быть прикреплен в непосредственной близости от первого конца первого вала 105a. Первый уравнивающий массовый элемент 130a может быть прикреплен в непосредственной близости от второго конца первого вала 105a. Каждый из первого массового элемента 120a и первого уравнивающего массового элемента 130a может включать в себя группу элементов. В одном из вариантов осуществления первый элемент первого массового элемента 120a и первый элемент первого уравнивающего массового элемента 130a могут быть выполнены так, чтобы быть, по существу, параллельными, и могут быть установлены под заданным углом вокруг окружности первого вала 105a относительно друг друга. В одном из примеров заданный угол может составлять приблизительно  $180^\circ$  градусов (например, как показано на фиг. 2 и более подробно раскрыто ниже).

Узел 110b второго двигателя может включать в себя соответствующий второй вал 105b, ориентированный, по существу, вдоль оси 102, второй массовый элемент 120b, установленный эксцентрически на втором валу 105b, и второй уравнивающий массовый элемент 130b, установленный эксцентрически на втором валу 105b. Второй массовый элемент 120b может быть прикреплен в непосредственной близости от первого конца второго вала 105b, причем первый конец второго вала 105b примыкает к первому концу первого вала 105a. Второй уравнивающий массовый элемент 130b может быть прикреплен рядом со вторым концом второго вала 105b, противоположно первому концу второго вала 105b. Каждый второй массовый элемент 120b и второй уравнивающий массовый элемент 130b может включать в себя группу элементов. Первый элемент второго массового элемента 120b и первый элемент второго уравнивающего массового элемента 130b могут быть выполнены, по существу, параллельными и могут быть установлены под заданным углом по окружности второго вала 105b относительно друг друга. В одном из примеров заданный угол может составлять приблизительно 180 градусов (например, как показано на фиг. 2 и более подробно раскрыто ниже).

Каждый первый массовый элемент 120a и второй массовый элемент 120b может иметь первую чистую массу. Аналогично, первый уравнивающий массовый элемент 130a и второй уравнивающий массовый элемент 130b могут иметь вторую чистую массу. Можно выбрать различные комбинации первой чистой массы и второй чистой массы, при этом величина второй чистой массы зависит от величины первой чистой массы, как более подробно поясняется ниже. Например, первая чистая масса может составлять приблизительно 24,0 кг, а вторая чистая масса может составлять приблизительно 3,0 кг. В некоторых вариантах осуществления каждый элемент первого массового элемента 120a может иметь, по существу, форму кругового сектора с радиусом приблизительно 14,0 см. Аналогично, каждый элемент второго массового элемента 120b может иметь, по существу, форму кругового сектора с радиусом приблизительно 14,0 см. Кроме того, каждый элемент первого уравнивающего массового элемента 130a может иметь, по существу, форму кругового сектора с радиусом приблизительно 9,4 см. Аналогично, каждый элемент второго уравнивающего массового элемента 130b может также иметь, по существу, форму кругового сектора с радиусом приблизительно 9,4 см. Другие варианты осуществления могут включать в себя массовые элементы, имеющие другие формы, размеры и массы.

Эксцентриковое вибрационное устройство 100 может создавать, по существу, синусоидальную силу с регулируемой величиной и ориентацией в направлении, по существу, перпендикулярном оси 102 (например, в плоскости x-y). В этой связи, первый вал 105a выполнен с возможностью вращения вокруг оси 102 в первом направлении с угловой частотой  $\omega$  (действительное число в единицах рад/с), а второй вал 105b выполнен с возможностью вращения вокруг оси 102 с угловой частотой  $\omega$  во втором направлении. В некоторых вариантах осуществления второе направление может быть противоположным первому направлению, тогда как в других вариантах осуществления первое и второе направления могут быть одинаковыми. Угловая частота  $\omega$  может иметь величину приблизительно до 377 рад/с. Вращение в первом направлении заставляет первый массовый элемент 120a создавать первую радиальную силу  $F_a$ , которая, по существу, перпендикулярна траектории кругового движения (т.е. перпендикулярна скорости) первого массового элемента 120a (как более подробно раскрыто ниже при рассмотрении фиг. 11-14). Аналогично, вращение во втором направлении заставляет второй массовый элемент 120b создавать вторую радиальную силу  $F_b$ , которая, по существу, перпендикулярна траектории (т.е. перпендикулярна скорости) кругового движения второго массового элемента 120b. Вращение первого вала 105a и второго вала 105b вокруг оси 102 может давать результирующую силу, которая, по существу, лежит в плоскости, перпендикулярной оси 102 (например, в плоскости x-y). Линейно колеблющаяся сила может возникать, когда первый вал 105a и второй вал 105b вращаются в противоположных направлениях. Альтернативно, сила, соответствующая круговому или эллиптическому движению, может возникать, когда первый вал 105a и второй вал 105b вращаются совместно, как более подробно раскрыто ниже.

Величина первой силы  $F_a$  может частично определяться угловой частотой  $\omega$  и моментом инерции первого массового элемента 120a. Кроме того, величина второй силы  $F_b$  может частично определяться угловой частотой  $\omega$  и моментом инерции второго массового элемента 120b. Каждый элемент первого массового элемента 120a может иметь разную массу или может иметь общую первую массу, а каждый элемент второго массового элемента 120b может иметь разную массу или может иметь общую массу. В одном из вариантов осуществления первая и вторая массы могут быть приблизительно равными. В этом случае сила  $F_a$  будет иметь такую же величину, что и сила  $F_b$ , независимо от соответствующих угловых положений первого и второго массовых элементов. Противоположное вращение первого вала 105a и второго вала 105b с угловой частотой  $\omega$  может дать результирующую силу  $F = F_a + F_b$ , которая максимальна при угловом положении, в котором тангенциальная скорость первого массового элемента 120a и тангенциальная скорость второго массового элемента 120b, по существу, коллинеарны и ориентированы в одном направлении. Кроме того, результирующая сила  $F$  может исчезнуть при угловом положении, в котором тангенциальная скорость первого массового элемента 120a и тангенциальная скорость второго массового элемента 120b, по существу, коллинеарны и ориентированы, по существу, в противоположных направлениях. В одном из вариантов осуществления амплитуда зависящей от времени результирующей

силы  $F$  может иметь значение приблизительно 89000 Н для угловой частоты  $\omega$ , составляющей приблизительно 183 рад/с.

В некоторых вариантах осуществления массовые элементы в первом массовом элементе 120a могут быть выполнены как соответствующие первые пластины, расположенные, по существу, перпендикулярно оси 102. Каждая из этих первых пластин может быть удлиненной и установленной, по существу, параллельно одна другой. Кроме того, каждая из этих первых пластин может быть установлена эксцентрически на первом валу 105a. Аналогично, массовые элементы во втором массовом элементе 120b также могут быть выполнены как соответствующие вторые пластины, также расположенные, по существу, перпендикулярно оси 102. Каждая из вторых пластин также может быть удлиненной и установленной, по существу, параллельно одна другой. Кроме того, вторые пластины могут быть установлены эксцентрически на втором валу 105b.

Каждая из первых пластин может иметь заданную первую массу и заданный первый размер, и вторые пластины также могут все иметь заданную первую массу и заданный первый размер. Соответственно, величина силы  $F_a$  и величина силы  $F_b$  могут быть, по существу, равными независимо от соответствующих угловых положений первых пластин и вторых пластин. Как упоминалось, встречное вращение первого вала 105a и второго вала 105b с угловой частотой  $\omega$  может дать результирующую силу  $F = F_a + F_b$ , которая является максимальной при угловом положении, в котором тангенциальная скорость первых пластин и тангенциальная скорость вторых пластин, по существу, коллинеарны и ориентированы в тех же направлениях. Аналогично, результирующая сила  $F$  может быть, по существу, нулевой (или иным образом пренебрежимо малой) при угловом положении, в котором тангенциальная скорость первых пластин и тангенциальная скорость вторых пластин, по существу, коллинеарны и ориентированы, по существу, в противоположных направлениях.

В некоторых вариантах осуществления, как показано на фиг. 1, первый массовый элемент 120a установлен рядом со вторым массовым элементом 120b и по оси 102 пространственно отделен от него. При угловом положении, в котором тангенциальная скорость первого массового элемента 120a и тангенциальная скорость второго массового элемента 120b, по существу, коллинеарны и ориентированы, по существу, в противоположных направлениях, силы  $F_a$  и  $F_b$ , раскрытые в настоящем документе, не могут полностью компенсировать друг друга из-за несовершенного выравнивания между первым массовым элементом 120a и вторым массовым элементом 120b, как более подробно раскрыто ниже.

Неполная компенсация сил может привести к появлению остаточных результирующих сил, которые ориентированы в направлении, поперечном продольной оси 102. Например, остаточные результирующие силы могут быть ориентированы вдоль направления  $x$  декартовой системы координат, показанной на фиг. 1. Пространственное выравнивание между массовыми элементами 120a и 120b и остаточные результирующие силы образуют пару сил, которая может искажать линейное колебание, создаваемое эксцентриковым вибрационным устройством 100. Чтобы устранить или уменьшить такую пару сил, к эксцентриковому вибрационному устройству 100 добавляют первый уравнивающий массовый элемент 130a и второй уравнивающий массовый элемент 130b, как раскрыто выше. Как показано на фиг. 1 и 2, например, первый уравнивающий массовый элемент 130a и второй уравнивающий массовый элемент 130b также смещены относительно друг друга вдоль продольной оси 102. Следовательно, из-за этого пространственного смещения уравнивающие массовые элементы 130a и 130b также создают дополнительную пару сил в результате неполной взаимной компенсации сил, создаваемых этими массовыми элементами. За счет выравнивания уравнивающих массовых элементов 130a и 130b в поперечном направлении, противоположном поперечному направлению, вдоль которого ориентированы массовые элементы 120a и 120b, как показано на фиг. 2, например, пара сил, возникающая в результате встречного вращения уравнивающих массовых элементов 130a и 130b, может компенсировать пару сил, созданную массовыми элементами 120a и 120b.

В некоторых вариантах осуществления массовые элементы в первом уравнивающем массовом элементе 130a могут разделять общую первую массу, и массовые элементы во втором уравнивающем массовом элементе 130b могут разделять общую вторую массу. Таким образом, величина масс 130a и 130b может быть, по существу, одинаковой. Величина первой и второй масс уравнивающих массовых элементов 130a и 130b может быть рассчитана так, чтобы быть меньше, чем чистая масса массовых элементов 120a и 120b, из-за различий в пространственных смещениях, что необходимо для компенсации нежелательной остаточной пары сил от взаимодействия массовых элементов 120a и 120b.

Как показано на фиг. 1, первый массовый элемент 120a и первый уравнивающий массовый элемент 130a могут быть установлены так, чтобы иметь относительное угловое выравнивание со смещением. Кроме того, второй массовый элемент 120b и второй уравнивающий массовый элемент 130b также могут быть установлены с таким же относительным смещением выравнивания. Относительное смещение выравнивания может быть указано углом  $\theta$  (действительное число в подходящих единицах, таких как радианы или градусы) между линией, представляющей ориентацию первого массового элемента 120a, и другой линией, представляющей ориентацию первого уравнивающего массового элемента 130a.

В одном из вариантов осуществления, например, в котором  $9$ , по существу, равно  $\pi$  (или  $180$  градусам), как показано на фиг. 2, результирующая сила  $F$ , обусловленная массами  $120a$  и  $120b$ , может быть ориентирована, по существу, противоположно результирующей силе  $F'$ , обусловленной массами  $130a$  и  $130b$ . Таким образом, результирующая остаточная пара сил, по существу, равна нулю, когда массы  $120a$  и  $120b$  не выровнены. Таким образом, первый уравнивающий массовый элемент  $130a$  и/или второй уравнивающий массовый элемент  $130b$  можно использовать для поддержания линейности колебательного движения, производимого эксцентриковым вибрационным устройством  $100$ , когда валы  $105a$  и  $105b$  вращаются в противоположных направлениях, как более подробно раскрыто ниже со ссылкой на фиг. 11-14.

Как также показано на фиг. 1, эксцентриковое вибрационное устройство  $100$  включает в себя первый роторный механизм  $140a$ , который генерирует вращение первого вала  $105a$ . Вибрационное устройство  $100$  также включает в себя второй роторный механизм  $140b$ , который генерирует вращение второго вала  $105b$ . В некоторых вариантах осуществления первый роторный механизм  $140a$  может включать в себя первый узел ротора (не показан), механически связанный с первым валом  $105a$ , и первый узел статора (не показан), электромагнитно связанный с первым узлом ротора. Первый роторный механизм  $140a$  может также включать в себя первый подшипниковый узел (не показан), механически связанный с первым валом  $105a$  рядом с первым массовым элементом  $120a$ , и может дополнительно включать в себя второй подшипниковый узел (не показан), механически связанный с первым валом  $105a$  рядом с первым уравнивающим элементом  $130a$ . Кроме того, второй роторный механизм  $140b$  может включать в себя второй узел ротора (не показан), механически связанный со вторым валом  $105b$ , и второй узел статора (не показан), электромагнитно связанный со вторым узлом ротора. Второй роторный механизм  $140b$  может также включать в себя первый подшипниковый узел (не показан), механически связанный со вторым валом  $105b$  рядом со вторым массовым элементом  $120b$ , и может дополнительно включать в себя второй подшипниковый узел (не показан), механически связанный со вторым валом  $105b$  рядом со вторыми уравнивающими массовыми элементами  $130b$ .

