



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015149486, 18.11.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
18.11.2015

Дата регистрации:  
28.02.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.11.2015

(45) Опубликовано: 28.02.2017 Бюл. № 7

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для  
Базиненкова А.М., каф. МТ-11

(72) Автор(ы):

Михайлов Валерий Павлович (RU),  
Базиненков Алексей Михайлович (RU),  
Степанов Геннадий Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Московский государственный технический  
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ  
им. Н.Э. Баумана) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2404381 C1, 20.11.2010. US 2004/  
0226788 A1, 18.11.2004. US 2010/0307877 A1,  
09.12.2010. RU 2106551 C1, 10.03.1998.

(54) **Активная виброизолирующая платформа на основе магнитореологических эластомеров**

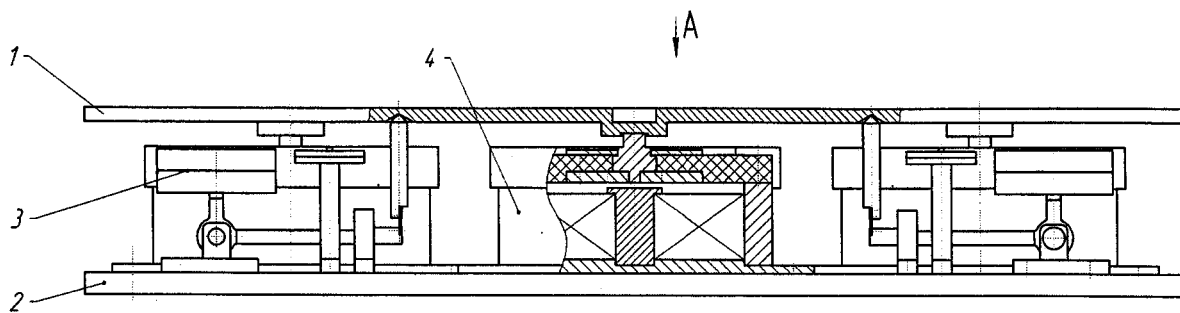
(57) Реферат:

Изобретение относится к области машиностроения. Активная виброизолирующая платформа содержит не менее трех активных демпферов, содержащих соленоид, сердечник, мембрану, выполненную из магнитореологического эластомера. Сердечник размещен внутри соленоида и сопряжен с основанием. Мембрана закреплена по периметру на корпусе. Подвижный жесткий центр расположен в центральной части мембраны и установлен с зазором относительно сердечника. Не менее трех узлов активной подвески расположены параллельно активным демпферам между подвижной и неподвижной плитами. Узлы

