



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012151541/11, 30.11.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.11.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.11.2012

(45) Опубликовано: 20.07.2014 Бюл. № 20

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 380883 А1, 31.07.1973. RU 2204746 С1, 20.05.2003. GB 995516 А, 16.06.1965. JP 9189341 А, 22.07.1997

Адрес для переписки:

443086, г.Самара, Московское ш., 34, СГАУ,
управление обеспечения инновационной
деятельности

(72) Автор(ы):

Ермаков Александр Иванович (RU),
Эскин Изольд Давидович (RU),
Паровой Елена Федоровна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

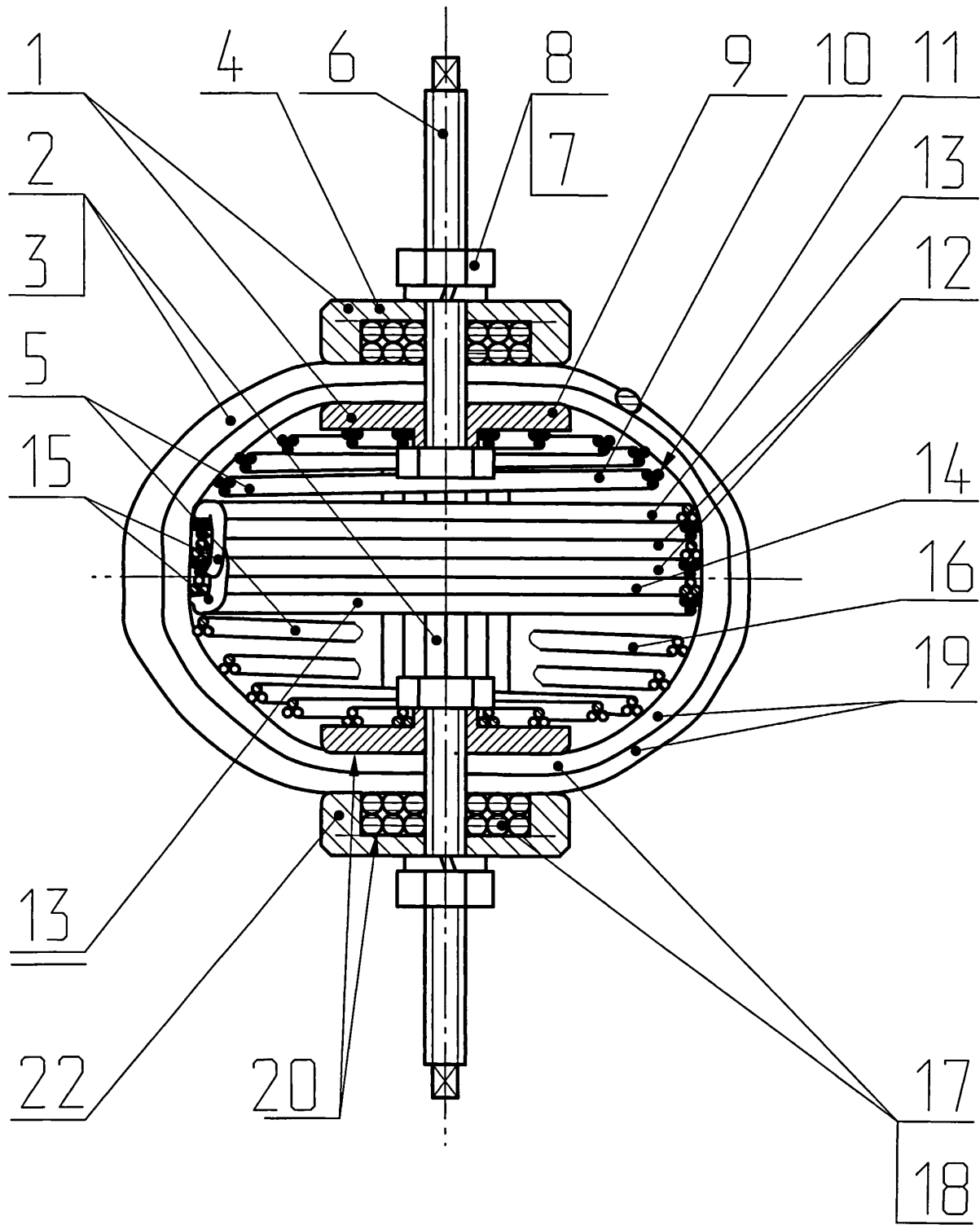
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Самарский
государственный аэрокосмический
университет имени академика С.П. Королева
(национальный исследовательский
университет)" (СГАУ) (RU)

(54) **ВИБРОИЗОЛЯТОР ТРОСОВЫЙ КРЕСТООБРАЗНЫЙ С КОНИЧЕСКИМИ ПРУЖИНАМИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к машиностроению. Виброизолятор содержит две параллельно расположенные опоры, упругогистерезисный элемент, жестко закрепленный в опорах, и крепежные детали. В каждой из опор с помощью болта закреплена своей конической частью спиральная пружина сжатия, свитая из одной, трех или более жил. Пружины сжатия своими цилиндрическими частями свинчены друг с другом. На пружины сжатия с радиальным натягом по их виткам в двух взаимно перпендикулярных направлениях намотан трос таким образом, что образованы две цилиндрические пружины с взаимно перпендикулярными осями. В опорах витки

цилиндрических пружин располагаются в пазах и плотно прижаты друг к другу. Каждый виток троса и оба его конца закреплены в каждой из опор с помощью крышки, болта, упругой шайбы и гайки. Крышка имеет два выступа, которыми она без зазоров установлена в паз корпуса и надета на цилиндрическую пружину с большим диаметром. Опоры и крышки выполнены из незакаленной стали или алюминиевого сплава. Острые кромки отверстий, через которые выходит из опор упругогистерезисный элемент, скруглены радиусом. Достигается увеличение прочности, повышение демпфирующих и противоударных характеристик. 6 з.п. ф-лы, 13 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
F16F 7/14 (2006.01)
F16F 3/093 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012151541/11, 30.11.2012

(24) Effective date for property rights:
30.11.2012

Priority:

(22) Date of filing: 30.11.2012

(45) Date of publication: 20.07.2014 Bull. № 20

Mail address:

443086, g.Samara, Moskovskoe sh., 34, SGAU,
upravlenie obespechenija innovatsionnoj
dejatel'nosti

(72) Inventor(s):

**Ermakov Aleksandr Ivanovich (RU),
Ehskin Izol'd Davidovich (RU),
Parovaj Elena Fedorovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Samarskij
gosudarstvennyj aehrosmicheskij universitet
imeni akademika S.P. Koroleva (natsional'nyj
issledovatel'skij universitet)" (SGAU) (RU)**