В некоторых вариантах осуществления первый роторный механизм  $140a$  может включать в себя первое устройство с обратной связью, такое как энкодерное устройство (не показано), прикрепленное к первому валу  $105a$ . Первое устройство с обратной связью может обеспечивать одно или более из первой информации, указывающей соответствующее положение по меньшей мере одного массового элемента первого массового элемента  $120a$ ; второй информации, указывающей угловую скорость  $\omega$  первого вала  $105a$ ; или третьей информации, указывающей направление вращения (например, направление по часовой стрелке или направление против часовой стрелки) первого вала  $105a$ . Положение первого массового элемента  $120a$  представлено углом между  $0$  и  $2\pi$  на оборот первого вала  $105a$  относительно заданного начала, соответствующего конкретной установке первого вала  $105a$ . Роторный механизм  $140b$  может дополнительно включать в себя второе устройство с обратной связью, такое как энкодерное устройство (не показано), прикрепленное ко второму валу  $105b$ .

Второе устройство с обратной связью может обеспечивать одно или более из первой информации, указывающей соответствующее положение второго массового элемента  $120b$ ; второй информации, указывающей угловую скорость  $\omega$  второго вала  $105b$ ; или третьей информации, указывающей направление вращения второго вала  $105b$ . Положение второго массового элемента  $120b$  представлено углом между  $0$  и  $2\pi$  на оборот второго вала  $105b$  относительно заданного начала, соответствующего конкретной установке первого вала  $105b$ .

Первое устройство с обратной связью и второе устройство с обратной связью могут быть реализованы как соответствующие энкодерные устройства. Каждое из соответствующих энкодерных устройств может быть реализовано в виде или может включать в себя, например, поворотное энкодерное устройство. Поворотное энкодерное устройство может включать в себя, например, поворотное энкодерное устройство на  $1024$  импульсов на оборот. Энкодерное устройство может включать в себя, по существу, круговую пластину, которая вращается вместе с валом (либо с первым валом  $105a$ , либо со вторым валом  $105b$ ).

По существу круговая пластина может иметь отверстия, чередующиеся со сплошными участками. Отверстия и сплошной участок разделяют пластину на множество дуг, по существу, одинаковой длины, образующих заданный угол  $\Delta\gamma$ . Чем больше количество отверстий в энкодерном устройстве, тем меньше значение  $\Delta\gamma$ , и, следовательно, тем больше разрешение углового положения энкодерного устройства. Каждое отверстие может представлять значение углового положения вала. Энкодерное устройство также может включать в себя, например, устройство с источником света, первый датчик и второй датчик. Устройство с источником света может освещать, по существу, круговую пластину, заставляя первый датчик света выдавать электрический сигнал в ответ на освещение и дополнительно заставляя второй датчик света выдавать другой электрический сигнал в ответ на закрытие сплошным участком. Когда вал вращается, первый датчик и второй датчик выдают соответствующие последовательности импульсов, которые можно использовать для определения угловой скорости вала, углового положения вала и/или направления вращения вала. Изобретение не ограничивается поворотными энкодерными устройствами, и в раз-

личных вариантах осуществления могут использоваться другие типы энкодерных устройств.

Путем управления соответствующими начальными углами поворота первого вала 105a и поворота второго вала 105b - и, таким образом, управления относительным угловым смещением между этими валами - можно управлять направлением результирующей силы, создаваемой первым массовым элементом 120a и вторым массовым элементом 120b. Таким образом, результирующая сила, направленная в требуемом или предусмотренном направлении, перпендикулярном оси 102, может быть достигнута путем конфигурирования и поддержания начальных углов и соответствующего относительного углового смещения между соответствующими, по существу, круговыми движениями первого вала 105a и второго вала 105b. Конфигурирование таких начальных углов может выполняться во время работы (при движении массового элемента) или при запуске (при неподвижных массовых элементах) эксцентрикового вибрационного устройства.

На фиг. 3A и 3B показаны изометрические виды эксцентрикового вибрационного устройства 300 в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения. Вибрационное устройство 300 по фиг. 3A включает в себя узел корпуса, который вытянут вдоль оси 302. Узел корпуса включает в себя первый узел 330 и второй узел 360. Первый узел 330 может вмещать узел первого двигателя (например, узел 110a двигателя по фиг. 1), а второй узел 360 может вмещать узел второго двигателя (например, узел 110b двигателя по фиг. 1). Первый узел 330 может включать в себя первый кожух 335 двигателя, первую закрывающую пластину 340 (которая может быть крышкой распределительной коробки в некоторых вариантах осуществления) и первый узел 345 крышки. Узел первого двигателя (например, узел 110a двигателя по фиг. 1) может быть размещен внутри кожуха 335 первого двигателя. Второй узел 360 включает в себя кожух 365 второго двигателя, вторую закрывающую пластину 370 (например, крышку распределительной коробки) и второй узел 375 крышки. Узел второго двигателя (например, узел 110b двигателя по фиг. 2) может быть помещен в кожух 365 второго двигателя. Для изготовления первого узла 330 и второго узла 360 можно использовать различные материалы. Например, можно использовать любой жесткий материал, такой как металл (например, и без ограничения, алюминий), сплав на основе железа (например, и без ограничения, нержавеющей сталь), сплав из цветных металлов, металлический сплав другого типа и т.д. В других вариантах осуществления в зависимости от применения может использоваться пластик (например, для бытовой электроники).

Как показано на фиг. 3A, кожух 335 первого двигателя включает в себя фланцевый элемент 350, который имеет множество отверстий, предназначенных для приема соответствующих первых крепежных элементов. Аналогично, кожух 365 второго двигателя также включает в себя фланцевый элемент 380, который также имеет множество отверстий, предназначенных для приема соответствующих вторых крепежных элементов. Первые крепежные элементы и вторые крепежные элементы могут соответственно сопрягаться, чтобы обеспечить сборку кожуха 335 первого двигателя и кожуха 365 второго двигателя в единый блок с помощью фланцевого элемента 350 и фланцевого элемента 380.

Кожух 335 первого двигателя может также включать в себя вторые фланцевые элементы 355, имеющие одно или более отверстий, предназначенных для приема соответствующего одного или более крепежных элементов. Кожух 365 второго двигателя может также включать в себя вторые фланцевые элементы 385, имеющие одно или более отверстий, предназначенных для приема соответствующего одного или более крепежных элементов. Вторые фланцевые элементы 355 и 385 вместе с одним или более крепежными элементами в каждом из кожуха 335 первого двигателя и кожуха 365 второго двигателя могут быть выполнены с возможностью присоединения эксцентрикового вибрационного устройства 300 к оборудованию. Как уже упоминалось, вибрационное устройство 300 может быть присоединено к промышленному оборудованию, пользовательскому оборудованию, бытовой электронике и т.д., чтобы генерировать колебательное движение в этом оборудовании.

На фиг. 4 показан вид с пространственным разделением деталей эксцентрикового вибрационного устройства 300 по фиг. 3A и 3B, в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения. Как раскрыто выше при рассмотрении фиг. 3A и 3B, эксцентриковое вибрационное устройство 300 включает в себя первый узел корпуса с кожухом 335 первого двигателя, первой закрывающей пластиной 340 и первым узлом 345 крышки. Эксцентриковое вибрационное устройство 300 также включает в себя второй узел корпуса с кожухом 365 второго двигателя, второй закрывающей пластиной 370 и вторым узлом 375 крышки.

Эксцентриковое вибрационное устройство 300 также включает в себя узел первого двигателя и узел второго двигателя, такие как узел 110a первого двигателя и узел 110b второго двигателя по фиг. 1 и 2. Детали, входящие в состав этих узлов, могут образовывать конструкцию, имеющую инверсионную симметрию относительно плоскости, которая, по существу, делит эксцентриковое вибрационное устройство 300 пополам, причем данная плоскость перпендикулярна продольной оси, вдоль которой выровнен эксцентриковый вибратор.

В этом примере узел первого двигателя эксцентрикового вибрационного устройства 300 может включать в себя вентилятор 408a; торцевую крышку 410a двигателя; установочное кольцо 412a энкодера; энкодер 414a; и первую группу (уравновешивающих или внешних) массовых элементов 415a. Узел первого двигателя может также включать в себя первый подшипниковый узел, имеющий корпус 416a уп-

лотнения, уплотнение 418а вала, уплотнительное кольцо 420а вала, первый (внешний) подшипник 422а и узел 424а корпуса первого (внешнего) подшипника. Узел первого двигателя может дополнительно включать в себя корпус 426а уплотнения; дополнительное уплотнение вала 428а; узел 430а статора; и узел 432а ротора.

Узел первого двигателя может дополнительно включать в себя второй подшипниковый узел, имеющий корпус 434а уплотнения, дополнительное уплотнение 436а вала, узел 438а корпуса второго (внутреннего) подшипника, второй (внутренний) подшипник 440а, корпус 442а уплотнения, уплотнительное кольцо 444а вала и дополнительное уплотнение 446а вала. Узел первого двигателя может также включать в себя второй массовый элемент, включающий в себя массовый элемент 448а и второй массовый элемент 450а. Хотя второй массовый элемент проиллюстрирован как содержащий два массовых элемента, изобретение этим не ограничивается. В дополнительных вариантах осуществления может быть установлено более двух массовых элементов или менее двух массовых элементов. Узел первого двигателя может дополнительно включать в себя первый вал 460а, ориентированный вдоль продольной оси 302 эксцентрикового вибрационного устройства 300.

Узел второго двигателя эксцентрикового вибрационного устройства 300 может включать в себя вентилятор 408b; торцевую крышку 410b двигателя; установочное кольцо 412b энкодера; энкодер 414b; и первую группу (уравновешивающих или внешних) массовых элементов 415b. Узел второго двигателя может также включать в себя первый подшипниковый узел, имеющий корпус 416b уплотнения, уплотнение 418b вала, уплотнительное кольцо 420b вала, первый (внешний) подшипник 422b и узел 424b корпуса первого (внешнего) подшипника. Узел второго двигателя может дополнительно включать в себя корпус 426b уплотнения; дополнительное уплотнение 428b вала; узел статора 430b; и узел 432b ротора. Узел второго двигателя может дополнительно включать в себя второй подшипниковый узел, имеющий корпус 434b уплотнения, дополнительное уплотнение 436b вала, узел 438b корпуса второго (внутреннего) подшипника, второй (внутренний) подшипник 440b, корпус 442b уплотнения, уплотнительное кольцо 444b вала и уплотнение 446b вала. Узел второго двигателя может также включать в себя второй массовый элемент, включающий в себя массовый элемент 448b и массовый элемент 450b. Хотя второй массовый элемент проиллюстрирован как имеющий два массовых элемента, изобретение этим не ограничивается. В дополнительных вариантах осуществления может быть установлено более двух массовых элементов или менее двух массовых элементов. Узел второго двигателя может дополнительно включать в себя второй вал 460b, ориентированный вдоль продольной оси 302 эксцентрикового вибрационного устройства 300.

На фиг. 5 представлен вид в разрезе эксцентрикового вибрационного устройства 300 по фиг. 3А, 3В и 4, в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения. Как показано, первая группа (уравновешивающих или внешних) массовых элементов 415а установлена так, чтобы иметь смещение выравнивания приблизительно на  $\pi$  относительно массовых элементов 448а и 450а. Первая группа (уравновешивающих) массовых элементов 415b установлена так, чтобы иметь смещение  $\theta'$  выравнивания, составляющее приблизительно  $-\pi$  относительно 448b и 450b. Кроме того, смещение  $\theta'$  выравнивания между: (i) вторым массовым элементом, который включает в себя массовые элементы 448а и 450а, и (ii) вторым массовым элементом, который включает в себя массовые элементы 448b и 450b, может регулироваться. Таким образом, смещение  $\theta'$  выравнивания, составляющее приблизительно  $\pi$ , которое показано на фиг. 5, является иллюстративным, и могут быть выполнены другие смещения.

На фиг. 6А представлен вид сбоку вибрационной системы 600, в которой используется эксцентриковое вибрационное устройство 300 в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения. Вибрационная система 600 включает в себя узел 610 деки, который механически связан с эксцентриковым вибрационным устройством 300, например, посредством согласованных фланцевых элементов и крепежных элементов (например, фланцевых элементов 355 и 385 по фиг. 3А и 3В). Во время работы эксцентриковое вибрационное устройство 300 может создавать зависящую от времени силу  $f(t)$ . Таким образом, во время работы эксцентриковое вибрационное устройство 300 может прилагать зависящую от времени колебательную силу  $f(t)$  к узлу 610 деки, вызывая зависящее от времени колебательное механическое движение узла 610 деки. Интенсивность и период колебаний механического движения может определяться угловой частотой  $\omega$  вращения валов в эксцентриковом вибрационном устройстве 300 и другими механическими параметрами, включая моменты инерции.

Амплитуда зависящей от времени силы  $f(t)$  может частично определяться угловой скоростью  $\omega$  валов в эксцентриковом вибрационном устройстве 300, соответствующими результирующими моментами инерции первого массового элемента и второго массового элемента в эксцентриковом вибрационном устройстве 300 и соответствующими моментами инерции первого уравновешивающего массового элемента и второго уравновешивающего массового элемента в эксцентриковом вибрационном устройстве 300. Зависящая от времени сила  $f(t)$  может быть ориентирована в направлении, по существу, перпендикулярном к продольной оси эксцентрикового вибрационного устройства 300 (например, к оси 102 на фиг. 1). Таким образом, зависящая от времени сила  $f(t)$  может быть представлена как трехмерный вектор  $(f_x(t), f_y(t), f_z(t))$ , где векторный компонент  $f_z(t)$  может быть, по существу, нулевым, при этом зависящая от



времени сила  $f(t)$  может быть, по существу, равна  $(f_x(t), f_y(t), 0)$ . В приблизительном сценарии, в котором узел 610 деки запускается из состояния покоя, а эксцентриковое вибрационное устройство 300 запитывается из выключенного состояния,  $f(t)$  может самовыравниваться после переходного периода (например, приблизительно 500 мс) в направлении, проходящем через положение центра тяжести (ЦТ) 620 узла деки в плоскости  $x$ - $y$ .