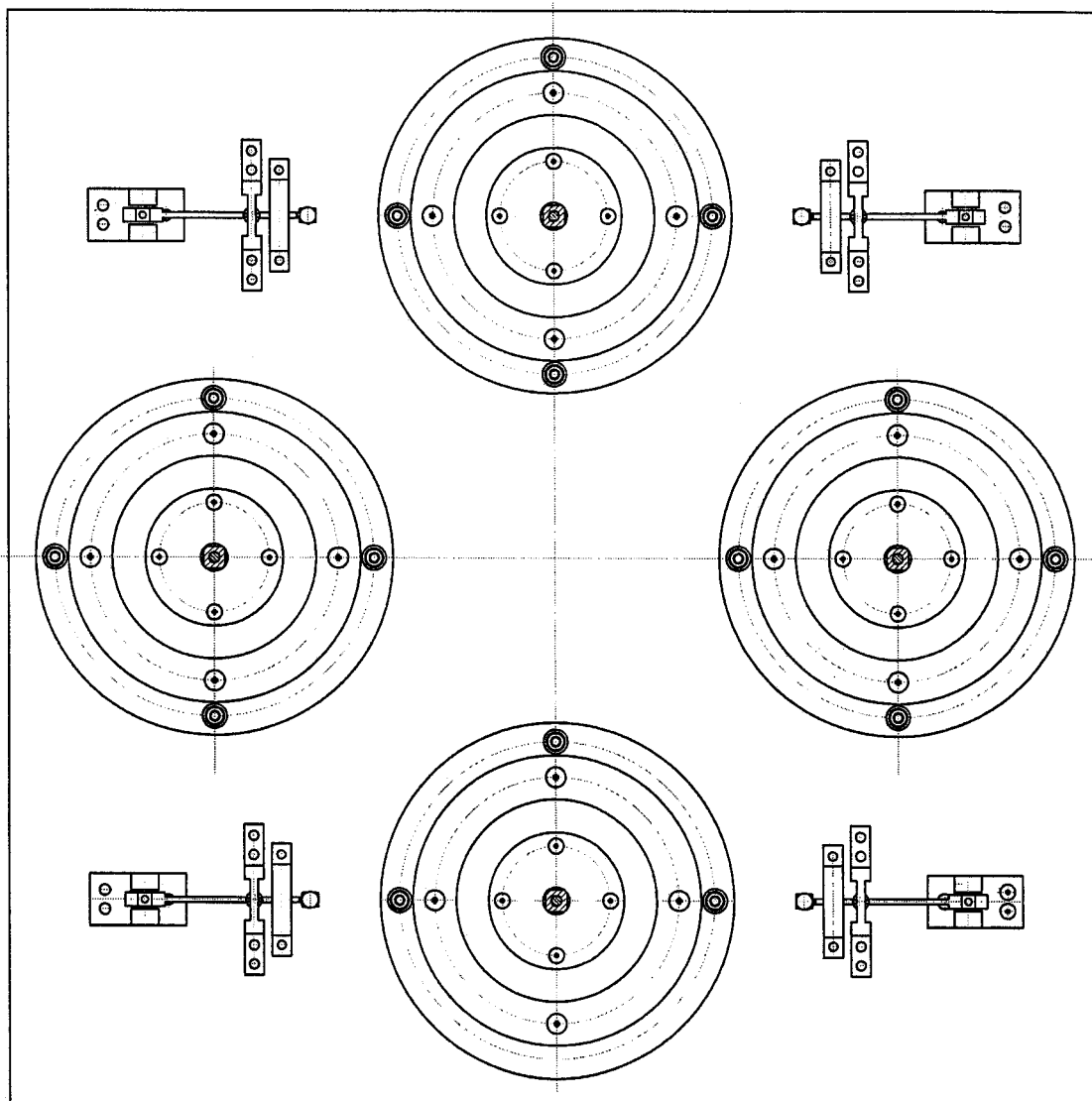
активной подвески содержат массовые корректоры, шарниры «вал-втулка» или упругие шарниры в виде плоской пружины, маятники, несущие цилиндрические пружины с возможностью регулировки их предварительного натяжения, плоские пружины и конические опоры для вывешивания объекта. Достигается регулировка и стабилизация положения и ускорения объекта, увеличение нагрузочной способности с обеспечением возможности в автоматическом режиме позиционирования объекта с повышенной точностью перемещений с минимальным временем переходных процессов, увеличение числа степеней подвижности. 4 ил.

RU 2 611 691 C1

RU 2 611 691 C1



*A (Верхняя плита и массовый корректор не показаны)*



Фиг.1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2015149486, 18.11.2015**(24) Effective date for property rights:  
**18.11.2015**Registration date:  
**28.02.2017**

Priority:

(22) Date of filing: **18.11.2015**(45) Date of publication: **28.02.2017** Bull. № 7

Mail address:

**105005, Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,  
MGТУ im. N.E. Bauman, TSZIS, dlya Bazinenkova  
A.M., kaf. MT-11**

(72) Inventor(s):

**Mikhajlov Valerij Pavlovich (RU),  
Bazinenkov Aleksej Mikhajlovich (RU),  
Stepanov Gennadij Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
professionalnogo obrazovaniya "Moskovskij  
gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni  
N.E. Bauman" (MGТУ im. N.E. Bauman)  
(RU)**

(54) **ACTIVE ANTIVIBRATION PLATFORM BASED ON MAGNETORHEOLOGICAL ELASTOMERS**

(57) Abstract:

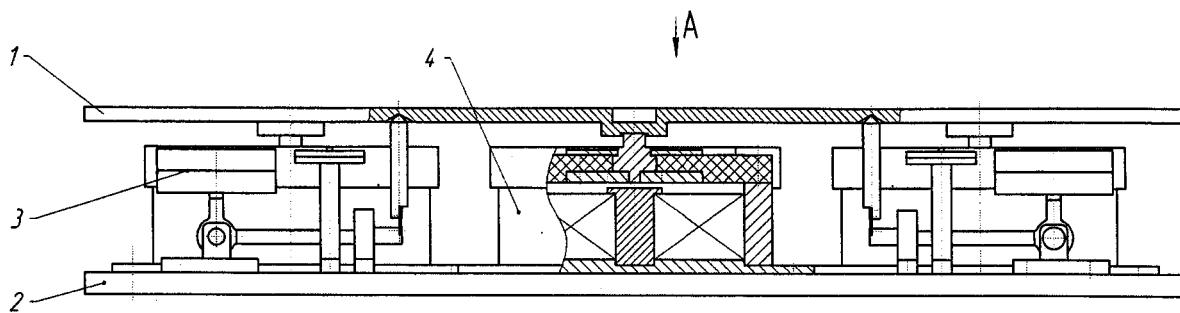
FIELD: mechanical engineering.