(54) **ROPE CROSS-SHAPED VIBRATION ABSORBER WITH CONICAL SPRINGS**

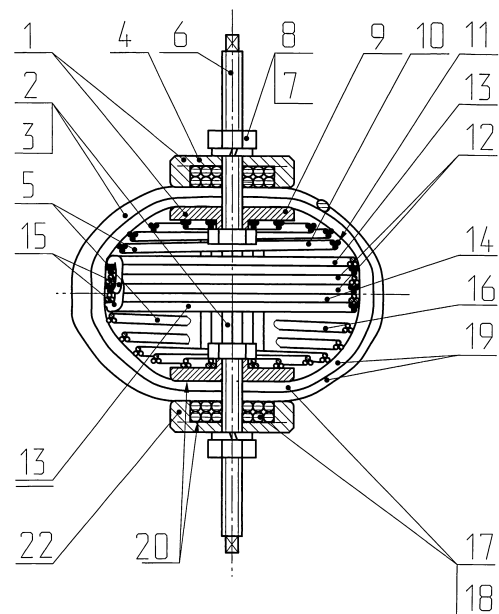
(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: vibration absorber comprises two supports set in parallel, a resilient hysteretic element rigidly fixed in the supports and fastening members. A spiral compression spring wound from one, three or more strands is fixed in each of the supports by its conical part by means of a bolt. The compression springs are screwed together by their cylindrical parts. A rope is wound on the compression springs with a radial tension along their turns in two mutually perpendicular directions so that two cylindrical springs with mutually perpendicular axes are formed. Turns of the cylindrical springs in the supports are set in grooves and are closely pressed to each other. Each turn of the rope and both its ends are fixed in each of the supports by a cover, a bolt, a resilient washer and a nut. The cover is fitted by two projections by which it is installed in the casing groove without a gap and is put on the cylindrical spring of a larger diameter. The supports and covers are made from natural steel or an aluminium alloy. Sharp edges of the holes through which the resilient hysteretic element comes out from the supports are rounded by a radius.

EFFECT: increased strength, improved damping and shock resistant characteristics.

7 cl, 13 dwg



Фиг. 1

RU 2 522 767 C1

RU 2 522 767 C1

Изобретение относится к цельнометаллическим тросовым виброизоляторам, способным работать в агрессивной среде, в условиях радиации, открытого космоса и повышенной температуры (до 500°С).

Аббревиатура ВТККП расшифровывается как Виброизолятор тросовый, крестообразный с коническими пружинами.

Известны виброизоляторы типа ДКУ («двойной колокольчик усиленный») (Лазуткин Г.В. Совершенствование конструкций и методов расчета виброизоляторов на основе проволочного волоконного материала / В.А.Антипов, А.Л.Рябков. - Самара.: Самарский государственный университет путей сообщения. 2008. - 200 с), применяемые в настоящее время для подвески приборов, установленных на космических кораблях.

Эти виброизоляторы выполнены в виде двух колоколообразных элементов - «колокольчиков», изготовленных путем прессования из проволочного материала МР (металлорезины), армированного проволочным жгутом, обмотанным проволочной растянутой спиралью, установленных друг на друга основаниями, жестко скрепленных по периферии сшивкой из стальной проволоки. На колокольчиках закреплены болты, на одном из болтов может быть закреплена противоударная подушка из материала МР. На болтах установлены спрофилированные ограничительные шайбы и гайки.

Эти виброизоляторы в классе цельнометаллических виброизоляторов небольшой грузоподъемности (до 1000 Н), по нашему мнению, в настоящее время обладают наилучшими виброизолирующими, противоударными и прочностными характеристиками.

Недостатком этих виброизоляторов является большая сложность разработки их автоматизированного изготовления. В настоящее время на изготовление этих виброизоляторов затрачивается большой объем ручного труда. К числу недостатков этого виброизолятора следует отнести сложность его конструкции и высокую стоимость виброизолятора.

В настоящее время известно более десятка конструкций тросовых виброизоляторов (см. Чегодаев Д.Е., Пономарев Ю.К. Демпфирование. - Изд. Самарского государственного Аэрокосмического университета, - Самара, 1997. - 333 с).

Рассмотрим только две конструкции тросовых виброизоляторов, наиболее близких по конструкции к предлагаемой.

К числу первых конструкций виброизоляторов с упругогистерезисными элементами, выполненными из троса, принадлежит виброизолятор, предложенный Д.А.Волковым, В.Д.Кирилловым и Б.В.Большаковым (а.с. СССР №236132), содержащий отрезки тросов, равномерно распределенные по окружности и изогнутые по дуге, и две параллельно расположенные дисковые опоры, в которых заделаны концы отрезков тросов.

Недостатком этой конструкции является ненадежное закрепление отрезков тросов. При интенсивной вибрации и ударах концы отрезков троса вылезают из гнезд в опорах и виброизолятор выходит из строя.

Известен также тросовый виброизолятор (а.с. 380883 СССР, Мкл F16f 7/14. Тросовый амортизатор / И.Д.Эскин, Ю.К.Пономарев, В.А.Безводин // БИ. - 1973. - №21).

Виброизолятор содержит упругогистерезисный элемент, выполненный из двух непрерывных тросов, связанных между собой с натягом с помощью обмотки упругой проволокой, обжатой в сборе с тросами прокаткой роликами вдоль линии стыка тросов. Упругогистерезисный элемент намотан равномерно на два кольца. Причем после намотки половинам витков, расположенных внутри колец, придана форма, эквидистантная второй половине витка, так, что образуется второй слой троса. Кольца с упругогистерезисным элементом закреплены в параллельно расположенных опорах.

Демпфирующие свойства демпферов и виброизоляторов оцениваются величиной максимального коэффициента рассеивания устройства. У отрезков тросов, работающих на изгиб, с ростом числа проволок в тросе коэффициент рассеивания сначала интенсивно растёт, затем, начиная с $n=18$ проволок в тросе, с дальнейшим ростом числа проволок в тросе растёт незначительно. Причем тип троса не оказывает существенного влияния на упругофрикционные характеристики (УФХ) троса (см. Эскин И.Д. Исследование обобщенных упругофрикционных характеристик демпферов и амортизаторов авиационных двигателей. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Куйбышев. - 1973).

Поэтому в этой работе для использования в качестве упругогистерезисных элементов демпферов и виброизоляторов предлагаются тросы, свитые из нагартованной стальной проволоки, с числом проволок в тросе $n \geq 18$, любого типа - с точечным (ТКО) и линейным контактом (ЛКО) проволок в тросе с одинарной и двойной свивки.

Поэтому такие троса и применены в рассматриваемом виброisolяторе.

Этот виброisolятор имеет значительно более высокие диссипативные свойства по сравнению с виброisolятором ДКУ (его максимальный коэффициент рассеивания $\psi_{\max} \approx 5$ по сравнению с $\psi_{\max} \approx 3,5$ у ДКУ).

Однако этот виброisolятор имеет следующие существенные недостатки.

Натяг между обмоткой и тросами при вибрационной нагрузке очень быстро пропадает и максимальная величина коэффициента рассеивания при этом падает до значений, характерных для отрезков тросов, работающих на изгиб $\psi_{\max} \approx 4$.

Следовательно, обмотку тросов целесообразно применять только у малоресурсных изделий.