Такое самовыравнивание может происходить на основе сохранения углового момента в вибрационной системе 600 после запитывания эксцентрикового вибрационного устройства 300. Такое выравнивание может быть выполнено путем выбора узла двигателя, такого как узел, который включает в себя асинхронный двигатель (например, индукционный двигатель), который допускает скольжение между входной частотой и скоростью вала. Таким образом, такой двигатель может создавать крутящий момент, не полагаясь на физические электрические соединения с ротором. Соответственно, угол  $\phi$ , указывающий ориентацию зависящей от времени силы  $f(t)$  относительно стороны основания узла 610 деки, может определяться положением эксцентрикового вибрационного устройства 300 на узле 610 деки вдоль направления  $x$  в системе координат, показанной на фиг. 6А.

Хотя  $f(t)$  показана как строго коллинеарная линия, имеющей ориентацию  $\phi$ , фактическая  $f(t)$ , создаваемая эксцентриковым вибрационным устройством 300, со временем проходит по эллипсу с большой полуосью, параллельной линии, имеющей ориентацию  $\phi$ , и малой полуосью, которая намного меньше (например, на один, два или три порядка величины), чем большая полуось. Такой эллипс можно назвать "узким эллипсом". В частности, угол  $\phi$  уменьшается по мере увеличения координаты эксцентрикового вибрационного устройства 300 по оси  $x$  (или, проще говоря, когда эксцентриковый вибратор перемещается вперед по узлу деки), и увеличивается по мере уменьшения координаты эксцентрикового вибрационного устройства 300 по оси  $x$  (или когда эксцентриковый вибратор перемещается назад). Угол  $\phi$  и величина  $|f(t)|$  может определять соответствующие величины векторных компонентов  $f_x(t)$  и  $f_y(t)$ . Например, малый  $\phi$  (то есть несколько градусов) может дать большой  $f_x(t)$  и малый  $f_y(t)$ , тогда как большой  $\phi$  (например, несколько десятков градусов) может дать малый  $f_x(t)$  и большой  $f_y(t)$ . Таким образом, угол  $\phi$  можно регулировать для управления скоростью транспортировки или временем пребывания твердых частиц или других типов твердых частиц в плоскости  $x$ - $z$  узла 610 деки.

Для закрепления эксцентрикового вибрационного устройства 300 на узле 610 деки могут использоваться различные механизмы. Например, как показано на фиг. 6В, крепежный механизм 650 может включать в себя рельс или другой тип направляющего механизма, который может обеспечить перемещение эксцентрикового вибрационного устройства 300 вдоль оси  $x$ . Крепежные детали, такие как зажимы, болты и т.д., могут использоваться для закрепления эксцентрикового вибрационного устройства 300 в надлежащем положении по оси  $x$ . Крепежный механизм 650 может обеспечить размещение эксцентрикового вибрационного устройства 300 в различных положениях вдоль узла 610 деки. Крепежный механизм 650 может включать в себя другой тип рельсового или направляющего механизма, который включает в себя несколько стопорных механизмов для фиксации эксцентрикового вибрационного устройства 300 в заданных положениях вдоль оси  $x$ . Например, как показано на фиг. 6В, заданные положения могут включать в себя положения  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8$  и  $x_9$ , где выполнены соответствующие блокировочные механизмы. Изобретение, конечно, не ограничено девятью заданными положениями, и может быть реализовано более девяти положений или менее девяти заданных положений. В некоторых вариантах осуществления множество блокировочных механизмов могут включать в себя один или более зубчатых элементов, предназначенных для вхождения в зацепление с другими блокировочными механизмами, которые содержатся в нижней поверхности эксцентрикового вибрационного устройства 300. В других вариантах осуществления множество блокировочных механизмов могут включать в себя соответствующие отверстия (с резьбой или иные), которые могут принимать соответствующие болты, которые могут соприкасаться с соответствующими гайками для фиксации эксцентрикового вибрационного устройства в заданных положениях.

На фиг. 7А и 7В представлены виды в аксонометрии приблизительной вибрационной системы, в которой используется эксцентриковое вибрационное устройство 710 в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения. Как показано, эксцентриковое вибрационное устройство 710 установлено в узле 720 деки сепарационного оборудования.

В некоторых вариантах осуществления ориентация колебаний и величина результирующей силы, прилагаемой эксцентриковым вибрационным устройством, могут быть настроены без зависимости от изменений положения, в котором установлено эксцентриковое вибрационное устройство. В этом отношении система управления может быть функционально связана с устройством 710 эксцентрикового вибрационного устройства для управления движением массовых элементов и валов, входящих в состав эксцентрикового вибрационного устройства 710.

На фиг. 8 представлена схема вибрационной системы 800, которая включает в себя систему управления, функционально связанную с эксцентриковым вибрационным устройством 300 в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения. Система управления включает в себя одно или более операторских интерфейсных устройств 830 и одно или более устройств 810 с контроллером дви-

жения. Вибрационная система 800 также включает в себя один или более источников 820 питания, которые могут запитывать узлы двигателей, входящие в состав эксцентрикового вибрационного устройства 300, и/или по меньшей мере одно устройство системы управления. Источник (источники) 820 питания может (могут) включать в себя один или более блоков питания и/или сетевой источник питания. Операторское интерфейсное устройство (устройства) 830 может (могут) включать в себя интерфейсное устройство (устройства) ввода/вывода (I/O), такое как человеко-машинный интерфейс (HMI), который может обеспечить выбор требуемого режима вибрации (колебания) (например, по существу, линейное возмущение или, по существу, эллиптическое или круговое возмущение).

Операторское интерфейсное устройство (устройства) 830 может (могут) дополнительно обеспечивать отслеживание в реальном времени или периодическое отслеживание в заданные моменты времени. Режим вибрации может включать в себя заданную ориентацию и заданную величину зависящей от времени силы  $f(t)$ , прилагаемой эксцентриковым вибрационным устройством 300. Заданная ориентация представлена углом  $\alpha$  на фиг. 8. Как показано,  $\alpha=0$  будет соответствовать зависящей от времени силе  $f_{\parallel}(t)$ , по существу, ориентированной вдоль направления  $x$ . Иначе говоря,  $f_{\parallel}(t)$ , по существу, параллельна стороне основания узла 610 деки. Как также показано,  $\alpha=\pi/2$  будет соответствовать зависящей от времени силе  $f_{\perp}(t)$ , которая, по существу, является вертикальной, ориентированной вдоль направления  $y$ , где  $f_{\perp}(t)$ , по существу, перпендикулярна стороне основания узла 610 деки.

Настройка режима работы может включать в себя настройку заданной угловой частоты вращения вала эксцентрикового вибрационного устройства 300 и/или настройку заданного углового смещения между первым эксцентриковым массовым элементом узла первого двигателя и вторым эксцентриковым массовым элементом узла второго двигателя. Операторское интерфейсное устройство 830 может принимать вводимую информацию, указывающую требуемый угол  $\alpha$ , угловую частоту  $\omega$  и/или угловое смещение. Вводимая информация может использоваться для настройки устройства 810 с контроллером движения для управления вибрационным движением эксцентрикового вибрационного устройства 300. Хотя результирующая  $f(t)$ , создаваемая эксцентриковым вибрационным устройством 300, показана как линейная с ориентацией  $\alpha$ , фактическая  $f(t)$ , создаваемая эксцентриковым вибрационным устройством 300 со временем пересекает эллипс, имеющий большую полуось, параллельную линии, имеющей наклон  $\alpha$ , и малую полуось, которая намного меньше (например, на один, два или три порядка величины меньше), чем большая полуось.

В зависимости от требуемой производительности грохочения, угол  $\alpha$  (который также может называться углом узкого эллипса) может быть настроен так, чтобы вызывать медленную транспортировку материала, подлежащего грохочению, чтобы тем самым максимально увеличить сухость на выходе. Альтернативно, угол  $\alpha$  может быть настроен так, чтобы вызывать быстрое перемещение материала, подлежащего грохочению, чтобы тем самым увеличить пропускную способность машины, или может быть настроен так, чтобы мгновенно реверсировать транспортировку материала, чтобы таким образом вытряхнуть застрявшие частицы (то есть, для устранения забивания).

Кроме того, угол  $\alpha$  можно отрегулировать во время работы, как раскрыто в настоящем документе, до угла  $\alpha'$ , составляющего приблизительно  $90^\circ$ , в течение заданного периода времени, для обеспечения текущего устранения забивания сита в просеивающем устройстве. По истечении заданного периода времени, угол  $\alpha'$ , составляющий приблизительно  $90^\circ$  можно перенастроить на  $\alpha$ . В различных вариантах осуществления могут быть реализованы другие текущие изменения режима работы. В одном из примеров может быть выполнен переход от угла  $\alpha_0$ , составляющего приблизительно  $45^\circ$ , к углу  $\alpha'$ , составляющему приблизительно  $60^\circ$ , чтобы замедлить транспортировку и обеспечить более сухой выход из суспензии, подаваемой на узел деки с эксцентриковым линейным вибратором 300. Затем может быть реализован переход от угла  $\alpha'$ , составляющего приблизительно  $60^\circ$ , к углу  $\alpha_0$ , составляющему приблизительно  $45^\circ$ , для возобновления более быстрой транспортировки. В другом примере угол  $\alpha$ , составляющий приблизительно  $45^\circ$ , может быть отрегулирован во время работы, как раскрыто в настоящем документе, до угла  $\alpha'$ , составляющего приблизительно  $30^\circ$ , в течение заданного периода времени, для удаления накопившегося на сите материала. По истечении заданного периода времени угол  $\alpha'$ , составляющий приблизительно  $30^\circ$  можно перенастроить на  $\alpha$ .

Такая регулировка может требоваться при работе грохота для грохочения суспензии. Во время грохочения суспензия превращается из жидко-твердой смеси в обезвоженное твердое вещество. Угол  $\alpha$  можно регулировать для увеличения сухости. Например, если угол  $\alpha$  увеличивается от приблизительно  $45^\circ$  до приблизительно  $60^\circ$ , как раскрыто выше, скорость потока материала на грохочении уменьшается. Это уменьшение скорости потока дает больше времени для вытеснения жидкости из суспензии, поскольку материал движется медленнее к разгрузочному концу грохота.

На фиг. 9 схематически показана система, которая может включать в себя устройство (устройства) 810 с контроллером движения, контроллерное устройство 920 и приводные устройства 930. Контроллерное устройство 920 может быть реализовано как или может включать в себя программируемый логический контроллер (ПЛК или PLC, programmable logic controller), микроконтроллер, и т.д., а приводные

устройства 930 могут быть реализованы как или могут включать в себя электроприводы с электронным управлением, частотно-регулируемые приводы (VFD, variable frequency drive) и т.д. Контроллерное устройство 920 может принимать информацию, указывающую положение, скорость эксцентриковых массовых элементов и/или направление вращения эксцентрикового вибрационного устройства 300. Контроллерное устройство 920 может управлять приводными устройствами 930 для создания заданного режима работы. В этой связи с соответствующими валами эксцентрикового вибрационного устройства 300 могут быть связаны устройства 910 с обратной связью, которые могут выдавать первую информацию, указывающую соответствующие положения массовых элементов.

Устройства 910 с обратной связью также могут выдавать вторую информацию, указывающую соответствующие угловые скорости валов. Устройства 910 с обратной связью могут выдавать третью информацию, указывающую направление вращения вала эксцентрикового вибрационного устройства 300. В одном из вариантов осуществления первая информация, вторая информация и третья информация могут быть выданы непосредственно на контроллерное устройство 920. В другом варианте осуществления первая информация, вторая информация и третья информация могут опосредованно выдаваться на контроллерное устройство 920, при этом такая информация выдается на соответствующие приводные устройства 930 и передается приводными устройствами 930 привода на контроллерное устройство 920. Контроллерное устройство 920 может управлять приводными устройствами 930 для создания вращательного движения по меньшей мере одного из коллинеарных валов эксцентрикового вибрационного устройства 300.

Устройства 910 с обратной связью могут включать в себя первое устройство с обратной связью (такое как первое энкодерное устройство), прикрепленное к первому валу эксцентрикового вибрационного устройства 300. Первое устройство с обратной связью может отправлять одну или более из (а) первой информации, указывающей соответствующий положение по меньшей мере одного из первых массовых элементов эксцентрикового вибрационного устройства 300, (b) второй информации, указывающей угловую скорость первого вала, или (с) третьей информации, указывающей направление вращения первого вала. Устройства 910 с обратной связью могут также включать в себя второе устройство с обратной связью (такое как второе энкодерное устройство), прикрепленное ко второму валу вибрационного устройства 300. Второе устройство с обратной связью может отправлять одну или более из (а) четвертой информации, указывающей соответствующее положение по меньшей мере одного из вторых массовых элементов эксцентрикового вибрационного устройства 300, (b) пятой информации, указывающей угловую скорость второго вала, или (с) шестой информации, указывающей направление вращения второго вала.

Контроллерное устройство 920 может дополнительно принимать первую информацию, вторую информацию, третью информацию, четвертую информацию, пятую информацию, шестую информацию и информацию операторского интерфейсного устройства 830 и может давать указание приводным устройствам 930, чтобы настроить вращательное движения первого вала и второго вала на основе, по меньшей мере, принятой информации. В одном из вариантов осуществления контроллерное устройство 920 может принимать такую информацию непосредственно от первого устройства с обратной связью и второго устройства с обратной связью. В другом варианте осуществления контроллерное устройство 920 может принимать первую информацию, вторую информацию, третью информацию, четвертую информацию, пятую информацию и/или шестую информацию опосредованно, при этом такая информация выдается на приводные устройства 930 и передается приводными устройствами 930 на контроллерное устройство 920.