SUBSTANCE: active vibration isolating platform contains at least three active dampers, which comprise a solenoid, core, the membrane made of a magnetorheological elastomer. The core is placed inside the solenoid and is associated with the base. The membrane is fixed on the perimeter of the housing. The movable rigid center is located in the central part of the membrane and is mounted with clearance relative to the core. At least three active suspension assemblies are disposed in parallel active dampers between fixed and movable plates. Active suspension junctions contain

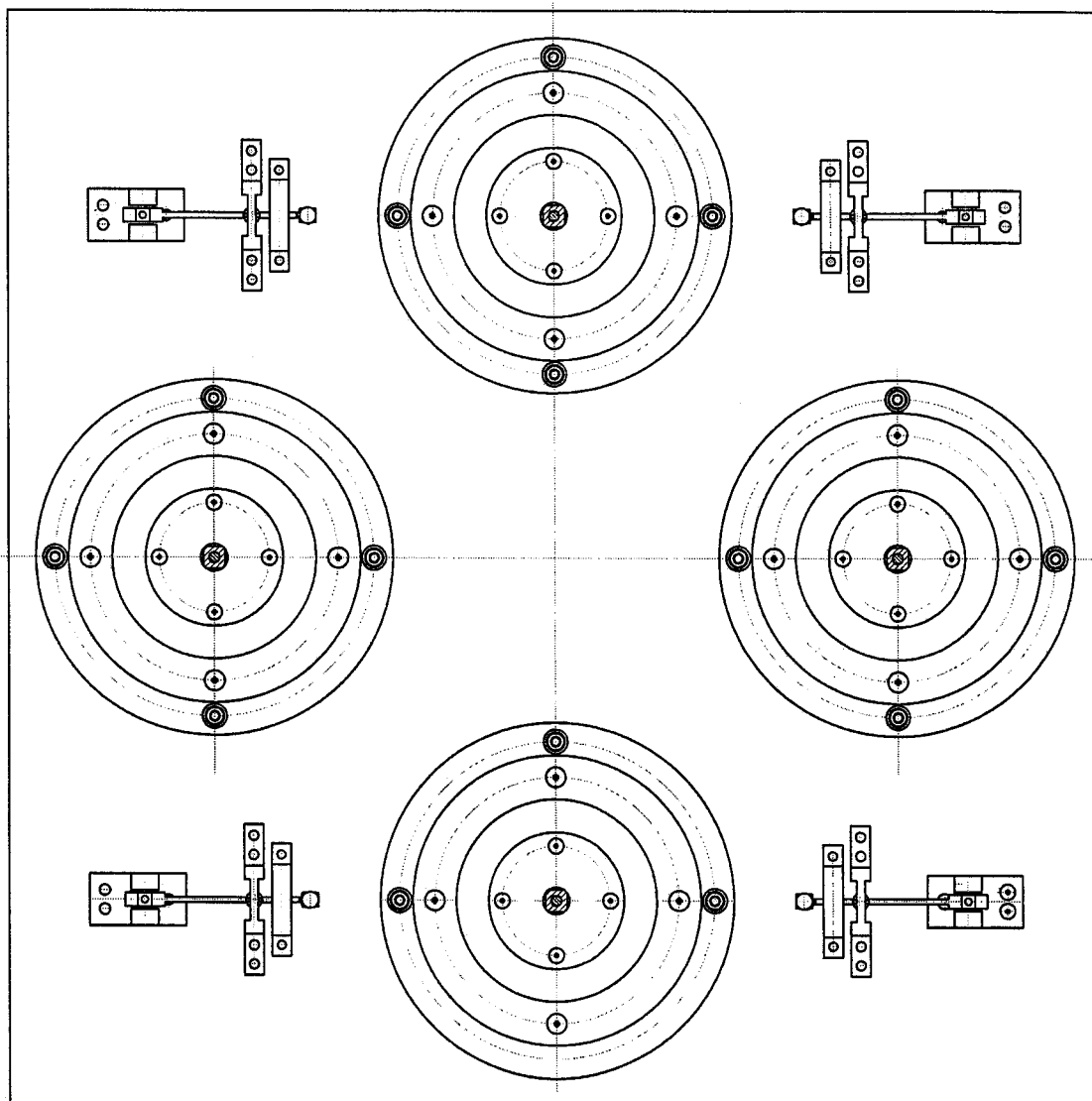
massive correctors, hinges "shaft-hub" or elastic joints in the form of a flat spring, pendulums carrying the coil springs with adjustable preliminary tension, flat springs and conical poles for hanging object.