Сложность конструкции и технологии сборки виброisolятора, которая производится вручную.

При одной и той же грузоподъемности этот виброisolятор будет иметь большие габаритные размеры, чем виброisolятор ДКУ, хотя этот недостаток и не имеет большого значения.

По технической сущности этот виброisolятор наиболее близок к предлагаемому и принят за прототип.

Ставится задача создания тросового виброisolятора с грузоподъемностью, равной грузоподъемности виброisolяторов ДКУ, с более высокими, чем у ДКУ прочностными, демпфирующими и противоударными характеристиками, достаточно стабильными в течение всего ресурса, конструктивно значительно более простого, чем ДКУ и прототип, допускающего автоматизацию его изготовления и, следовательно, в разы более дешевого, чем виброisolяторы ДКУ и прототип.

Поставленная задача решается тем, что предлагается виброisolятор ВТККП, содержащий две параллельно расположенные опоры, упругогистерезисный элемент из непрерывного куска троса, свитого из $n \geq 18$ нагартованных стальных проволок, с точечным (ТКО) или линейным (ЛКО) контактом между проволоками, одинарной или двойной свивки, жестко закрепленный в опорах, и крепежные детали, отличающийся тем, что в каждой из опор с помощью болта, которым виброisolятор крепится к опорной поверхности или виброisolяруемому объекту, завернутого в центральное отверстие корпуса опоры, на опоре закреплена своей конической частью спиральная коническая пружина сжатия, свитая из одной, трех или более жил, и обе пружины своими цилиндрическими частями свинчены друг с другом таким образом, что их опорные витки выступают наружу из свинченной части пружин и концы их загнуты до прижатия их к внутренней поверхности свинченной части пружин, а на пружины с радиальным

натягом по их виткам, созданным за счет упругой деформации витков пружин в радиальных направлениях, в двух взаимно перпендикулярных направлениях в один, два и более слоев намотан трос, таким образом, что образованы две спиральные цилиндрические пружины с взаимно перпендикулярными осями из плотно прилегающих друг к другу как витков в слоях, так и витков разных слоев, причем в опорах витки этих пружин располагаются в пазах, расположенных под углом 90° друг к другу, и также плотно прижаты друг к другу, а свободные концы троса также расположены либо в одной из опор, либо в разных опорах таким образом, что на длине конца троса цилиндрические пружины имеют то же количество слоев троса, и каждый виток троса и его оба конца (или один конец) закреплены в каждой из опор с помощью крышки, имеющей два выступа, которыми она без зазоров установлена в паз корпуса и надета на цилиндрическую пружину с большим диаметром, болта, упругой шайбы и гайки, и опоры и крышки выполнены из незакаленной стали или алюминиевого сплава, а по периметрам отверстий, через которые выходят из опор витки троса, у каждой опоры и крышки острые кромки скруглены радиусом.

Существенное увеличение диссипативных свойств предлагаемого виброизолятора ВККП по сравнению с виброизолятором ДКУ обеспечивается, во-первых, самим тросом, максимальный коэффициент рассеивания которого больше, чем у виброизолятора ДКУ (см. выше), во-вторых, увеличением сдвливающей нагрузки на контактных поверхностях проволоки и, следовательно, сил сухого трения внутри троса за счет его натяжения витками конических пружин, в-третьих, за счет работы сил сухого трения на взаимных проскальзываниях витков троса друг по другу и витков конических пружин по виткам троса, в-четвертых, проскальзывания друг по другу жил конических пружин.

Наличие улучшения противоударных характеристик предлагаемого виброизолятора по сравнению с виброизолятором ДКУ требует некоторых пояснений. В некоторых случаях, например, при маневре спутника требуется быстрое снижение амплитуды свободных колебаний, вызванных серией ударных импульсов, возбужденных работой его двигателя при маневре, таких крупногабаритных узлов, как солнечные батареи, антенна, до допустимого уровня. Темп снижения этих амплитуд тем выше, чем выше диссипативные свойства гасителя этих колебаний.

У предлагаемого виброизолятора могут быть созданы такие диссипативные свойства, что он может быть использован в качестве эффективного демпфера в этих устройствах.

Стабильность упругофрикционных свойств у предлагаемого виброизолятора ВТККП при наработке обеспечивается созданием требуемой для этого величины упругой деформации витков конических пружин в радиальных направлениях, которая сохраняется в эксплуатации.

Прочность на разрыв у предлагаемого виброизолятора выше, чем у виброизолятора ДКУ, и равна суммарной прочности на разрыв конической пружины и всех витков троса.

Скругление радиусом острых кромок по периметрам отверстий, через которые выходят из опор витки троса, у каждой опоры и крышки предотвращает усталостную поломку витков троса у их заделки в опорах.

Конструкция и технология изготовления предлагаемого виброизолятора значительно проще, чем у прототипа и виброизолятора ДКУ. Причем технология изготовления предлагаемого виброизолятора может быть автоматизирована. За счет этих факторов себестоимость изготовления виброизолятора ВТККП по сравнению с себестоимостью изготовления виброизолятора ДКУ такой же грузоподъемности может быть снижена в разы.

Загибы концов опорных витков конических пружин на внутреннюю поверхность свинченной части этих пружин предохраняет от возможного проворота или отвинчивания пружин в аварийной ситуации.

Кроме того, предлагается виброизолятор ВТККП, отличающийся тем, что каждая
5 цилиндрическая пружина упругогистерезисного элемента свернута из своего куска троса.

Изготовление каждой цилиндрической пружины из своего куска троса значительно упрощает их изготовление и сборку виброизолятора.

Недостатком этих виброизоляторов является то обстоятельство, что цилиндрические
10 пружины должны наматываться только из четного числа витков троса.

Ниже предлагаются конструкции виброизолятора ВТККП, у которых цилиндрические пружины могут наматываться как из нечетного, так и четного числа витков троса.

С целью упрощения автоматизации сборки виброизолятора предлагается виброизолятор ВТККП, отличающийся тем, что болт, крепящий коническую пружину
15 к опоре, выполнен такой длины, что при закреплении пружины его торец располагается заподлицо с дном пазов опоры, и в этом положении болт по торцу контрится от отворачивания кернением, крышка опоры выполнена с четырьмя выступами, ответными пазам, и при постановке крышки на опору выступы без зазоров входят в пазы, и на крышке выполнена бобышка с глухим резьбовым отверстием, в которое с натягом по
20 резьбе завинчена шпилька, на наружной поверхности бобышки сняты лыски, а на опоре крышка закреплена упругим стопорным кольцом, вставленным в кольцевую канавку в опоре, причем толщина упругого стопорного кольца подобрана так, что по виткам троса создается натяг, обеспечивающий надежное закрепление витков в опоре, а острые кромки выступов, контактирующие с витками троса, скруглены радиусом.

По желанию заказчика шпильки в бобышки могут не заворачиваться. Лыски на
25 бобышках выполнены для удобства заворачивания крышек в опоры и шпилек в крышки.