Приводные устройства 930 могут включать в себя первое приводное устройство, соединенное с узлом первого двигателя, включающим в себя первый вал эксцентрикового вибрационного устройства 300. Контроллерное устройство 920 может давать указание первому приводному устройству для создания вращательного движения первого вала на основе одного или более из части первой информации; части второй информации; части третьей информации и информации операторского интерфейсного устройства 830. Приводные устройства 930 могут также включать в себя второе приводное устройство, связанное с узлом второго двигателя, включающего в себя второй вал эксцентрикового вибрационного устройства 300. Контроллерное устройство 920 может направлять второе приводное устройство для конфигурирования вращательного движения второго вала на основе одного или более из части четвертой информации; части пятой информации; части шестой информации и информации операторского интерфейсного устройства 830.

На фиг. 10А схематически показано эксцентриковое вибрационное устройство 1000, связанное с системой управления, в соответствии с одним или более вариантами осуществления изобретения. Как показано на фиг. 10А, система 1000 может включать в себя контроллерное устройство 1010, которое может быть реализовано как, или может включать в себя, программируемый логический контроллер. Кроме того, могут быть предусмотрены приводные устройства 930 (например, см. фиг. 9), которые могут быть реализованы как, или могут включать в себя, первый электропривод 1020А с электронным управлением и второй электропривод 1020В с электронным управлением. Изобретение не ограничено электроприводами с электронным управлением, имеющими общую архитектуру. Первый электропривод 1020А с электронным управлением и второй электропривод 1020В с электронным управлением могут приводить в действие соответствующие узлы двигателей в эксцентриковом вибрационном устройстве 300. В этой

связи, первый электропривод 1020А с электронным управлением может включать в себя электронный преобразователь или другой тип источника питания, связанный (например, электромеханически связанный) с узлом первого двигателя, например, посредством узла 1060А линии электропитания. Второй электропривод 1020В с электронным управлением может включать в себя электронный преобразователь или источник питания другого типа, связанный с узлом второго двигателя посредством второго узла 1060В линии электропитания.

Первый и второй узлы 1060А и 1060В линий электропитания могут включать в себя, например, электрический проводник, силовые соединители, изоляционные покрытия и т.д. Первый электропривод 1020А с электронным управлением и второй электропривод 1020В с электронным управлением могут быть подключены к соответствующим линиям 1030А и 1030В электропитания, которые подключены к сетевому источнику питания (например, к источнику переменного тока 50 Гц или источнику переменного тока 60 Гц). Кроме того, первый электропривод 1020А с электронным управлением может быть связан (электрически или электромеханически) с первым устройством с обратной связью эксцентрикового вибрационного устройства 300 посредством первой шины 1070А. Второй электропривод 1020В с электронным управлением также может быть связан (электрически или электромеханически) со второй шиной 1070В. Первая и вторая шинные конструкции 1070А и 1070В обеспечивают передачу информации (аналоговой и/или цифровой), которая может представлять угловое положение, угловую скорость и/или направление вращения вала эксцентрикового вибрационного устройства 300. Изобретение не ограничивается шинами, которые имеют общую архитектуру.

Как также показано на фиг. 10А, система 1000 может дополнительно включать в себя операторское интерфейсное устройство (устройства) 830 и удаленное операторское интерфейсное устройство (устройства) 1080. Операторское интерфейсное устройство (устройства), программируемый логический контроллер 1010, первый электропривод 1020А с электронным управлением и второй электропривод 1020В с электронным управлением могут быть связаны сетевыми устройствами 1050 (такими как высокоскоростное сетевое устройство или шина). Сетевые устройства 1050 могут обеспечивать обмен информацией (например, данными и/или сигнализацией) между операторским интерфейсным устройством (устройствами) 830, программируемым логическим контроллером 1010, первым электроприводом 1020А с электронным управлением и вторым электроприводом 1020В с электронным управлением. Одно или более удаленных операторских интерфейсных устройств 1080 могут быть связаны с сетевым устройством 1050 с помощью беспроводных линий связи и/или проводных линий 1085 связи. Устройство (устройства) 1080 может (могут) обеспечивать настройку и/или отслеживание работы эксцентрикового вибрационного устройства 300.

На фиг. 10В схематически показана вибрационная система 1090, имеющая систему управления, которая функционально связана с другими типами эксцентриковых двигателей, чтобы тем самым управлять типом движения, создаваемого эксцентриковым двигателем. Например, система управления может быть функционально связана с обычными эксцентриковыми двигателями 1095а и 1095b, такими как эксцентриковые двигатели, которые не содержат коллинеарных валов. Согласно одному из вариантов осуществления, режимом вращения (например, величиной угловой скорости и направлением вращения) каждого из обычных двигателей 1095а и 1095b можно управлять независимо. Например, чтобы генерировать, по существу, линейное механическое возмущение, ПЛК 1010 может управлять первым электроприводом 1020А с электронным управлением так, чтобы эксцентриковый двигатель 1095а вращался в первом направлении с угловой скоростью  $\omega$ . ПЛК 1010 может дополнительно управлять вторым электронным приводом 1020В двигателя так, чтобы эксцентриковый двигатель 1095b вращался во втором направлении, противоположном первому направлению, с угловой скоростью  $\omega$ . В другом примере, чтобы генерировать, по существу, круговое механическое возмущение, ПЛК 1010 может управлять первым электроприводом 1020А с электронным управлением так, чтобы вызвать вращение эксцентрикового двигателя 1095а в первом направлении с угловой скоростью  $\omega$ . ПЛК 1010 может дополнительно управлять вторым электроприводом 1020В с электронным управлением так, чтобы эксцентриковый двигатель 1095b также вращался в первом направлении с угловой скоростью  $\omega$ .

Как раскрыто выше, система управления, которая включает в себя контроллерное устройство (устройства) 810 движения (например, см. фиг. 8), может создавать заданный режим работы заявленного эксцентрикового вибрационного устройства. Система управления может настраивать и/или контролировать соответствующие движения - такие как соответствующие угловые скорости и угловые положения - коллинеарных валов, имеющих в эксцентриковом вибрационном устройстве, независимо и непрерывно, почти непрерывно или в заданные моменты времени (например, периодически, почти периодически или по расписанию). Например, режим работы можно контролировать и/или настраивать при необходимости почти в режиме реального времени (или, по существу, периодически, с временными интервалами, которые значительно короче, чем, например, сотая часть, тысячная часть, миллионная часть и т.д. периода вращения  $1/\omega$  вала устройства) без выключения питания эксцентрикового вибратора. В этой связи, контроллерное устройство (устройства) 810 движения может использовать различные методы, в том числе электронное переключение частоты вращения для настройки угловой скорости и/или углового поло-

жения вала во время работы эксцентрикового вибрационного устройства, без необходимости выключения питания эксцентрикового вибрационного устройства для выполнения операции перенастройки.

Как раскрыто выше, система управления может быть выполнена с возможностью задания и поддержания относительного углового смещения между соответствующими вращательными движениями коллинеарных валов эксцентрикового вибрационного устройства. При этом система управления может задавать соответствующие начальные углы соответствующих вращательных движений коллинеарных валов. Соответствующие начальные углы могут быть определены относительно базовой системы координат, и могут определять ориентацию колебаний результирующей силы  $f(t)$  (по существу, синусоидальной силы), создаваемой эксцентриковым вибрационным устройством. Ориентация может быть представлена углом относительно заданного направления в базовой системе координат. Например, базовая система координат может быть декартовой системой, имеющей ось (например, ось  $z$ , как показано на фиг. 8), по существу, параллельную продольной оси эксцентрикового вибрационного устройства. Направление, представляющее ориентацию колебаний результирующей силы  $f(t)$ , может лежать в плоскости (например, в плоскости  $x$ - $u$  на фиг. 8), которая перпендикулярна оси  $z$ .

На фиг. 11-14 показаны схематические графики сил для четырех соответствующих конфигураций начальных углов и соответствующих относительных угловых смещений в девять различных моментов во время работы эксцентрикового вибрационного устройства 1100 в соответствии с вариантами осуществления, раскрытыми в настоящем документе.

На фиг. 11 показаны конфигурации сил в моменты времени  $t_0, t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7$  и  $t_0 + T$  для начальных углов, равных 0, для обоих коллинеарных валов в эксцентриковом вибрационном устройстве 1100, в результате чего относительное угловое смещение, по существу, равно 0. В любой заданный момент времени, силы обозначены стрелками внутри круга, а заштрихованные области указывают положения соответствующих масс. Стрелки, расположенные снаружи круга, обозначают скорости. Силы, отвечающие соответствующим группам массовых элементов, показаны тонкими стрелками, а результирующие силы  $F$  представлены толстыми стрелками. В этом примере углы определены относительно декартовой системы координат, показанной на фиг. 11, а  $T$  представляет собой период вращения коллинеарных валов. Для начальной угловой конфигурации и соответствующего ей относительного углового смещения в этом примере первый массовый элемент эксцентрикового вибрационного устройства 1100 может быть, по существу, выровнен со вторым массовым элементом при углах 0 и  $\pi$ , как показано графиками, соответствующими  $t_0$  и  $t_4$ .

В каждый момент времени, сила, создаваемая заданной массой (например, показанная тонкой стрелкой внутри круга), по существу, перпендикулярна скорости (например, показанной стрелкой снаружи круга) массовых элементов. Массы создают силы одинаковой величины. Например, первый массовый элемент и второй массовый элемент могут прилагать, соответственно, силу  $F_a$  и силу  $F_b$ , где  $|F_a| = |F_b|$ . Как показано на фиг. 11, для начальных углов, по существу, равных 0, результирующая сила  $f(t)$  может быть ориентирована вдоль направления  $x$  или параллельно основанию эксцентрикового вибрационного устройства 1100. Кроме того, силы компенсируются в моменты  $t_2$  и  $t_6$  и указывают на отрицательное направление  $x$  в момент  $t_4$ . Конфигурация на фиг. 11, таким образом, вызывает горизонтальную поперечную вибрацию (колебание) оборудования (такого как узел деки или корзина сита), на которое действует сила. Например, рама сита или узел деки могут вибрировать с колебаниями в плоскости, которая, по существу, является горизонтальной.

На фиг. 12 показан второй вибрационный режим, в котором линейные колебания ориентированы под углом относительно горизонтали, в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения. В этом примере система управления может мгновенно задерживать первый вал и мгновенно увеличивать скорость второго вала эксцентрикового вибрационного устройства, настраивая, таким образом, соответствующие начальные углы первого вала и второго вала, которые дают относительное угловое смещение, приблизительно равное  $\pi/4$  (заданное  $t_2$  равно  $t_0$  на фиг. 12). На фиг. 12 один из массовых элементов может быть выдвинут вперед, например, на  $\pi/4$ , а другой из массовых элементов может быть отставать, например, на  $\pi/4$ . Таким образом, первый массовый элемент может быть, по существу, выровнен со вторым массовым элементом при углах  $\pi/4$  и  $5\pi/4$ , как показано на графиках, соответствующих  $t_0$  и  $t_4$ . Для таких начальных углов и связанного с ними относительного углового смещения результирующая сила  $f(t)$  может быть ориентирована под углом приблизительно  $\pi/4$  относительно основания эксцентрикового вибрационного устройства 1100.

На фиг. 13 показан третий вибрационный режим, в котором линейные колебания ориентированы под углом относительно горизонтали, в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения. Задав начальные углы поворота первого вала и второго вала равными приблизительно  $3\pi/4$ , можно получить относительное угловое смещение около  $3\pi/4$ , как показано на фиг. 13 (заданное  $t_2$  равно  $t_0$  на фиг. 13). В этом примере первый массовый элемент может быть, по существу, выровнен со вторым массовым элементом при углах  $3\pi/4$  и  $7\pi/4$ , как показано графиками, соответствующими моментам времени  $t_0$  и  $t_4$  на фиг. 13. Таким образом, поворот ориентации колебаний результирующей силы  $f(t)$  на угол  $\pi/2$  относительно ориентации для относительного углового смещения, составляющего  $\pi/4$  (см. фиг. 12), обеспечи-

вает такую силу, которая будет, по существу, выровненной с другой диагональю плоскости x-y декартовой системы координат относительно движения по фиг. 12.

На фиг. 14 показан четвертый вибрационный режим, в котором линейные колебания ориентированы под углом относительно горизонтали, в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения. Система управления может задавать начальные углы соответствующих вращений первого вала и второго вала равными  $\pi/2$ , обеспечивая относительное угловое смещение приблизительно на  $\pi/2$ , как показано на фиг. 14. В этом примере первый массовый элемент может быть выдвинут вперед, например, на  $\pi/2$ , при этом второй массовый элемент может быть выдвинут вперед на  $\pi/2$ . Таким образом, первый массовый элемент может быть, по существу, выровнен относительно второго массового элемента при углах  $\pi/2$  и  $3\pi/2$ , как показано на графиках, соответствующих  $t_0$  и  $t_4$  на фиг. 14 (заданное  $t_1$  равно  $t_0$  на фиг. 14). Таким образом, колебания результирующей силы  $f(t)$  могут быть ориентированы, по существу, перпендикулярно горизонтали (то есть выровнены по направлению y). Таким образом, движение представляет собой вертикальную вибрацию (вертикальное колебание) вверх-вниз. В этом режиме вибрации раме сита или узлу деки могут обеспечить вибрацию с линейным колебательным движением, которое, по существу, перпендикулярно земле.