EFFECT: adjustment and stabilization of the position and acceleration of the object, increasing the load capacity to enable automatic object positioning mode with high precision movements with the minimal time transient increase in the number of degrees of mobility.

4 dwg



*A (Верхняя плита и массовый корректор не показаны)*



Фиг.1

## Область техники

Изобретение относится к прецизионному машиностроению, а конкретно, к активной виброизолирующей системе, которая может быть использована в технологическом и исследовательском оборудовании: в сканирующих зондовых и оптических микроскопах, в установках ионной, электронной, рентгеновской и оптической литографии, в координатно-измерительных машинах, в лазерных системах, в оборудовании для механообработки и др.

## Уровень техники

Известна управляемая опора, содержащая соленоид с сердечником внутри, расположенный между основанием и опорной частью. Соленоид охватывает упругий элемент из магнитореологического (МР) материала. Упругий элемент контактирует с поверхностями основания и опорной части. Дополнительный упругий элемент из МР материала установлен с сопряжением с опорной частью и контактирует с поверхностью сердечника. При этом основание, опорная часть и сердечник соленоида изготавливаются из магнитного материала. Достигается повышение нагрузочной способности и быстродействия управляемой опоры (Патент РФ №2404380, МПК F16F 9/53 (2006.01), F16F 15/03 (2006.01), 30.09.2009). На соленоид подается электрический ток определенной величины, вследствие чего в магнитопроводе, состоящем из сердечника, опорной части, основного упругого элемента, опорной части и дополнительного упругого элемента, возникает замкнутое магнитное поле. При этом в основном упругом элементе формируется преимущественно осевое магнитное поле. Заключенные в упругую матрицу магнитные частицы упругого элемента ориентируются вдоль линий магнитного поля, смещаются в направлении наибольшей индукции, изменяя геометрические размеры упругого элемента, его модуль упругости и вязкость, в результате чего опорная часть перемещается по вертикальной оси. За счет регулирования величины электрического тока, которое обеспечивает автоматическая система, происходит эффективное гашение колебаний от внешних возмущающих воздействий.

Недостатком известного устройства является малый диапазон перемещений в активном режиме основного и дополнительного упругих элементов из МР материала. Это обусловлено тем, что магнитная сила со стороны соленоида должна преодолеть большие упругие силы, возникающие при деформации основного и дополнительного упругих элементов, которые пропорциональны их модулю упругости и большой площади поперечного сечения.

Известен магнитный демпфер (Патент РФ 2244178, МПК F16F 6/00, дата начала действия: 28.02.2003 г. Магнитный демпфер), содержащий основание, подвесы, содержащие виброгасители, а также магниты, установленные по замкнутой линии, и проводящий гаситель колебаний, установленный с возможностью взаимодействия с потоками, образованными магнитами. Данный демпфер двухкаскадный. Подвес защищаемого объекта, расположенного на подвижном основании, осуществляется на стойках за счет упругих виброгасителей с элементами растяжения, они представляют собой первую ступень его виброизоляции. Виброизоляция осуществляется также за счет магнитной связи пар магнитов, закрепленных на основании кронштейнами, и проводящих пластин, закрепленных на подвижном основании.

Недостатком указанного магнитного демпфера является его способность гасить колебания только в пассивном и полуактивном режимах. Указанное устройство не способно само служить источником движения.

Известна также пружинно-маятниковая виброзащитная система с массовым корректором, содержащая горизонтальный маятник, несущую пружину, вывешивающую

маятник и массовый корректор, выполненный в виде груза на рычаге, ось которого проходит через ось качания маятника. Достигается эффективное гашение высокочастотных колебаний (Виброзащитные системы с квазиулевой жесткостью / П.М. Алабужев, А.А. Гритчин, Л.И. Ким и др.; Под ред. К.М. Рагульскаса. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. - 96 с.). Натяжение несущей пружины регулируется таким образом, чтобы вывесить массу маятника. Эффективное гашение высокочастотных колебаний достигается за счет обеспечения малой собственной резонансной частоты, которая регулируется при помощи массового корректора за счет перемещения груза вдоль рычага.

Недостатком известного устройства является невозможность гашения колебаний на низких частотах, близких к собственной резонансной частоте.