При автоматизации процесса намотки цилиндрических пружин из троса сложным является плотная укладка витков в пазах с обходом крепежного болта. В предлагаемой
30 конструкции виброизолятора эта сложность полностью устранена и, несмотря на некоторое усложнение его конструкции, это усложнение может оказаться целесообразным, так как при выполнении намотки можно будет исключить вмешательство человека в этот процесс, упростить технологию сборки и требуемое технологическое оборудование.

Кроме того, с целью упрощения технологии изготовления виброизолятора
35 предлагается виброизолятор ВТККП, отличающийся тем, что корпуса и крышки опор изготавливаются штамповкой, причем в них выполнено только по одному пазу, на наружной поверхности дна корпуса также выполнена бобышка с центральным резьбовым отверстием, в которое завернут болт, крепящий коническую пружину, которая центрируется по наружному диаметру бобышки, в пазах корпусов без боковых
40 зазоров размещаются витки цилиндрической пружины с меньшим наружным диаметром, в пазах крышек - без боковых зазоров витки цилиндрической пружины с большим наружным диаметром, корпус и крышка каждой опоры имеют ответные фланцы, которыми они установлены друг на друга и жестко соединены двумя или четырьмя заклепками таким образом, что по виткам пружины в опоре создан натяг,
45 обеспечивающий надежное крепление витков в опорах.

Изготовление корпуса и крышки штамповкой из мягкой незакаленной стали или алюминиевого сплава значительно упрощает технологию изготовления предлагаемого виброизолятора.

Длины болтов, крепящих конические пружины к корпусам опор, также выполнены такими, что торцы болтов располагаются заподлицо с дном паза корпусов, и болты по торцу контрятся кернением.

Также по желанию заказчика шпильки в резьбовые отверстия крышек могут не заворачиваться.

Кроме того, с целью улучшения УФХ предлагается виброизолятор ВТККП, отличающийся тем, что на упругогистерезисный элемент надеты две конические пружины с податливостью, значительно большей податливости конических пружин, размещенных внутри упругогистерезисного элемента, также свитые из одной, двух и более жил и свинченных друг с другом цилиндрическими частями таким образом, что опорные витки их выступают наружу и отогнуты в сторону упругогистерезисного элемента, но так, что даже при максимальной деформации виброизолятора не садятся на элемент, а величина податливости этих пружин выбрана таким образом, что зазоры между крышками и торцами конических пружин, имеющиеся в ненагруженном состоянии виброизолятора, полностью выбираются при установке на виброизоляторы виброизолируемого объекта, при этом опорные витки конических пружин центрируются по крышкам опор виброизоляторов.

Здесь сборочная единица «упругогистерезисный элемент (УГЭ)» включает две спиральные цилиндрические пружины, свитые из троса, и две конические пружины, расположенные внутри них и свинченные друг с другом.

Разгрузка виброизолятора от действия силы веса виброизолируемого объекта, приходящейся на виброизолятор, улучшает его УФХ (см. ниже).

Чем выше диссипативные свойства виброизолятора, тем меньше коэффициент динамического усиления колебаний в резонансной области и больше в зарезонансной, в области виброизоляции. Поэтому приходится искать компромиссное решение.

В случае когда диссипативные свойства предлагаемого виброизолятора оказываются слишком высокими, предлагается виброизолятор ВТККП, отличающийся тем, что конические пружины выполнены таким образом, что радиальный натяг между упругогистерезисным элементом и коническими пружинами создан только по виткам свинченной части пружин.

В этом случае снижение диссипативных свойств виброизолятора происходит за счет значительного снижения величины энергии, рассеиваемой на контактных поверхностях витков конических пружин.

В случае когда этого снижения диссипативных свойств предлагаемого виброизолятора оказывается недостаточно, предлагается виброизолятор ВТККП, отличающийся тем, что его упругогистерезисный элемент изготовлен из троса, свитого из семи проволок по стандартной схеме (6+1).

В этом случае величина рассеянной энергии в каждом процессе нагружения виброизолятора снижается за счет уменьшения в разы коэффициента рассеивания троса.

Конструкции предлагаемых виброизоляторов поясняются фигурами.

На фигурах виброизолируемый объект, опорная поверхность, к которой крепятся виброизоляторы, крепежные детали, используемые для этого, показаны как «обстановка» на сборочном чертеже, тонкими линиями. На фиг. витки конических пружин и троса изображены условно.

Детали и узлы, конструктивно одинаковые у различных вариантов предлагаемого виброизолятора, обозначены на фигурах одной и той же позицией.

На фиг.1 изображен продольный разрез предлагаемого виброизолятора.

На фиг.2 изображен вид сверху предлагаемого виброизолятора.

На фиг.3 показан вариант крепления концов троса в опоре.

На фиг.4 изображен продольный разрез предлагаемого виброизолятора, у которого крышки в опорах крепятся упругими стопорными кольцами.

На фиг.5 изображен вид сверху виброизолятора (фиг.4).

5 На фиг.6 показан фрагмент предлагаемого виброизолятора с опорой, корпус и крышка которого изготовлены штамповкой и жестко скреплены заклепками.

На фиг.7 изображен разрез по А-А на фиг.6.

На фиг.8 изображен вид сверху виброизолятора (фиг.6).

10 На фиг.9 изображен продольный разрез предлагаемого виброизолятора с разгрузочными коническими пружинами до постановки на него виброизолируемого объекта и закрепления виброизолятора на опорной поверхности.

На фиг.10 изображен продольный разрез предлагаемого виброизолятора (фиг.9) после закрепления его на опорной поверхности и закрепления на нем виброизолируемого объекта.

15 На фиг.11 изображен продольный разрез предлагаемого виброизолятора, у которого радиальный натяг между упругогистерезисным элементом и коническими пружинами создан только по виткам свинченной части пружин.

На фиг.12 изображено создание упругой деформации витков упругих пружин в радиальных направлениях. Вид сверху.

20 На фиг.13 изображен разрез по Б-Б на фиг.12.