Системы управления, раскрытые в настоящем документе, могут обеспечивать изменения углов соответствующих вращений коллинеарных валов во время работы эксцентрикового вибрационного устройства. При этом плоскость колебательного движения может изменяться во время работы эксцентрикового вибрационного устройства. В другом режиме работы колебательное движение может быть изменено с линейного колебания на круговое или эллиптическое колебание. Например, система управления может заставлять коллинеарные валы эксцентрикового вибрационного устройства вращаться в одном направлении и с одной угловой скоростью для создания, по существу, кругового механического возмущения. Например, в то время как система создает линейное движение с массами, вращающимися в противоположных направлениях, система управления может изменять направление вращения первого вала (или, в некоторых случаях, второго вала) из, по существу, коллинеарных валов, подлежащих реверсированию. При таком реверсировании система управления может также обеспечить угловое выравнивание первого вала и второго вала, т.е. ни первый вал, ни второй вал не опережают и не отстают по углу от другого вала. Таким образом, по существу, коллинеарные валы выполнены с возможностью вращения в одном направлении с одной угловой частотой  $\omega$ , без углового сдвига между валами, что приводит к, по существу, круговому движению эксцентрикового вибрационного устройства. В дополнительных вариантах осуществления эллиптические, наряду с круговыми колебаниями, могут быть реализованы с массами, вращающимися в одном направлении, но с относительными смещениями.

В некоторых вариантах осуществления настройка, по существу, кругового или эллиптического движения может быть реализована в ответ на нажатие кнопки на человеко-машинном интерфейсе (ЧМИ или НМИ, Human-Machine Interface) или при выборе выбираемого визуального элемента, отображаемого на дисплеем устройстве (которое в некоторых вариантах осуществления может входить в состав ЧМИ). Управление начальными углами и последующими относительными угловыми смещениями во время работы эксцентрикового вибрационного устройства может позволить регулировать ориентацию вибрационных колебаний без необходимости демонтажа и повторного монтажа эксцентрикового вибрационного устройства, как это было бы в случае с обычным вибрационным устройством. Таким образом, раскрытые системы и способы обеспечивают повышенную эффективность и/или универсальность вибрационной системы.

В дополнительных вариантах осуществления эксцентриковое вибрационное устройство может генерировать, по существу, круговое механическое возмущение, не полагаясь на систему управления для настройки кругового движения и подачи энергии. В таких вариантах осуществления направление вращения вала эксцентрикового вибрационного устройства может быть изменено на противоположное путем изменения полярности двух из трех входящих силовых выводов трехфазного асинхронного индукционного двигателя, который создает вращение вала. Например, трехфазная система может включать в себя: (i) первую линию L1 электропитания, вторую линию L2 электропитания и третью линию L3 электропитания, и (ii) первую клемму T1 двигателя, вторую клемму T2 двигателя и третью клемму двигателя T3. Вращение вала по часовой стрелке может быть обеспечено путем соединения L1 с T1, L2 с T2 и L3 с T3. Альтернативно, вращение вала против часовой стрелки может быть обеспечено путем переподключения L1 к T3, сохранения подключения L2 к T2, и переподключения L3 к T1.

Система управления может обеспечивать управление скоростью узла двигателя и/или направлением вибрационной силы в режиме реального времени или почти в реальном времени. Скоростью, с которой твердые частицы перемещаются от загрузочного конца к разгрузочному концу сепарационной системы, в свою очередь, можно управлять путем управления параметрами эксцентрикового вибрационного устройства, которое связано с сепарационной системой. В дополнение к встряхивающим системам, эксцентриковое вибрационное устройство может быть связано с питателями, такими как вибрационные питатели, где скоростью подачи материала можно точно управлять. Например, в применениях с большим объемом обработки скорость транспортировки можно увеличить, чтобы отвести твердые частицы или сухие веще-

ства другого типа от поверхности грохочения и/или открыть область поверхности грохочения для входящего потока материала. В другом примере, скорость транспортировки может быть уменьшена для увеличения сухости грохотимого материала за счет увеличения времени пребывания материала на поверхности грохочения.

На фиг. 15 показана блок-схема примерной компьютерной системы 1500, в которой раскрытые варианты осуществления или их части могут быть реализованы в виде машиночитаемого кода (т.е. машиночитаемых инструкций компьютерной программы), который выполняется одним или более процессорами и побуждает один или более процессоров выполнять операции раскрытых вариантов осуществления согласно одному из вариантов осуществления.

Раскрытые системы могут включать в себя компоненты, реализованные в компьютерной системе 1500 с использованием аппаратного обеспечения, программного обеспечения, программно-аппаратного обеспечения, материальных компьютерно-читаемых (то есть машиночитаемых) носителей, на которых хранятся инструкции компьютерной программы, или их комбинаций, и могут быть реализованы в одной или более компьютерных системах или в других системах обработки.

Если используется программируемая логика, то такая логика может выполняться на коммерчески доступной платформе обработки или на устройстве специального назначения. Специалист в данной области техники может принять во внимание, что варианты осуществления раскрытого предмета изобретения могут быть реализованы на практике с различными конфигурациями компьютерных систем, включая многоядерные многопроцессорные системы, миникомпьютеры, мейнфреймы, компьютеры, связанные или сгруппированные с распределенными функциями, а также всепроникающие или миниатюрные компьютеры, которые можно встроить практически в любое устройство.

Различные раскрытые варианты осуществления описаны применительно к такой примерной компьютерной системе 1500. После прочтения этого описания специалистам в соответствующей области техники станет известно, как реализовать раскрытые варианты осуществления с использованием других компьютерных систем и/или компьютерных архитектур. Хотя операции могут быть описаны как последовательный процесс, некоторые из операций могут фактически выполняться параллельно, одновременно и/или в распределенной среде, а программный код хранится локально или удаленно для доступа с помощью одно- или многопроцессорных машин. Кроме того, в некоторых вариантах осуществления порядок операций может быть изменен без отклонения от сущности раскрытого предмета изобретения.

Как будет понятно специалистам в соответствующей области техники, вычислительное устройство для реализации раскрытых вариантов осуществления имеет по меньшей мере один процессор, такой как процессор 1502, причем процессор может быть одним процессором, группой процессоров, процессором в многоядерной/многопроцессорной системе, такая система работает отдельно или в кластере вычислительных устройств, работающих в кластере или ферме серверов. Процессор 1502 может быть подключен к инфраструктуре 1504 связи, например к шине, очереди сообщений, к сети или многоядерной схеме передачи сообщений.

Компьютерная система 1500 может также включать в себя основную память 1506, например, оперативную память (RAM, random access memory), а также может включать в себя вторичную память 1508. Вторичная память 1508 может включать в себя, например, накопитель 1510 с жестким диском, съемный накопитель 1512. Съемный накопитель 1512 может включать в себя накопитель с гибким диском, накопитель с магнитной лентой, накопитель с оптическим диском, флэш-память и т.п. Съемный накопитель 1512 может быть выполнен с возможностью чтения и/или записи данных на съемное запоминающее устройство 1514 известным способом. Съемное запоминающее устройство 1514 может включать в себя гибкий диск, магнитную ленту, оптический диск и т.д., запись на которые и считывание с которых выполняется в съемном накопителе 1512. Как будет понятно специалистам в соответствующей области техники, съемное запоминающее устройство 1514 может включать в себя машиночитаемый носитель, содержащий компьютерное программное обеспечение (то есть инструкции компьютерной программы) и/или сохраненные на нем данные.

В альтернативных реализациях вторичная память 1508 может включать в себя другие аналогичные устройства, обеспечивающие загрузку компьютерных программ или других инструкций в компьютерную систему 1500. Такие устройства могут включать в себя, например, съемное запоминающее устройство 1516 и интерфейс 1518. Примеры таких устройств могут включать в себя программный картридж и интерфейс картриджа (например, тот, который находится в устройствах видеоигр), съемная микросхема памяти (такая как EPROM или PROM) и соответствующий разъем, а также другие съемные запоминающие устройства 1516 и интерфейсы 1518, которые обеспечивают передачу программного обеспечения и данных из съемного запоминающего устройства 1516 в компьютерную систему 1500.

Компьютерная система 1500 может также включать в себя интерфейс 1520 связи. Интерфейс 1520 связи обеспечивает передачу программного обеспечения и данных между компьютерной системой 1500 и внешними устройствами. Интерфейсы 1520 связи могут включать в себя модем, сетевой интерфейс (например, карту Ethernet), порт связи, слот и карту PCMCIA или что-либо подобное. Программное обеспечение и данные, передаваемые через интерфейс 1520 связи, могут быть в виде сигналов 1522, которые могут быть электронными, электромагнитными, оптическими или другими сигналами, которые

могут быть приняты интерфейсом 1520 связи. Эти сигналы могут подаваться на интерфейс 1520 связи через канал 1524 связи.

В этом документе термины "носитель для хранения компьютерных программ" и "используемый компьютером носитель данных" обычно используются для обозначения носителей данных, таких как съемное запоминающее устройство 1514, съемное запоминающее устройство 1516 и жесткий диск, установленный на накопителе 1510 с жестким диском. "Носитель для хранения компьютерных программ" и "используемый компьютером носитель данных" также могут относиться к памяти, такой как основная память 1506 и вторичная память 1508, которые могут быть полупроводниковой памятью (например, DRAMS и т.д.). Компьютерная система 1500 может дополнительно включать в себя дисплейный блок 1526, который взаимодействует с инфраструктурой 1504 связи через дисплейный интерфейс 1528. Компьютерная система 1500 может дополнительно включать в себя пользовательское устройство 1530 ввода, которое взаимодействует с инфраструктурой 1504 связи через интерфейс 1532 ввода. Пользовательское устройство 1530 ввода может включать в себя мышшь, шаровой манипулятор (трекбол), сенсорный экран и т.п.

Компьютерные программы (также называемые "компьютерной управляющей логикой" или "компьютерными программными инструкциями") хранятся в основной памяти 1506 и/или во вторичной памяти 1508. Компьютерные программы также могут приниматься через интерфейс 1520 связи. Такие компьютерные программы, при их выполнении, обеспечивают реализацию компьютерной системой 1500 вариантов осуществления, раскрытых в настоящем документе. В частности, компьютерные программы, при их выполнении, обеспечивают реализацию процессором 1502 процессов из раскрытых вариантов осуществления, такие как различные этапы раскрытых способов, как подробнее описано выше. Соответственно, такие компьютерные программы представляют контроллеры компьютерной системы 1500. Когда вариант осуществления реализуется с использованием программного обеспечения, программное обеспечение может храниться в компьютерном программном продукте и загружаться в компьютерную систему 1500 с использованием съемного накопителя 1512, интерфейса 1518 и накопителя 1510 с жестким диском, или интерфейсом 1520 связи. Компьютерный программный продукт может включать в себя любое подходящее энергонезависимое машиночитаемое (то есть компьютерно-читаемое) запоминающее устройство, на котором хранят компьютерные программные инструкции.

Варианты осуществления могут быть реализованы с использованием реализаций программного обеспечения, аппаратного обеспечения и/или операционных систем, отличных от раскрытых в настоящем документе. Могут использоваться любые реализации программного обеспечения, аппаратного обеспечения и операционных систем, подходящие для выполнения функций, описанных в настоящем документе. Варианты осуществления применимы как к клиенту, так и к серверу или к их комбинации.

Раскрытие изобретения представляет собой примерные варианты осуществления и, таким образом, не подразумевает ограничения каким-либо образом объема вариантов осуществления настоящего изобретения и прилагаемой формулы изобретения. Выше варианты осуществления были раскрыты с помощью функциональных блоков построения, иллюстрирующих реализацию заданных функций и их взаимосвязи. Границы этих функциональных блоков построения были определены здесь произвольно для удобства описания. Альтернативные границы могут быть определены в той степени, в которой указанные функции и их взаимосвязи выполняются надлежащим образом.

Широта и объем вариантов осуществления изобретения не должны ограничиваться каким-либо из описанных выше примерных вариантов осуществления, а должны определяться только в соответствии с нижеследующей формулой изобретения и ее эквивалентами.

Условный язык, включающий в себя такие термины, как "может/могут", "можно" и другие, выражающие возможность, если специально не указано иное или иным образом не понимается в используемом контексте, обычно предназначен для обозначения того, что данные реализации могут включать в себя, тогда как другие реализации не включают в себя данные признаки, элементы и/или операции. Таким образом, такой условный язык обычно не подразумевает обозначения того, что признаки, элементы и/или операции обязательно требуются для одной или более реализаций, или что одна или более реализаций обязательно включают в себя логику для принятия решения, с вводом или подсказкой пользователя или без них, включены ли эти признаки, элементы и/или операции или должны ли они выполняться в какой-либо конкретной реализации.

Описание и прилагаемые чертежи раскрывают примеры систем и системы, которые могут обеспечивать настраиваемые, по существу, эксцентрические механические возмущения и/или, по существу, линейные круговые механические возмущения. Конечно, невозможно описать каждую мыслимую комбинацию элементов и/или способов для целей раскрытия различных аспектов изобретения, но можно признать, что возможны многие дополнительные комбинации и перестановки раскрытых элементов. Соответственно, в изобретение могут быть внесены различные модификации, не выходящие за рамки его объема или сущности. Дополнительно или альтернативно, из рассмотрения описания и прилагаемых чертежей, раскрытых в настоящем документе, могут быть очевидны другие варианты осуществления изобретения и его практическая реализация. Предполагается, что примеры, представленные в описании и прилагаемых чертежах, должны рассматриваться во всех отношениях как иллюстративные, а не ограничительные. Хотя здесь используются конкретные термины, они используются только в общем и описательном смысле, а не в целях ограничения.



## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Эксцентриковое вибрационное устройство, содержащее узел первого двигателя, выполненный с возможностью приведения во вращение первого вала, имеющего первый конец и второй конец;
  - узел второго двигателя, выполненный с возможностью приведения во вращение второго вала, имеющего третий конец и четвертый конец, причем первый и второй валы имеют общую ось, а первый конец и третий конец находятся рядом друг с другом;
  - первую массу, эксцентрически установленную на первом валу на первом конце или вблизи него и выполненную с возможностью вращения вокруг первого вала;
  - вторую массу, эксцентрически установленную на втором валу на третьем конце или вблизи него и выполненную с возможностью вращения вокруг второго вала;
  - третью массу, эксцентрически установленную на первом валу на втором конце или вблизи него и выполненную с возможностью вращения вокруг первого вала;
  - четвертую массу, эксцентрически установленную на втором валу на четвертом конце или вблизи него и выполненную с возможностью вращения вокруг второго вала;
  - причем третья и четвертая массы пространственно отделены соответственно от первой и второй масс и выполнены с возможностью действия частично уравновешивающими массами первой и второй масс соответственно;
  - узел первого двигателя и узел второго двигателя выполнены с возможностью работы с одинаковыми или различными частотами вращения, направлениями и относительными угловыми положениями первой и второй масс, чтобы тем самым обеспечить линейное, эллиптическое или круговое колебательное движение устройства.
2. Устройство по п.1, в котором узел первого двигателя содержит первый ротор, установленный на первом валу между первой массой и третьей массой; а узел второго двигателя содержит второй ротор, установленный на втором валу между второй массой и четвертой массой.
3. Устройство по п.2, дополнительно содержащее первый статор, электромеханически связанный с первым ротором; и второй статор, электромеханически связанный со вторым ротором.
4. Устройство по п.1, дополнительно содержащее систему управления, выполненную с возможностью управления узлом первого двигателя и узлом второго двигателя и тем самым с возможностью управления частотами вращения, направлениями и относительными угловыми положениями первого и второго валов.
5. Устройство по п.4, в котором система управления дополнительно выполнена с возможностью управления узлом первого двигателя и узлом второго двигателя для управления углом линейного движения посредством управления относительными угловыми положениями первой и второй масс.
6. Устройство по п.4, в котором система управления дополнительно выполнена с возможностью управления узлом первого двигателя и узлом второго двигателя для изменения угла линейного движения с первого угла на второй угол во время работы устройства.
7. Устройство по п.4, в котором система управления дополнительно выполнена с возможностью управления узлом первого двигателя и узлом второго двигателя для перехода от линейного движения к эллиптическому или круговому движению во время работы устройства.
8. Устройство по п.4, в котором система управления дополнительно выполнена с возможностью управления узлом первого двигателя и узлом второго двигателя для приведения во вращение первого и второго валов в противоположных направлениях с одинаковой частотой для создания линейных колебаний.
9. Устройство по п.4, в котором система управления дополнительно выполнена с возможностью управления узлом первого двигателя и узлом второго двигателя для приведения во вращение первого и второго валов в одном направлении с одинаковой частотой для создания круговых колебаний.
10. Устройство по п.1, в котором первая и третья массы, по существу, параллельны и установлены под первым углом относительно друг друга, и вторая и четвертая массы, по существу, параллельны и установлены под вторым углом относительно друг друга.
11. Устройство по п.10, в котором первый и второй углы составляют приблизительно  $180^\circ$ , каждый.
12. Устройство по п.1, дополнительно содержащее измерительное устройство, выполненное с возможностью измерения углового положения и/или скорости первой и второй масс.
13. Устройство по п.10, в котором система управления дополнительно выполнена с возможностью управления узлом первого двигателя и узлом второго двигателя на основании измерений, выполненных измерительным устройством.

14. Устройство по п.1, в котором система управления выполнена с возможностью управления колебательным движением так, чтобы оно было линейным движением, ориентированным под углом в диапазоне от приблизительно 0 рад до приблизительно  $\pi$  рад относительно фиксированного направления.

15. Способ управления эксцентриковым вибратором, содержащим узел первого двигателя, выполненный с возможностью приведения во вращение первого вала, имеющего первый конец и второй конец; узел второго двигателя, выполненный с возможностью приведения во вращение второго вала, имеющего третий конец и четвертый конец, причем первый и второй валы имеют общую ось, а первый конец и третий конец находятся рядом друг с другом; первую массу, эксцентрически установленную на первом валу и выполненную с возможностью вращения вокруг первого вала; вторую массу, эксцентрически установленную на втором валу и выполненную с возможностью вращения вокруг второго вала; третью массу, эксцентрически установленную на первом валу под первым углом относительно первой массы и выполненную с возможностью вращения вокруг первого вала; и четвертую массу, эксцентрически установленную на втором валу под вторым углом относительно второй массы и выполненную с возможностью вращения вокруг второго вала; причем третья и четвертая массы пространственно отделены соответственно от первой и второй масс и выполнены с возможностью действия частично уравновешивающими массами первой и второй масс соответственно; причем способ включает в себя

работу узла первого двигателя для сообщения первого вращательного движения первому валу; работу узла второго двигателя для сообщения второго вращательного движения второму валу; причем узлы первого и второго двигателей работают отдельно для обеспечения линейного, эллиптического или кругового колебательного движения устройства.

16. Способ по п.15, в котором работа узлов первого и второго двигателей включает в себя электромеханическое зацепление первого ротора, расположенного на первом валу между первой массой и третьей массой для сообщения вращения первому валу; и электромеханическое зацепление второго ротора, расположенного на втором валу между второй массой и четвертой массой для сообщения вращения второму валу.

17. Способ по п.15, дополнительно включающий в себя работу узлов первого и второго двигателей для управления углом линейного движения посредством управления относительными угловыми положениями первой и второй масс.

18. Способ по п.17, дополнительно включающий в себя работу узлов первого и второго двигателей для изменения угла линейного движения с первого угла на второй угол во время работы эксцентрикового вибратора.

19. Способ по п.15, дополнительно включающий в себя работу узлов первого и второго двигателей для перехода от линейного движения к эллиптическому или круговому движению во время работы эксцентрикового вибратора.

20. Способ по п.15, дополнительно включающий в себя работу узлов первого и второго двигателей для приведения во вращение первого и второго валов в противоположных направлениях с одинаковой частотой для создания линейных колебаний.

21. Способ по п.15, дополнительно включающий в себя работу узлов первого и второго двигателей для приведения во вращение первого и второго валов в одном направлении с одинаковой частотой для создания круговых колебаний.

22. Способ по п.15, дополнительно включающий в себя отслеживание измерительного устройства для измерения углового положения и/или скорости первой и второй масс; и

работу узлов первого и второго двигателей для управления одним или более из частот вращения, направлений и относительных угловых положений первой и второй масс, на основании измерений, выполненных измерительным устройством.

23. Способ по п.15, дополнительно включающий в себя работу узлов первого и второго двигателей для управления колебательным движением так, чтобы оно было линейным движением вдоль линии, ориентированной под углом в диапазоне от приблизительно 0 рад до приблизительно  $\pi$  рад относительно фиксированного направления.

24. Реализуемый процессором способ управления эксцентриковым вибрационным устройством, содержащим узел первого двигателя, выполненный с возможностью приведения во вращение первого вала, имеющего первый конец и второй конец; узел второго двигателя, выполненный с возможностью приведения во вращение второго вала, имеющего третий конец и четвертый конец, причем первый вал имеет первый конец и второй конец, а второй вал имеет третий конец и четвертый конец, причем первый и второй валы имеют общую ось, а первый конец и третий конец находятся рядом друг с другом; первую массу, эксцентрически установленную на первом валу и выполненную с возможностью вращения вокруг первого вала; вторую массу, эксцентрически установленную на втором валу и выполненную с возможностью вращения вокруг второго вала; третью массу, эксцентрически установленную на первом валу под первым углом относительно первой массы и выполненную с возможностью вращения вокруг первого вала; и четвертую массу, эксцентрически установленную на втором валу под вторым углом относительно

второй массы и выполненную с возможностью вращения вокруг второго вала; причем третья и четвертая массы пространственно отделены соответственно от первой и второй масс и выполнены с возможностью действия частично уравнивающими массами первой и второй массам соответственно; причем способ включает в себя

управление посредством процессорной схемы узлом первого двигателя для сообщения первого вращательного движения первому валу;

управление посредством процессорной схемы узлом второго двигателя для сообщения второго вращательного движения второму валу;

причем управление узлами первого и второго двигателей включает в себя отдельное управление частотами вращения, направлениями и относительными угловыми положениями первого и второго валов, чтобы тем самым обеспечить линейное, эллиптическое или круговое колебательное движение устройства.

25. Способ по п.24, дополнительно включающий в себя управление посредством процессорной схемы

электромеханическим зацеплением первого ротора, расположенного на первом валу между первой массой и третьей массой для сообщения первого вращательного движения первому валу; и

электромеханическим зацеплением второго ротора, расположенного на втором валу между второй массой и четвертой массой для сообщения второго вращательного движения второму валу.

26. Способ по п.24, дополнительно включающий в себя управление посредством процессорной схемы первым и вторым вращательным движением узлов первого и второго двигателей для управления углом линейного движения путем управления относительными угловыми положениями первой и второй масс.

27. Способ по п.26, дополнительно включающий в себя управление посредством процессорной схемы первым и вторым вращательным движением узлов первого и второго двигателей для изменения угла линейного движения с первого угла на второй угол во время работы устройства.

28. Способ по п.24, дополнительно включающий в себя управление посредством процессорной схемы первым и вторым вращательным движением узлов первого и второго двигателей для перехода от линейного движения к эллиптическому или круговому движению во время работы устройства.

29. Способ по п.24, дополнительно включающий в себя управление посредством процессорной схемы первым и вторым вращательным движением узлов первого и второго двигателей для обеспечения вращения в противоположных направлениях с общей частотой для создания линейных колебаний.

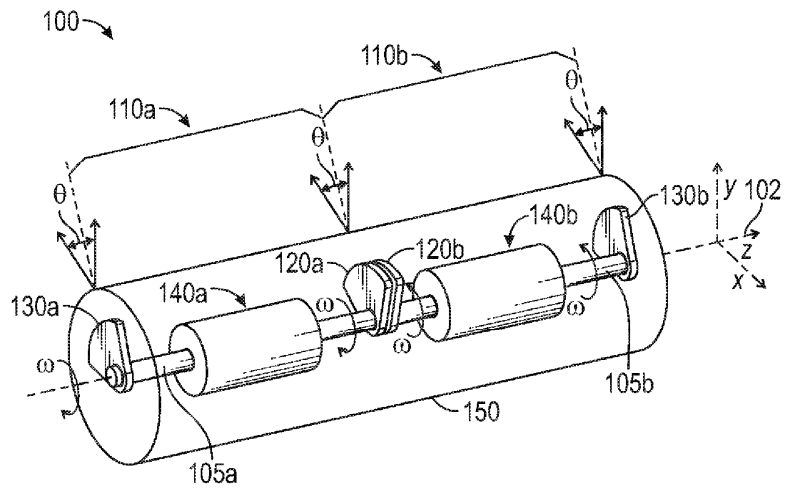
30. Способ по п.24, дополнительно включающий в себя управление посредством процессорной схемы первым и вторым вращательным движением узлов первого и второго двигателей для обеспечения вращения в одном направлении с одинаковой частотой для создания круговых колебаний.

31. Способ по п.24, дополнительно включающий в себя

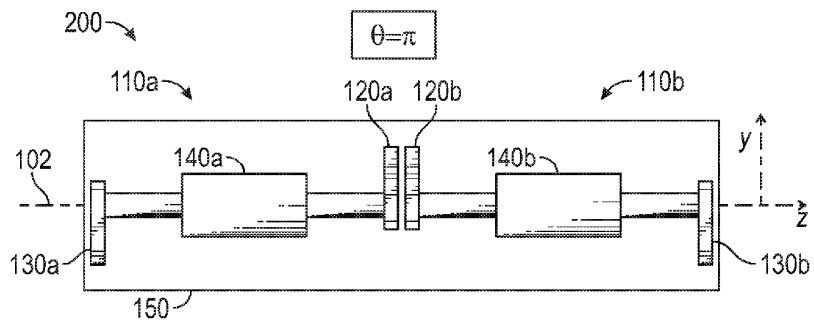
отслеживание посредством процессорной схемы измерительного устройства для измерения углового положения и/или скорости первой и второй масс и

на основании измерений, выполненных измерительным устройством, управление посредством процессорной схемы одним или более из частот вращения, направлений и относительных угловых положений первой и второй масс.

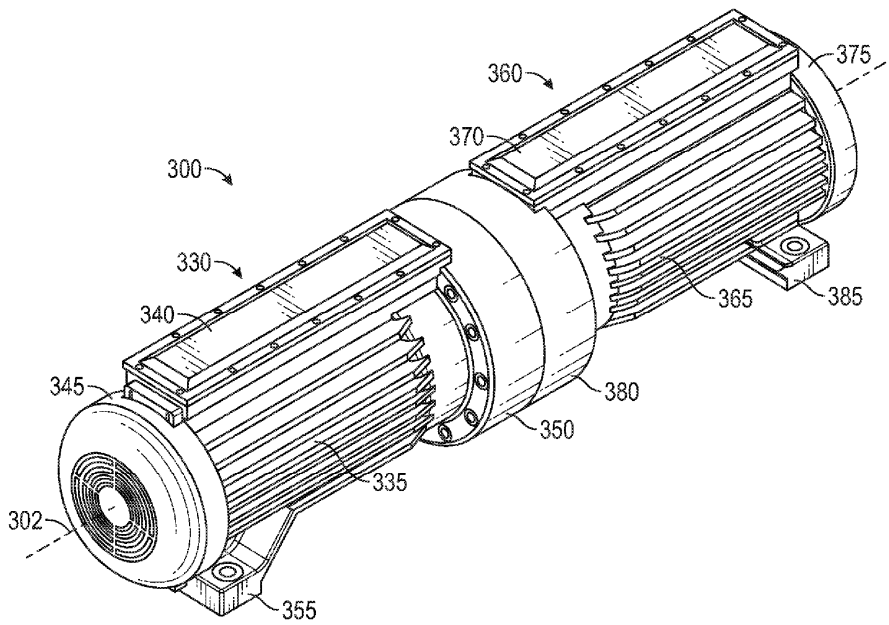
32. Способ по п.24, дополнительно включающий в себя управление посредством процессорной схемы первым и вторым вращательным движением узлов первого и второго двигателей для управления колебательным движением так, чтобы оно было линейным движением вдоль линии, ориентированной под углом в диапазоне от приблизительно 0 рад до приблизительно  $\pi$  рад относительно фиксированного направления.