Известна наиболее близкая к заявляемому устройству активная опора, содержащая корпус, в полости которого расположен соленоид. Внутри соленоида размещен сердечник, сопряженный с основанием. Мембрана из упругого МР материала закреплена по периметру на корпусе. Внутренняя поверхность мембраны расположена с зазором относительно сердечника. Корпус, основание и сердечник выполнены из магнитного материала. Достигается повышение нагрузочной способности и быстродействия опоры, а также возможность перемещения объекта в заданном направлении с увеличенным диапазоном значений (Патент РФ №2404381, МПК F16F 9/53 (2006.01), F16F 15/03

(2006.01), 30.09.2009). На соленоид подается электрический ток, под действием которого в магнитопроводе возникает замкнутое магнитное поле. В мембране формируется радиальное магнитное поле с индукцией, величина которой имеет максимум вблизи сердечника. Под действием этой магнитной индукции мембрана перемещается в осевом направлении в пределах зазора. За счет регулирования величины электрического тока происходит эффективное гашение колебаний от внешних возмущающих воздействий.

Недостатком известного устройства является недостаточная нагрузочная способность мембраны из упругого магнитореологического материала вследствие наличия осевого зазора, в пределах которого перемещается мембрана.

#### Раскрытие изобретения

Технический результат, обеспечиваемый настоящим изобретением, заключается в решении активной виброизолирующей платформой на основе МР эластомеров задачи активной виброизоляции и демпфирования, регулировки и стабилизации положения и ускорения объекта, увеличения нагрузочной способности с обеспечением возможности в автоматическом режиме позиционирования объекта с повышенной точностью перемещений с минимальным временем переходных процессов, увеличения числа степеней подвижности (к осевому перемещению добавляются два угловых движения, что особенно важно для многокоординатной виброизоляции).

Достижение технического результата обеспечивается за счет того, что активная виброизолирующая платформа включает активные демпферы, содержащие соленоид, сердечник, размещенный внутри соленоида и сопряженный с основанием, мембрану из МР эластомера, закрепленную по периметру на корпусе, и расположенный в центральной части мембраны подвижный жесткий центр, установленный с зазором относительно сердечника. При этом между подвижной и неподвижной плитами платформы параллельно установлены от трех и более активных демпферов, равномерно расположенных по периметру платформы, для повышения ее грузоподъемности и обеспечения устойчивости объекта. Причем параллельно активным демпферам между подвижной и неподвижной плитами могут быть расположены три и более узла упругой подвески, содержащие массовые корректоры, шарниры «вал-втулка», маятники, несущие

цилиндрические пружины с возможностью регулировки их предварительного натяжения, плоские пружины и конические опоры для вывешивания объекта.

Причем вместо шарнира «вал-втулка» в узле упругой подвески может быть установлен упругий шарнир в виде плоской пружины.

5      Активная виброизолирующая платформа содержит как минимум три активных демпфера и три узла упругой подвески, по одной на каждый демпфер, с массовым корректором, равномерно расположенных по периметру платформы. Активный демпфер содержит электромагнитную систему и мембрану из МР эластомера с жестким центром, образующим в электромагнитной системе рабочий воздушный зазор. Демпфер работает  
10      следующим образом: при подаче управляющего тока в электромагнитную катушку в электромагнитной системе возникает замкнутое магнитное поле. В мембране формируется радиальное магнитное поле с индукцией, величина которой имеет максимум вблизи жесткого центра. Под действием этой магнитной индукции мембрана с жестким центром перемещается в осевом направлении в пределах воздушного зазора.

15      В предпочтительном варианте выполнения все активные демпферы содержат мембрану с жестким центром из магнитного материала.

Узлы упругой подвески позволяют настраивать платформу для активной виброизоляции на требуемую массу объекта при помощи регулируемой несущей пружины и требуемую резонансную частоту при помощи массового корректора. Узел  
20      упругой подвески виброизолирующей платформы представляет собой горизонтальный маятник с регулируемой несущей пружиной и массовым корректором. Масса маятника представляет собой эквивалент  $1/n$  массы виброизолируемого объекта, где  $n$  - число подвесок.

В наилучшем варианте выполнения узлы упругой подвески платформы содержат  
25      вместо шарниров «вал-втулка» упругие шарниры в виде тонкостенных пластин.

Перечень чертежей

Возможность осуществления изобретения иллюстрируется примерами конкретного выполнения активной виброизолирующей платформы.

На Фиг. 1 изображена схема активной виброизолирующей платформы на основе  
30      МР эластомера.

На Фиг. 2 изображена схема активного демпфера.