Предлагаемый виброизолятор ВТККП (см. фиг.1) содержит две параллельно расположенные опоры 1, упругогистерезисный элемент 2 из непрерывного куска троса 3, свитого из $n \geq 18$ нагартованных стальных проволок, с точечным (ТКО) или линейным (ЛКО) контактом между проволоками, одинарной или двойной свивки, жестко
25 закрепленный в опорах 1, крышки 4, конические пружины 5, болты 6, упругие шайбы 7 и гайки 8. В каждой из опор 1 с помощью болта 6, которым виброизолятор крепится к опорной поверхности или виброизолируемому объекту, завернутого в центральное отверстие корпуса 9 опоры 1, закреплена своей конической частью 10 спиральная коническая пружина сжатия 5, свитая из одной, трех или более жил 11, и обе пружины
30 5 своими цилиндрическими частями 12 свинчены друг с другом таким образом, что их опорные витки 13 выступают наружу из свинченной части пружин 14 и концы 15 их загнуты до прижатия их к внутренней поверхности свинченной части 14 пружин 5. На пружины 5 с радиальным натягом по их виткам 16, созданным за счет упругой деформации витков пружин в радиальных направлениях, в двух взаимно
35 перпендикулярных направлениях в один, два и более слоев намотан трос 3 таким образом, что образованы две спиральные цилиндрические пружины 17 с взаимно перпендикулярными осями (см. фиг.2) из плотно прилегающих друг к другу как витков 18 в слоях 19 (см. фиг.1), так и витков 18 разных слоев 19. В опорах 1 витки 18 пружин 17 располагаются в пазах 20, расположенных под углом 90° друг к другу, и также
40 плотно прижаты друг к другу. Свободные концы 21 троса 3 также расположены, либо в одной из опор 1 (см. фиг.3), либо в разных опорах 1 (на фиг. не показано) таким образом, что на длине конца 21 троса 3 цилиндрические пружины 17 имеют то же количество слоев 19 троса 3. Каждый виток 18 троса 3 и его оба конца 21 (или один конец) закреплены в каждой из опор 1 с помощью крышки 4 (см. фиг.1 и 3), имеющей
45 два выступа 22, которыми она без зазоров установлена в паз 20 корпуса 9 и надета на цилиндрическую пружину 17 с большим диаметром, болта 6, упругой шайбы 7 и гайки 8. Опоры 1 и крышки 4 выполнены из незакаленной стали или алюминиевого сплава, а по периметрам отверстий, через которые выходит из опор упругогистерезисный

элемент, у каждой опоры и крышки острые кромки скруглены радиусом.

Предлагается также виброизолятор ВТККП (см. фиг.1), отличающийся тем, что каждая цилиндрическая пружина 17 упругогистерезисного элемента 2 свернута из своего куска троса 3 (куски троса на фиг. не показаны).

5 Кроме того, предлагается виброизолятор ВТККП (см. фиг.4), отличающийся тем, что каждая из двух цилиндрических пружин 23 упругогистерезисного элемента 24 свивается из своего куска троса 3. Болт 25, крепящий коническую пружину 5 к опоре 26, выполнен такой длины, что при закреплении пружины 5 его торец располагается заподлицо с дном пазов опоры 26, и в этом положении болт 25 контрится от
10 отворачивания кернением по его торцу. Крышка 27 опоры выполнена с четырьмя выступами 28, ответными пазам, и при постановке крышки 27 на опору 26 выступы 28 (см. фиг.5) без зазоров входят в пазы. На крышке 27 выполнена бобышка 29 с глухим резьбовым отверстием 30, в которое с натягом по резьбе по желанию заказчика может быть завинчена шпилька (на фиг. не показана). На наружной поверхности бобышки
15 29 сняты лыски 31 (см. фиг.4 и 5). На опоре 26 крышка 27 закреплена упругим стопорным кольцом 32, вставленным в кольцевую канавку в опоре 26. Причем толщина стопорного кольца 32 подобрана так, что по виткам троса 3 создается натяг, обеспечивающий надежное закрепление витков в опорах 26. Острые кромки выступов 28, контактирующие с витками троса 3, скруглены радиусом. В дне резьбового отверстия в бобышке 29
20 выполнено отверстие 33 (см. фиг.4) небольшого диаметра для выхода воздуха при завинчивании шпильки.

Предлагается также виброизолятор ВТККП (см. фиг.6), отличающийся тем, что корпусы 34 и крышки 35 опор 36 изготавливаются штамповкой, причем в них выполнено
25 только по одному пазу 37 (см. фиг.6 и 7). На наружной поверхности дна корпуса 34 (см. фиг.6) также выполнена бобышка 38 с центральным резьбовым отверстием, в которое завернут болт 39, крепящий коническую пружину 40, которая центрируется по наружному диаметру бобышки 38. В пазах 37 корпусов 34 без боковых зазоров размещаются витки цилиндрической пружины 41 с меньшим наружным диаметром. В
30 пазах 37 крышек 35 (см. фиг.7) - без боковых зазоров витки цилиндрической пружины 42 с большим наружным диаметром. Корпус 34 и крышка 35 каждой опоры 36 имеют ответные фланцы 43 (см. фиг.6, 7 и 8), которыми они установлены друг на друга и жестко соединены двумя или четырьмя заклепками 44 таким образом, что по виткам цилиндрических пружин в опорах 36 создан натяг, обеспечивающий надежное крепление
35 витков в опорах.

Предлагается виброизолятор ВТККП (см. фиг.9), отличающийся тем, что на упругогистерезисный элемент 24 надеты две конические пружины 45 с податливостью,
40 значительно большей податливости конических пружин 5, размещенных внутри упругогистерезисного элемента 24, также свитые из одной, двух и более жил 46 и свинченные друг с другом цилиндрическими частями 47 таким образом, что их опорные витки 48 выступают наружу и отогнуты в сторону упругогистерезисного элемента 24, но так, что даже при максимальной деформации виброизолятора не садятся на элемент. Величина податливости пружин 45 выбрана таким образом, что зазоры 49 между
45 крышками 4 и торцами конических пружин 45, имеющиеся в ненагруженном состоянии виброизолятора, полностью выбираются (см. фиг.10) при установке на виброизоляторы, закрепленные на опорной поверхности 50, виброизолируемого объекта 51.

Предлагается виброизолятор ВТККП (см. фиг.11), отличающийся тем, что конические пружины 52 выполнены таким образом, что радиальный натяг между упругогистерезисным элементом 24 и коническими пружинами 52 создан только по

виткам свинченной части 53 пружин 52.

Предлагается виброизолятор ВТККП, отличающийся тем, что его упругогистерезисный элемент изготовлен из троса, свитого из семи проволок по стандартной схеме 6+1 (на фиг. не показан).

5 Сборка виброизолятора ВТККП (фиг.1) производится следующим образом.

Конические пружины 5 закрепляют на опорах 1 болтами 6. Свинчивают конические пружины 5 друг с другом так, чтобы их опорные витки 13 вышли наружу. Загибают свободные концы 15 этих витков на внутреннюю поверхность свинченной части 14. С помощью губок 54, стяжных элементов 55 и гаек 56 (см. фиг.12 и 13) пружины 5, все их
10 витки 16 упруго одновременно и одинаково деформируют в радиальных направлениях по двум взаимно перпендикулярным направлениям. При этом губки 54 неподвижно фиксируют корпуса 9 опоры. С бобины или катушки (на фиг. не показано) сматывают трос 3 (см. фиг.1), формируя из него сначала одну пружину 17 таким образом, чтобы ее витки 18 в слоях 19, как и соседние витки 18 соседних слоев 19 плотно прижимались друг к другу. В пазы 20 в опорах 1 витки 18 или витки 18 и свободный конец 21 троса 3 также плотно укладываются друг к другу таким образом, что на длине конца 21 троса 3 цилиндрическая пружина 17 имела то же количество слоев 19 троса 3 (см. фиг.3). Затем из троса 3 аналогичным образом формируют вторую пружину 17, расположенную под углом 90° к первой. Каждый виток 18 троса 3 и его оба конца 21 (или один конец),
15 закрепляют в каждой из опор 1 с помощью крышки 4 (см. фиг.1 и 3), болта 6, упругой шайбы 7 и гайки 8 и отрезают трос 3. Убирают внешнюю радиальную нагрузку. В результате в виброisolляторе возникает радиальный натяг между упругогистерезисным элементом 2 и витками конических пружин 5, обусловленный радиальной упругой деформацией витков пружин. Собранный виброизолятор освобождают из
25 приспособления.