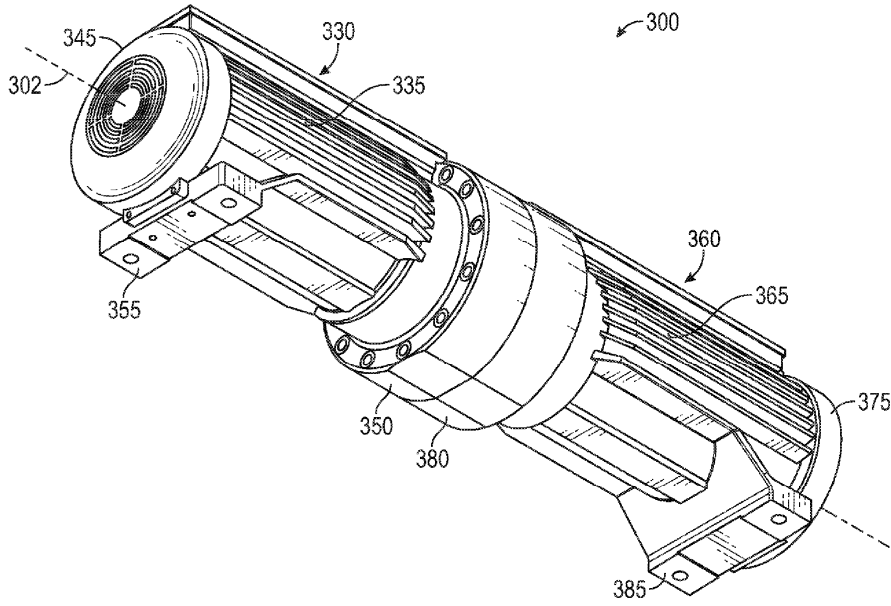
Фиг. 1



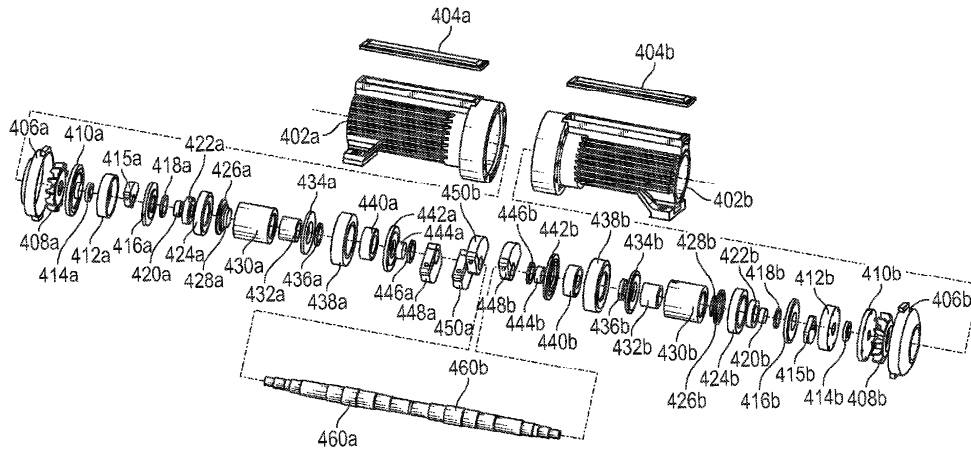
Фиг. 2



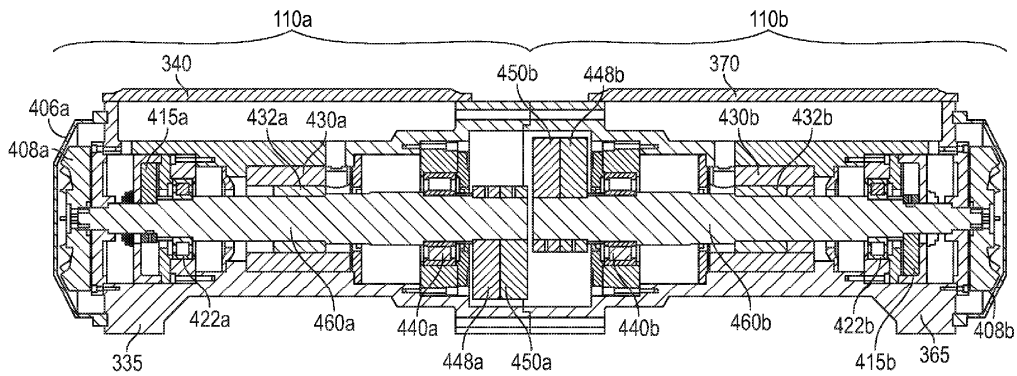
Фиг. 3А



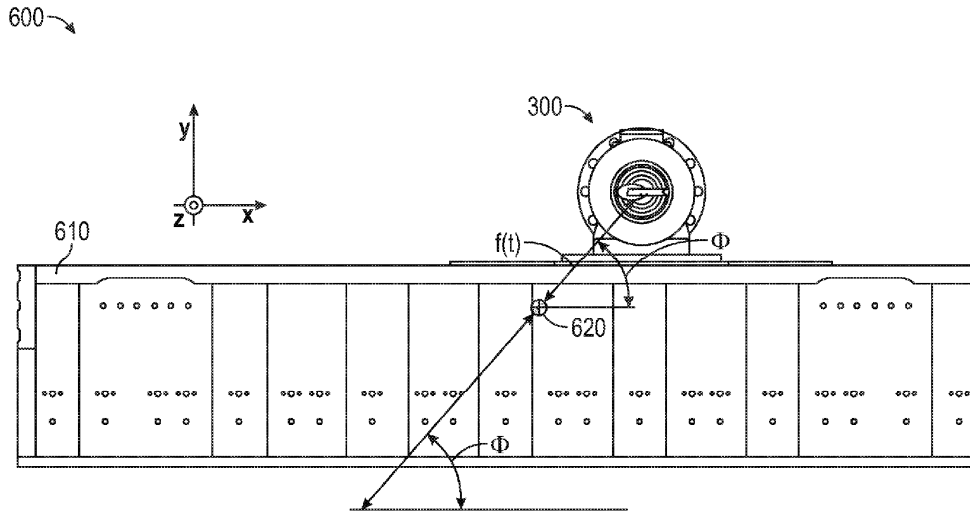
Фиг. 3В



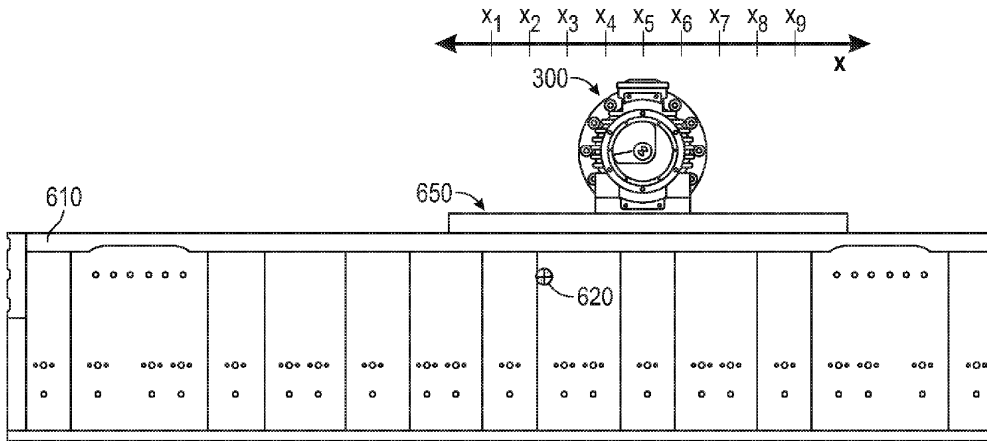
Фиг. 4



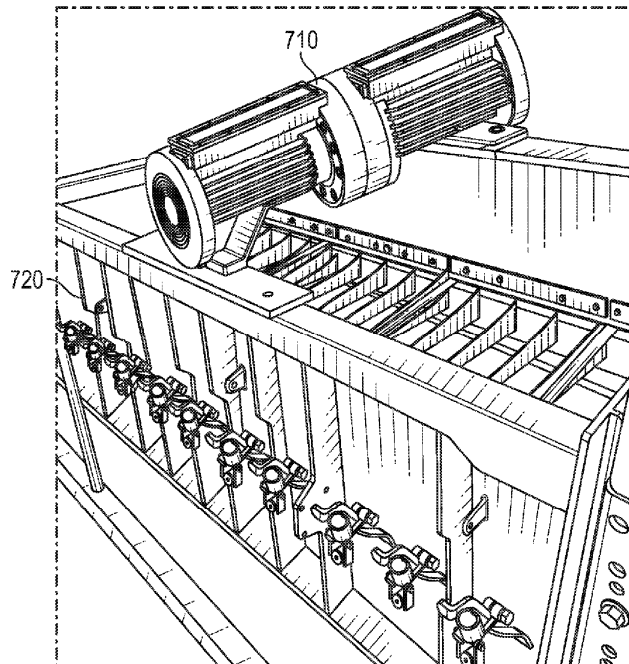
Фиг. 5



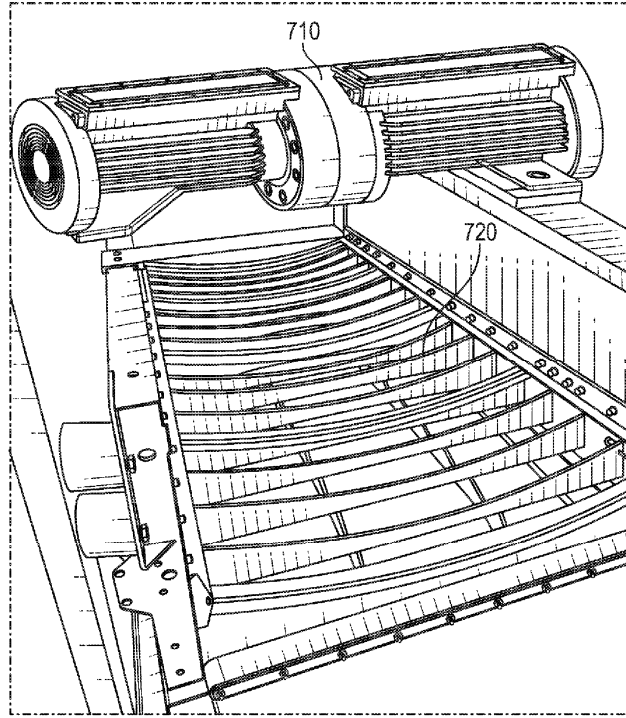
Фиг. 6А



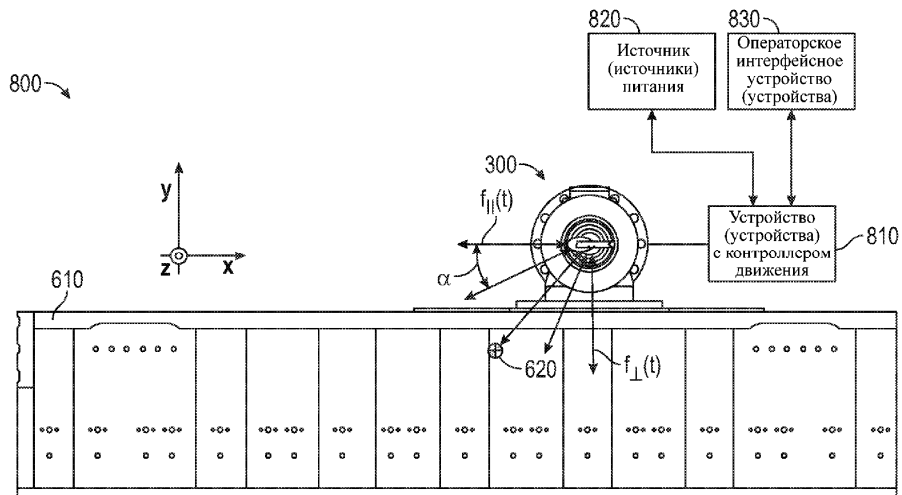
Фиг. 6В



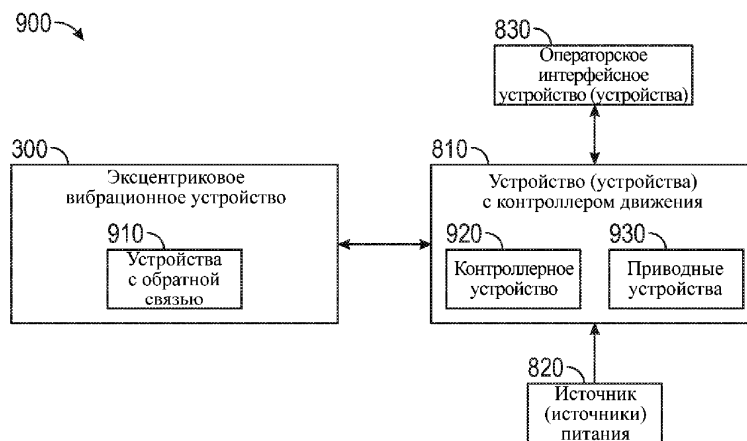
Фиг. 7А



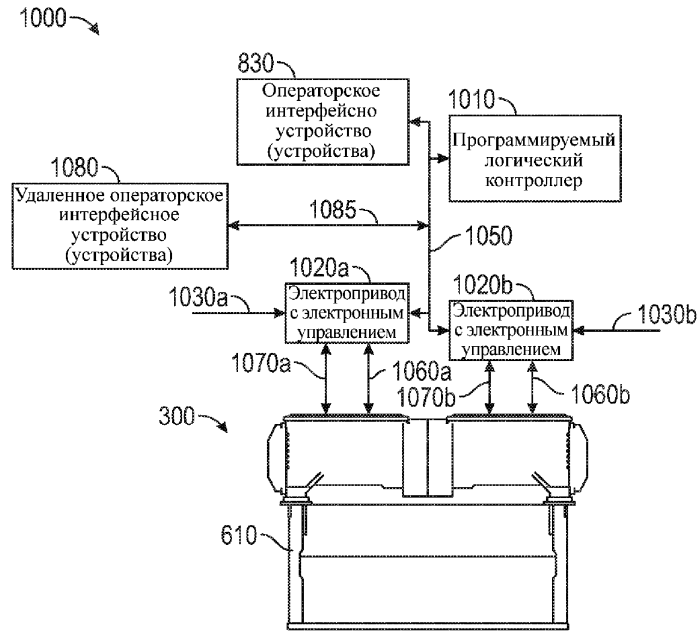