На Фиг. 3 изображена схема узла упругой подвески с массовым корректором.

На Фиг. 4 изображена схема узла упругой подвески в виде упругого шарнира.

Осуществление изобретения

35      Активная виброизолирующая платформа на основе МР эластомера (Фиг. 1) содержит подвижную плиту (1), неподвижную плиту (2) с расположенными между ними четырьмя активными демпферами на основе МР эластомера (4) и четырьмя узлами упругой подвески на основе системы с квазинулевой жесткостью (3).

40      Активный демпфер (Фиг. 2) содержит мембрану из МР эластомера (5), электромагнитную катушку (6), корпус-магнитопровод (7), сердечник (8), кожух (9), фланец-магнитопровод (10), подвижный жесткий центр (11).

Мембрана из МР эластомера (5) по периферии закреплена при помощи кожуха (9) на торце корпуса-магнитопровода (7), который в свою очередь закреплён на фланце-магнитопроводе (10). Сердечник (8), на котором размещен соленоид (6), также закреплён  
45      на фланце-магнитопроводе (10). Подвижный жесткий центр (11) зафиксирован в центральной части мембраны из МР эластомера (5).

Каждый узел упругой подвески (Фиг. 3) содержит массовый корректор (12), шарнир «вал-втулка» (13), маятник (14), арочную опору (15) несущей цилиндрической пружины

(16), ограничитель перемещения маятника (17), плоскую пружину (18), коническую опору (19) и систему регулировки цилиндрической пружины (20).

Шарнир узла упругой подвески может быть выполнен в виде упругого шарнира (Фиг. 4), в роли которого может выступать плоская пружина (21)

5     Объект, положение которого необходимо стабилизировать, обеспечив виброизоляцию от внешних возмущающих воздействий, монтируется на подвижной плите (1), а неподвижная плита (2) крепится на основании.

10     На электромагнитную катушку (6) каждого демпфера (4) подается электрический ток определенной величины, зависящей от характеристик катушки, вследствие чего в магнитопроводе, в который входит сердечник (8), фланец-магнитопровод (10), корпус-магнитопровод (7), мембрана из МР эластомера (5), подвижный жесткий центр (11), возникает замкнутое магнитное поле. При этом мембрана (5) с подвижным жестким центром (11) притягивается к сердечнику (8), одновременно изменяя жесткость за счет воздействия на МР эластомер (5) магнитным полем.

15     Узел упругой подвески (3) предназначен для повышения грузоподъемности и настройки низкой резонансной частоты активной виброизолирующей платформы на основе МР эластомера. Подвижная платформа (1) с объектом расположена на конических опорах (19), которые при помощи плоских пружин (18) передают усилие от массы объекта на маятник (14), который совершает качающиеся движения в шарнире «вал-втулка» (13), закрепленном на неподвижной плите (2), кроме того, маятник (14) 20     подвешен в арочной опоре (15) на несущую цилиндрическую пружину (16) (см. вид. Б). Регулируя натяжение несущей пружины (16) при помощи системы регулировки (20), можно настраивать узел упругой подвески на виброизоляцию объекта определенной массы. За счет подбора веса и расстояния массового корректора (12) до шарнира (13) 25     происходит настройка узла упругой подвески на необходимую резонансную частоту.

Узел упругой подвески может быть выполнен в различных конструктивных исполнениях. Узел упругой подвески (Фиг. 4) содержит такие же элементы: массовый корректор, маятник, арочную опору цилиндрической пружины, плоскую пружину, коническую опору и систему регулировки цилиндрической пружины. Этот узел подвески 30     содержит вместо обычного шарнира «вал-втулка» упругий шарнир, выполненный конструктивно в виде плоской пружины (21). Это позволяет устранить люфт и силы трения скольжения, что повышает точность и плавность перемещения узла подвески. Кроме того, в конструкции может отсутствовать ограничитель перемещения маятника.

Система регулировки несущей цилиндрической пружины (20) может быть выполнена 35     конструктивно в виде резьбового стержня, зафиксированного от проворота в арочной опоре (15) при помощи выполненных на нем двух лысок (разрез В-В). На стержне с одной стороны закреплена несущая цилиндрическая пружина (16), а с другой стороны расположены две гайки, предназначенные для регулировки предварительного натяжения несущей цилиндрической пружины (16).