Сборка виброизолятора ВТККП (фиг.3) отличается тем, что болты 25 после закрепления на опорах 26 конических пружин 5 кернят с торца и после сформирования упругогистерезисного элемента 24 из двух отдельных цилиндрических пружин 23 и установки крышек 27 в опоры 26 их прижимают к виткам троса 3 с такой силой, чтобы
30 оказалось возможным установить упругие стопорные кольца 31. Устанавливают стопорные кольца 39 в кольцевые канавки опор 31. При этом по виткам троса 3 создается натяг, обеспечивающий надежное закрепление витков в опорах 26 виброизолятора.

При сборке виброизолятора ВТККП (фиг.9) на собранный указанным образом виброизолятор надевают две разгрузочные конические пружины 45 и свинчивают их
35 по цилиндрическим частям 47 так, чтобы опорные витки 48 пружин вышли наружу. Законтривают пружины 45 от отворачивания отгибанием витков 48 на упругогистерезисный элемент 2. В таком виде виброизолятор поставляется заказчику.

Сборку других предлагаемых виброизоляторов рассматривать не будем, так как индивидуальные отличия сборки этих виброизоляторов понятны из фигур, на которых
40 они изображены, а сама их сборка не существенно отличается от рассмотренных.

Предлагаемые виброизоляторы ВТККП эффективно работают при динамической нагрузке любого вида, при нагружении по всем шести степеням свободы. Механизм рассеивания кинетической энергии колебаний и ударов за счет работы сил сухого трения на контактных поверхностях виброизолятора рассмотрен выше.

45 Под воздействием постоянной силы G (силы веса виброизолируемого объекта, действующей на виброизолятор) при одновременном воздействии и циклической (гармонической) силы, действующей в том же направлении, центр колебаний системы «виброизолятор-виброизолируемый объект» сместится в точку с координатами $(G,$

Y_G), где Y_G - деформация виброизолятора под действием силы G , равная в данном случае $Y_G=G/C$, где C - наименьшая жесткость процесса нагружения виброизолятора из ненагруженного состояния в точку с координатами $(G+P, Y_G+A)$, где P и A -

соответственно амплитуда силы, действующей на виброизолятор, и амплитуда его деформации (см. Эскин И.Д. Исследование обобщенных упругофрикционных характеристик демпферов и амортизаторов авиационных двигателей. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Куйбышев. - 1973).

При больших нагрузках у петель гистерезиса предлагаемого виброизолятора (впрочем, как и у других виброизоляторов) появляются «хвосты», т.е. области, где процессы нагружения становятся сильно нелинейными. При работе виброизоляторов в этих областях их УФХ сильно ухудшаются. Виброизоляторы целесообразно проектировать так, чтобы допускалась его работа в этих областях только при отдельных сильных ударных воздействиях.

Деформация Y_G в разы больше деформации виброизолятора под статическим воздействием на него только одной силы G . Поэтому при одновременном воздействии силы G и динамической силы у неразгруженного от силы G виброизолятора интервал допустимых деформаций от динамической силы существенно меньше, чем у разгруженного от этой силы. Поэтому и предложен виброизолятор ВТККП (фиг.5).

Преимущества предложенных виброизоляторов ВТККП по сравнению с прототипом и виброизолятором ДКУ, по нашему мнению, одним из лучших в классе виброизоляторов с небольшой грузоподъемностью, нашедшим применение в отечественной космической и авиационной технике, рассмотрены выше.

К этому добавим, что при частичной или полной автоматизации изготовления предлагаемых виброизоляторов, которую (в особенности для предлагаемого виброизолятора ВТККП, фиг.9) не так сложно выполнить, как, например, автоматизацию изготовления виброизолятора ДКУ, их рыночная цена может быть настолько низкой, что их практическое применение будет рентабельно не только в космической и авиационной технике, но и в изделиях химической промышленности, общего машиностроения, автомобилях и даже в бытовой технике.

В настоящее время разработана методика расчета УФХ виброизоляторов ДКУ при нагружении их циклической силой в направлении их оси и проведено расчетное исследование колебаний системы с одной степенью свободы под воздействиями различного вида динамической нагрузки, действующей на виброизолируемый объект в этом же направлении (см. Лазуткин Г.В. Динамика виброзащитных систем с конструкционным демпфированием и разработка виброизоляторов из проволоочного материала МР / Г.В.Лазуткин. - Самарский государственный университет путей сообщения. Самара. 2010. - 291 с).

Задача о колебаниях системы с виброизоляторами ДКУ с шестью степенями свободы при одновременном воздействии на нее различного вида динамических нагрузок, действующих в направлениях шести степеней свободы не решена в виду ее большой трудности.

На базе выполненных ранее нами исследований (см. Эскин И.Д. Исследование обобщенных упругофрикционных характеристик демпферов и амортизаторов авиационных двигателей. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Куйбышев. - 1973), в которых разработана классификация систем конструкционного демпфирования, определен ряд важных закономерностей, присущих отдельным классам этих систем, существенно облегчающих разработку методологии

решения статических и динамических задач систем с сосредоточенным конструкционным демпфированием на базе теории подобия, доказана возможность и целесообразность разработки демпферов и виброизоляторов в виде ряда типоразмеров, приближенно подобных по упругофрикционным свойствам, с высокими УФХ, близкими к
 5 максимально возможным для каждого типа устройств. Исследовано приближенное подобие по упругофрикционным свойствам демпферов, выполненных в виде различного типа многослойных пакетов пластин, виброизоляторов из материала МР, выполненных в виде двустороннего упругогистерезисного упора, и виброизоляторов, выполненных в виде гребенки из различных типов тросов, серийно выпускаемых отечественной
 10 промышленностью, определены УФХ этих устройств и проведено расчетное исследование колебаний системы с одной степенью свободы с этими виброзащитными устройствами под воздействием как гармонической силы, так и при одновременном воздействии гармонической и постоянной сил.

Задача о колебаниях этой системы при импульсном воздействии решена в работе
 15 И.Д.Эскина и Ю.Н.Лапшова (см. Эскин И.Д. Исследование поведения систем конструкционного демпфирования при импульсном возбуждении / И.Д.Эскин, Ю.Н.Лапшов // Вибрационная прочность и надежность двигателей и систем летательных аппаратов: сборник научных трудов. Вып.3. - Куйбышев: КуАИ, 1976. С.77-81).

Эти результаты позволяют достаточно просто построить методику расчетного
 20 определения УФХ предлагаемых виброизоляторов ВТККП и решить задачу о колебаниях системы с одной степенью свободы с этими виброизоляторами при различных видах динамического возбуждения.