Фиг. 7В



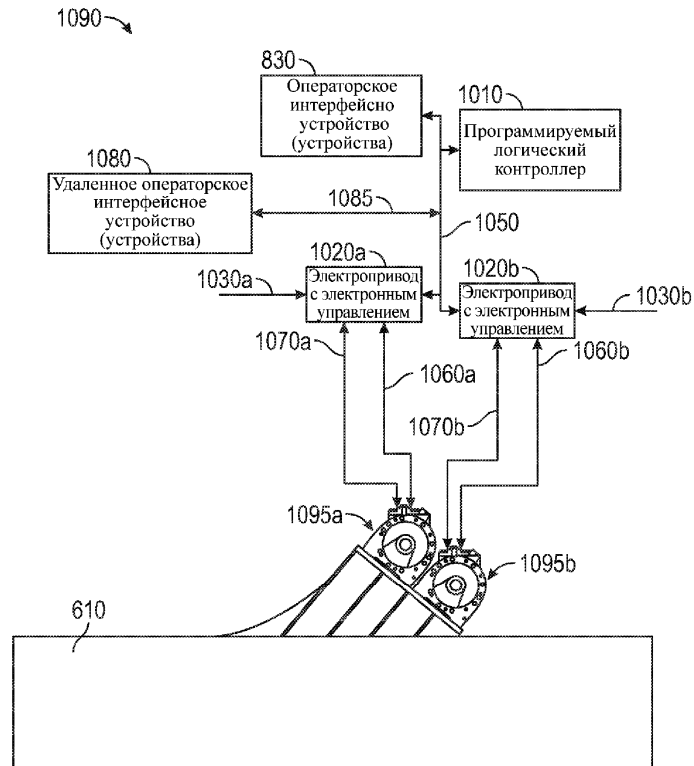
Фиг. 8



Фиг. 9

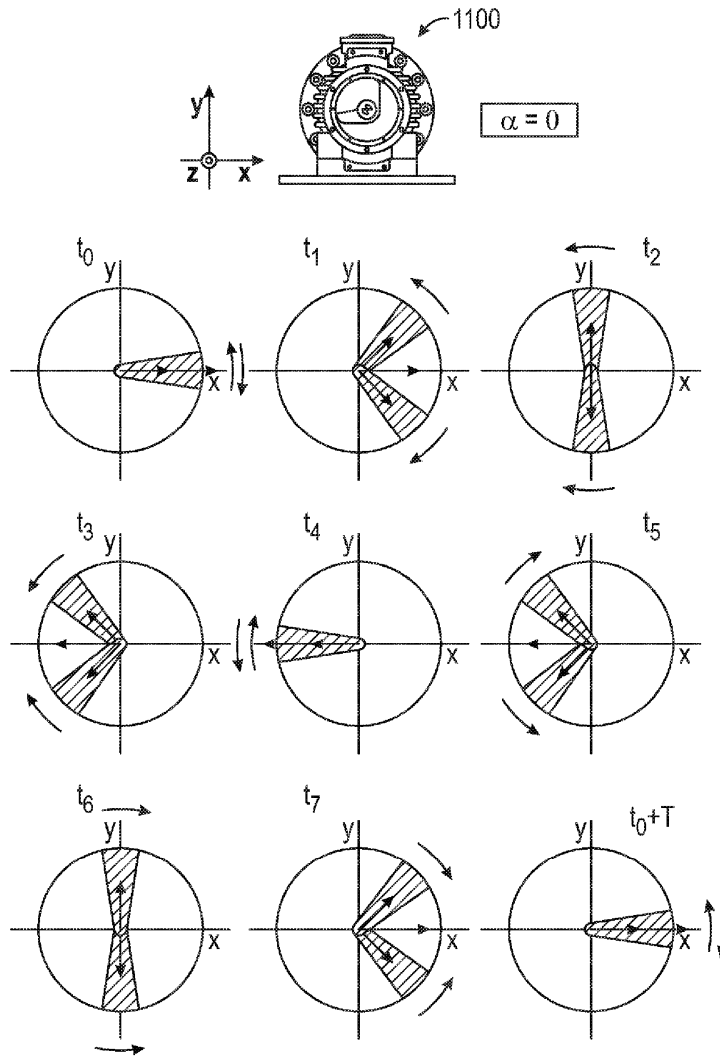


Фиг. 10А



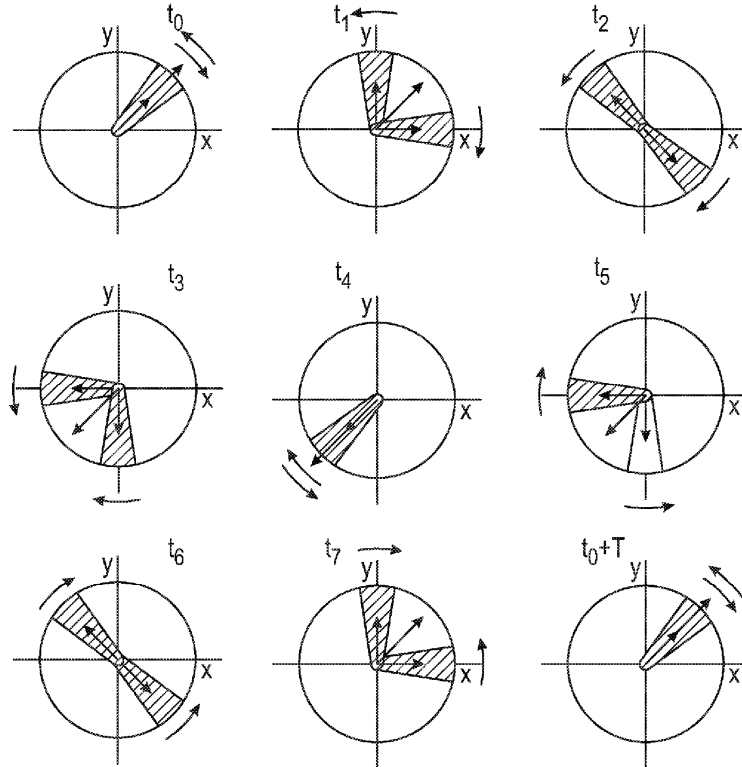
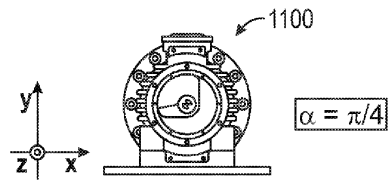
Фиг. 10В



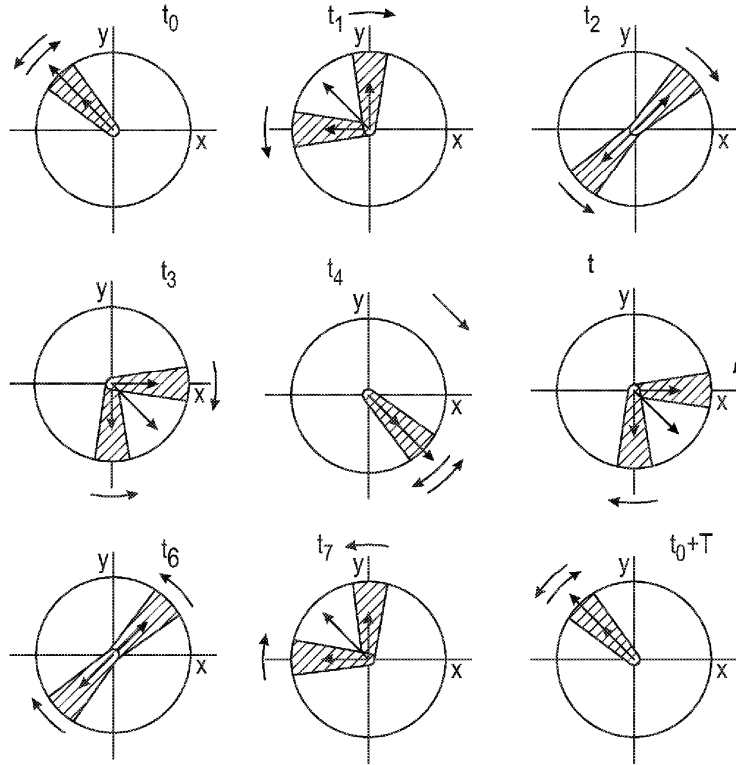
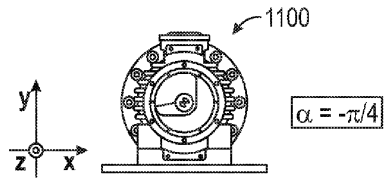


Фиг. 11

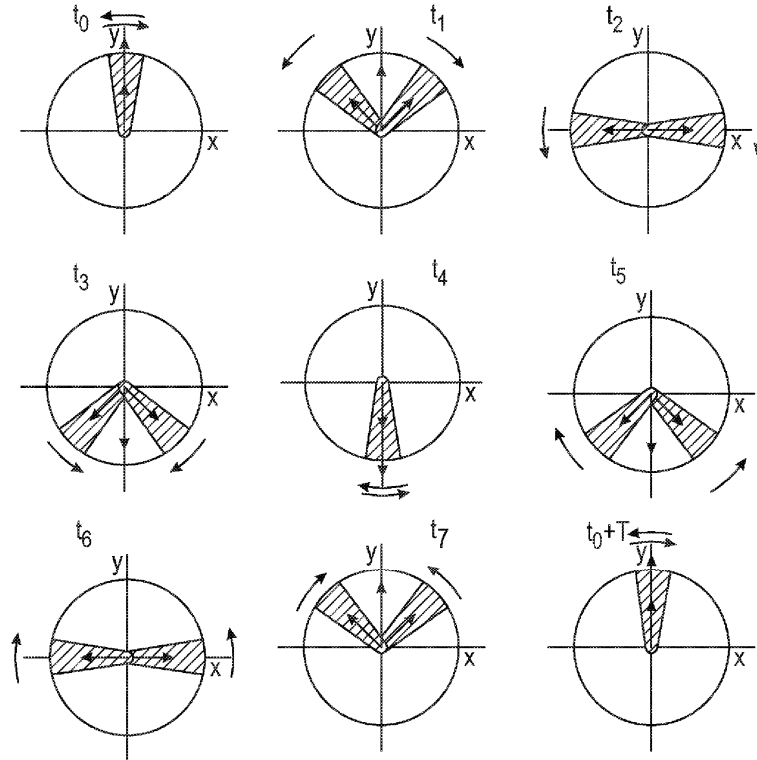
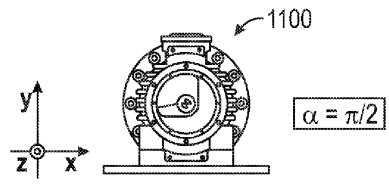
045071



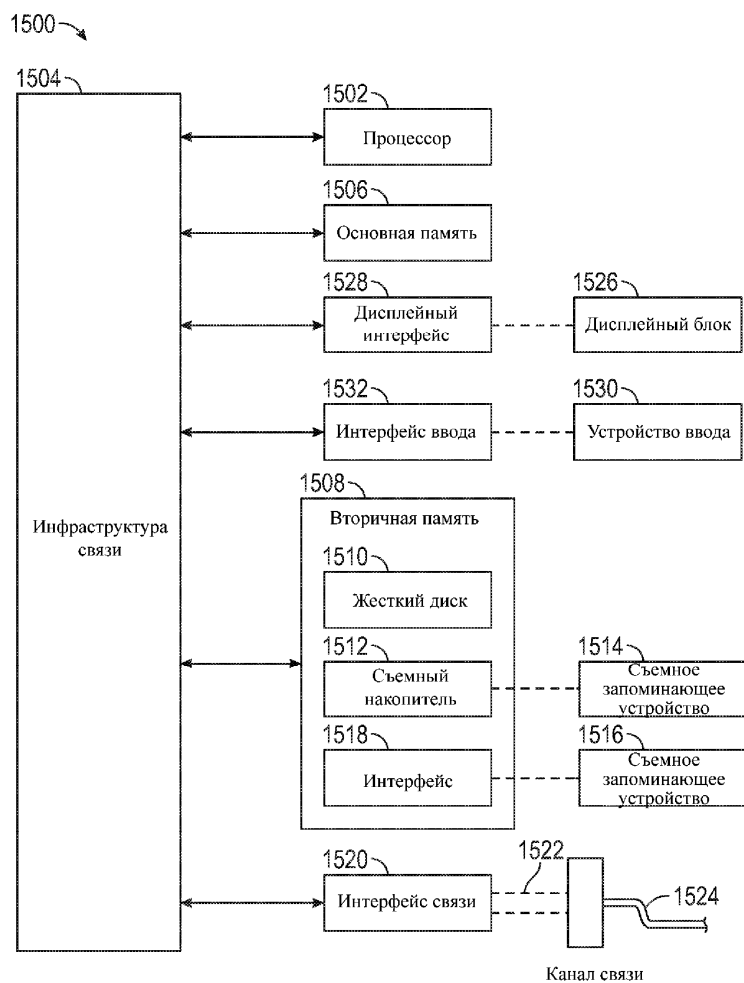
Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14



Фиг. 15