40

#### (57) Формула изобретения

Активная виброизолирующая платформа, включающая активные демпферы, содержащие соленоид, сердечник, размещенный внутри соленоида и сопряженный с 45     основанием, мембрану из магнитореологического (МР) эластомера, закрепленную по периметру на корпусе, и расположенный в центральной части мембраны из МР эластомера подвижный жесткий центр, установленный с зазором относительно сердечника, отличающаяся тем, что между подвижной и неподвижной плитами платформы параллельно установлены от трех и более активных демпферов, равномерно



расположенных по периметру платформы; параллельно активным демпферам между подвижной и неподвижной плитами расположены три и более узла упругой подвески, содержащие массовые корректоры, шарниры «вал-втулка» или упругие шарниры в виде плоской пружины, маятники, несущие цилиндрические пружины с возможностью регулировки их предварительного натяжения, плоские пружины и конические опоры для вывешивания объекта.

10

15

20

25

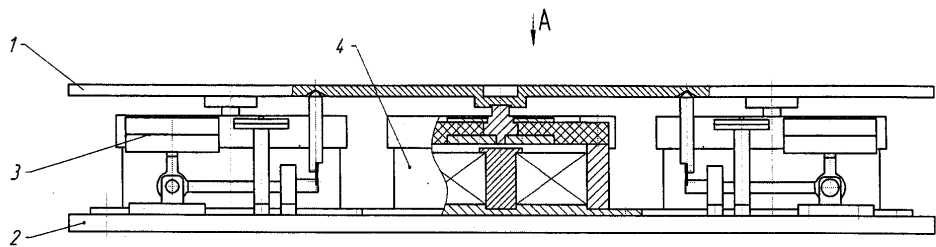
30

35

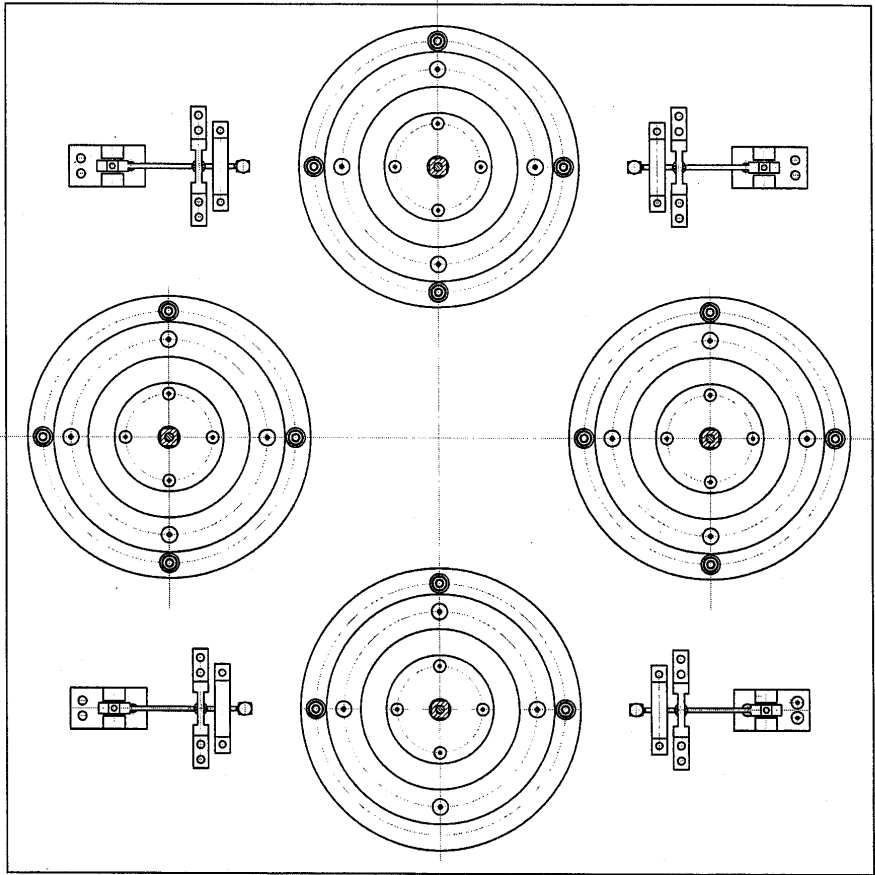
40

45

1

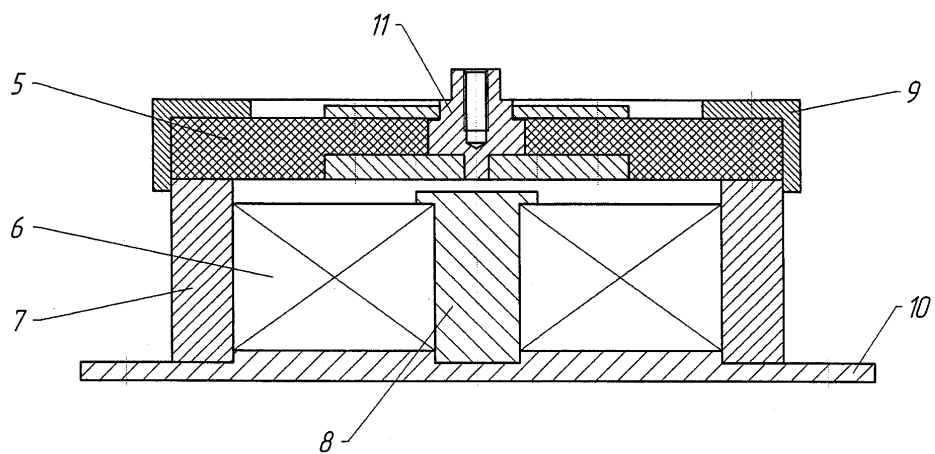


*A (Верхняя плита и массовый корректор не показаны)*

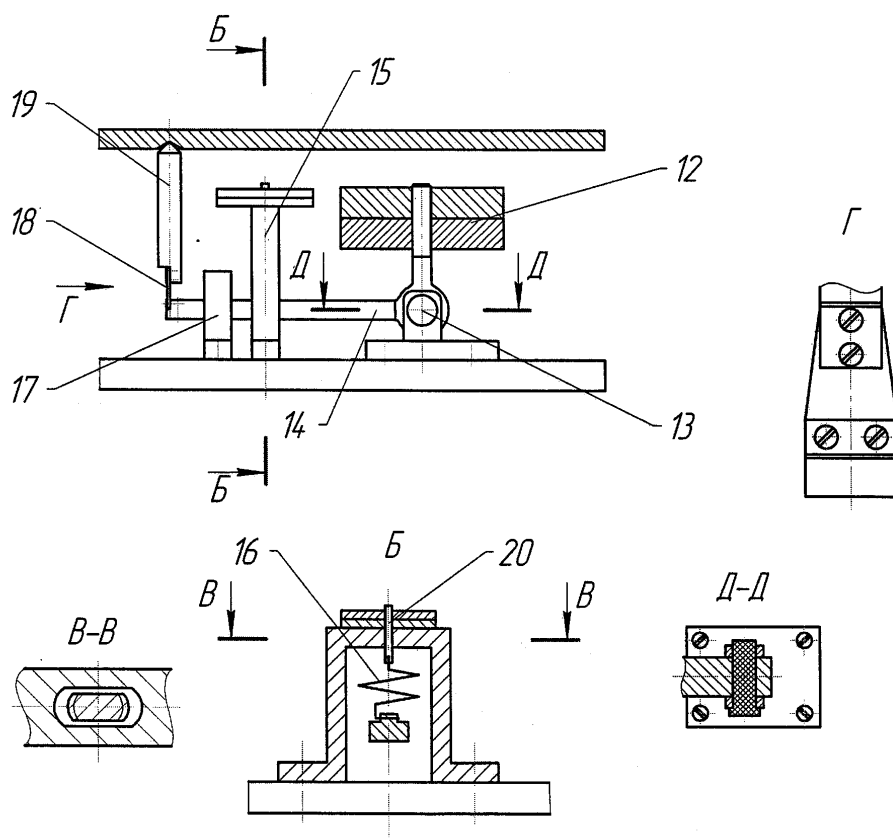


Фиг.1

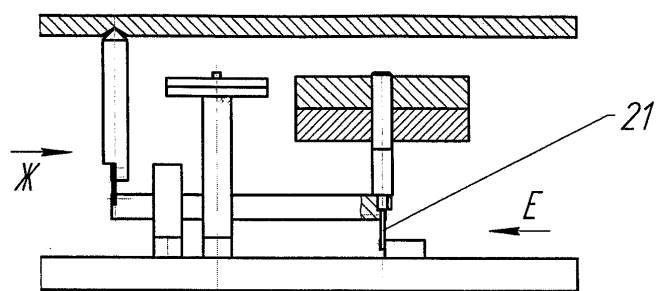
2



Фиг.2

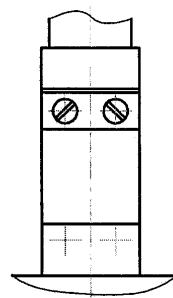
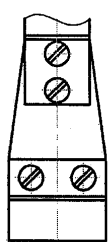


Фиг.3



*Ж (увеличено)*

*Е (увеличено)*



Фиг. 4