В настоящее время благодаря огромной оперативной памяти и высокому быстродействию современных ЭВМ, наличию стандартных программ численного
 25 решения дифференциальных уравнений методом конечных элементов и методом Рунге-Кутта решение задачи о колебаниях системы с шестью степенями свободы с виброизоляторами с конструкционным демпфированием при одновременном воздействии на нее динамических нагрузок разного вида и направления стало вполне
 30 реальной.

Наиболее просто эту задачу можно решить для предлагаемого виброизолятора ВТККП (фиг.11), так как, по нашему мнению, УФХ этих виброизоляторов можно определять экспериментально в статике отдельно для каждого вида циклической
 35 нагрузки (не нагружая их одновременно другими видами нагрузки), а динамическую задачу решить, используя стандартную программу решения задачи с начальными условиями методом Рунге-Кутта.

Решение этой задачи позволит расчетным путем для каждого конкретного случая оптимально подбирать предлагаемые виброизоляторы ВТККП (фиг.11), что, в конечном счете, существенно усилит их конкурентную способность на рынке.

В заключение заметим, что к достоинствам предлагаемых виброизоляторов ВТККП
 40 следует отнести возможность изменения их УФХ в широких пределах путем изменения геометрии образующих конических пружин, а также широкий ассортимент стандартных тросов, выпускаемых нашей промышленностью.

Формула изобретения

45 1. Виброизолятор тросовый крестообразный с коническими пружинами, содержащий две параллельно расположенные опоры, упругогистерезисный элемент из непрерывного куска троса, свитого из $n \geq 18$ нагартованных стальных проволок, с точечным или линейным контактом между проволоками, одинарной или двойной свивки, жестко

закрепленный в опорах, и крепежные детали, отличающийся тем, что в каждой из опор с помощью болта, которым виброизолятор крепится к опорной поверхности или виброизолируемому объекту, завернутого в центральное отверстие корпуса опоры, на опоре закреплена своей конической частью спиральная коническая пружина сжатия, свитая из одной, трех или более жил, и обе конические пружины своими цилиндрическими частями свинчены друг с другом таким образом, что их опорные витки выступают наружу из свинченной части пружин и концы их загнуты до прижатия их к внутренней поверхности свинченной части пружин, а на конические пружины с радиальным натягом по их виткам, созданным за счет упругой деформации витков конических пружин в радиальных направлениях, в двух взаимно перпендикулярных направлениях в один, два и более слоев намотан трос таким образом, что образованы две спиральные цилиндрические пружины с взаимно перпендикулярными осями из плотно прилегающих друг к другу как витков в слоях, так и витков разных слоев, причем в опорах витки этих цилиндрических пружин располагаются в пазах, расположенных под углом 90° друг к другу, и также плотно прижаты друг к другу, а свободные концы троса также расположены либо в одной из опор, либо в разных опорах таким образом, что на длине конца троса цилиндрические пружины имеют то же количество слоев троса, и каждый виток троса и его оба конца (или один конец) закреплены в каждой из опор с помощью крышки, имеющей два выступа, которыми она без зазоров установлена в паз корпуса и надета на цилиндрическую пружину с большим диаметром, болта, упругой шайбы и гайки, и опоры и крышки выполнены из незакаленной стали или алюминиевого сплава, а по периметрам отверстий, через которые выходит из опор упругогистерезисный элемент, у каждой опоры и крышки острые кромки скруглены радиусом.

2. Виброизолятор по п.1, отличающийся тем, что каждая цилиндрическая пружина упругогистерезисного элемента свернута из своего куска троса.

3. Виброизолятор по п.2, отличающийся тем, что болт, крепящий коническую пружину к опоре, выполнен такой длины, что при закреплении конической пружины его торец располагается заподлицо с дном пазов опоры, и в этом положении болт по торцу контрится от отворачивания кернением, крышка опоры выполнена с четырьмя выступами, ответными пазам, и при постановке крышки на опору выступы без зазоров входят в пазы, и на крышке выполнена бобышка с глухим резьбовым отверстием, в которое с натягом по резьбе завинчена шпилька, на опоре крышка закреплена упругим стопорным кольцом, вставленным в кольцевую канавку в опоре, причем толщина стопорного кольца подобрана так, что по виткам троса создается натяг, обеспечивающий надежное закрепление витков в опоре, а острые кромки выступов, контактирующие с витками троса, скруглены радиусом.

4. Виброизолятор по п.3, отличающийся тем, что корпуса и крышки опор изготавливаются штамповкой, причем в них выполнено только по одному пазу, на наружной поверхности дна корпуса также выполнена бобышка с центральным резьбовым отверстием, в которое завернут болт, крепящий коническую пружину, которая центрируется по наружному диаметру бобышки, в пазах корпусов без боковых зазоров размещаются витки цилиндрической пружины с меньшим наружным диаметром, в пазах крышек - без боковых зазоров витки цилиндрической пружины с большим наружным диаметром, корпус и крышка каждой опоры имеют ответные фланцы, которыми они установлены друг на друга и жестко соединены двумя или четырьмя заклепками таким образом, что по виткам цилиндрической пружины в опоре создан натяг, обеспечивающий надежное крепление витков в опорах.

5. Виброизолятор по п.4, отличающийся тем, что на упругогистерезисный элемент

надеты две дополнительные конические пружины с податливостью, значительно
большой податливости конических пружин, размещенных внутри упругогистерезисного
элемента, также свитые из одной, двух и более жил и свинченных друг с другом
цилиндрическими частями таким образом, что опорные витки их выступают наружу и
5 отогнуты в сторону упругогистерезисного элемента, но так, что даже при максимальной
деформации виброизолятора не садятся на элемент, а величина податливости этих
дополнительных конических пружин выбрана таким образом, что зазоры между торцами
бобышек крышек или гайками и торцами дополнительных конических пружин,
имеющиеся в ненагруженном состоянии виброизолятора, полностью выбираются при
10 установке на виброизоляторы виброизолируемого объекта.

6. Виброизолятор по п.5, отличающийся тем, что конические пружины выполнены
таким образом, что радиальный натяг между упругогистерезисным элементом и
коническими пружинами создан только по виткам свинченной части конических пружин.

7. Виброизолятор по п.6, отличающийся тем, что его упругогистерезисный элемент
15 изготовлен из троса, свитого из семи проволок по стандартной схеме 6+1.

20

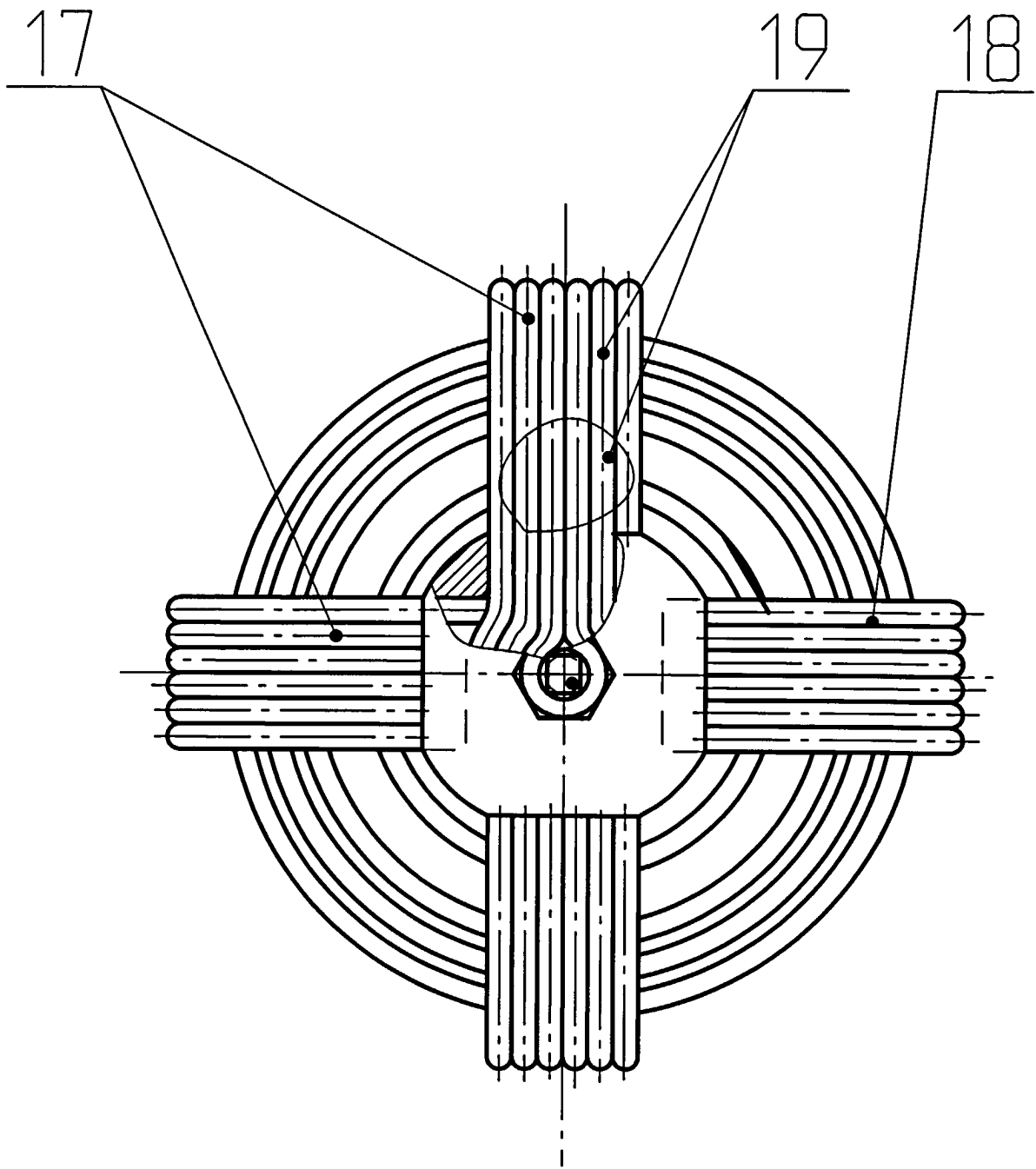
25

30

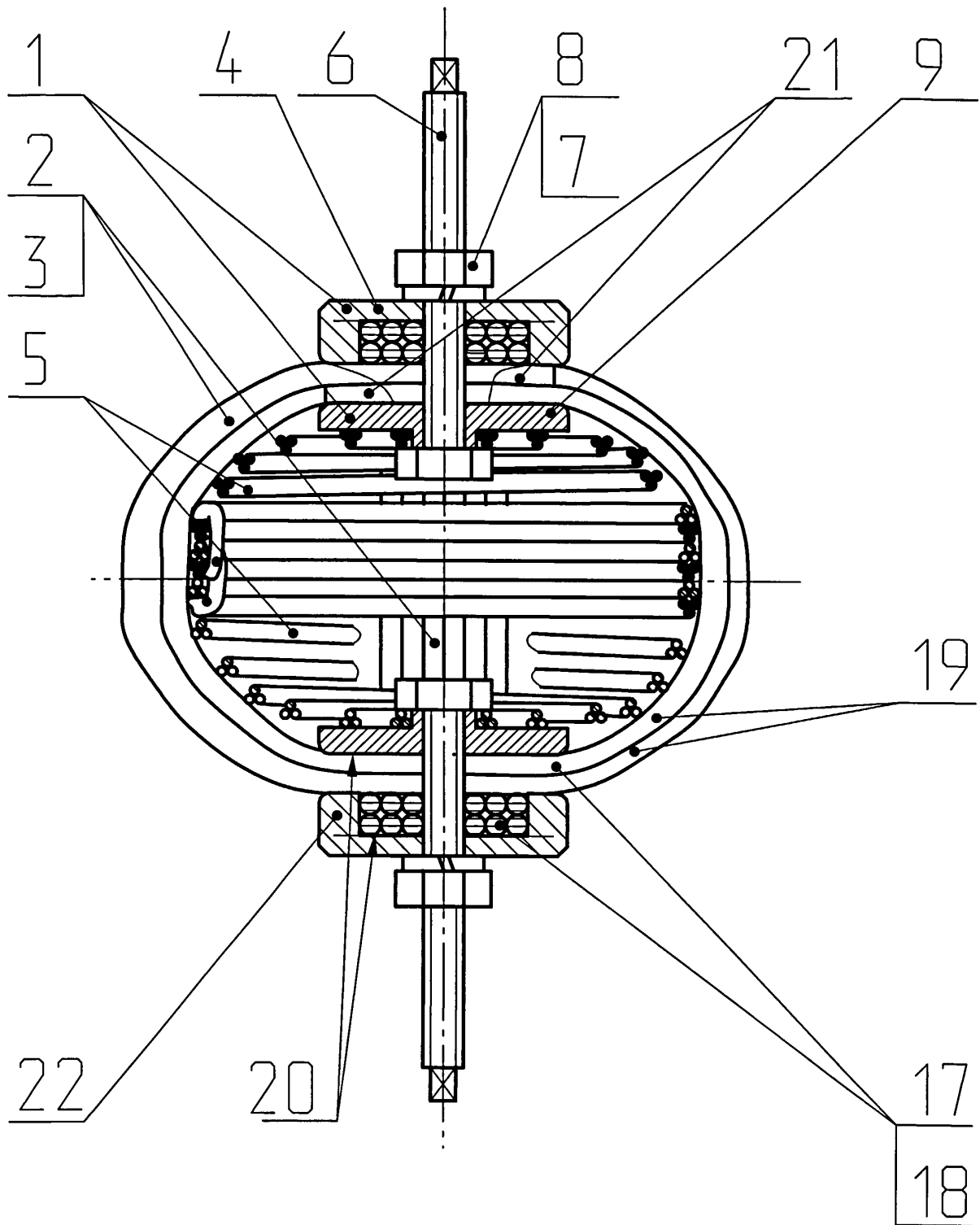
35

40

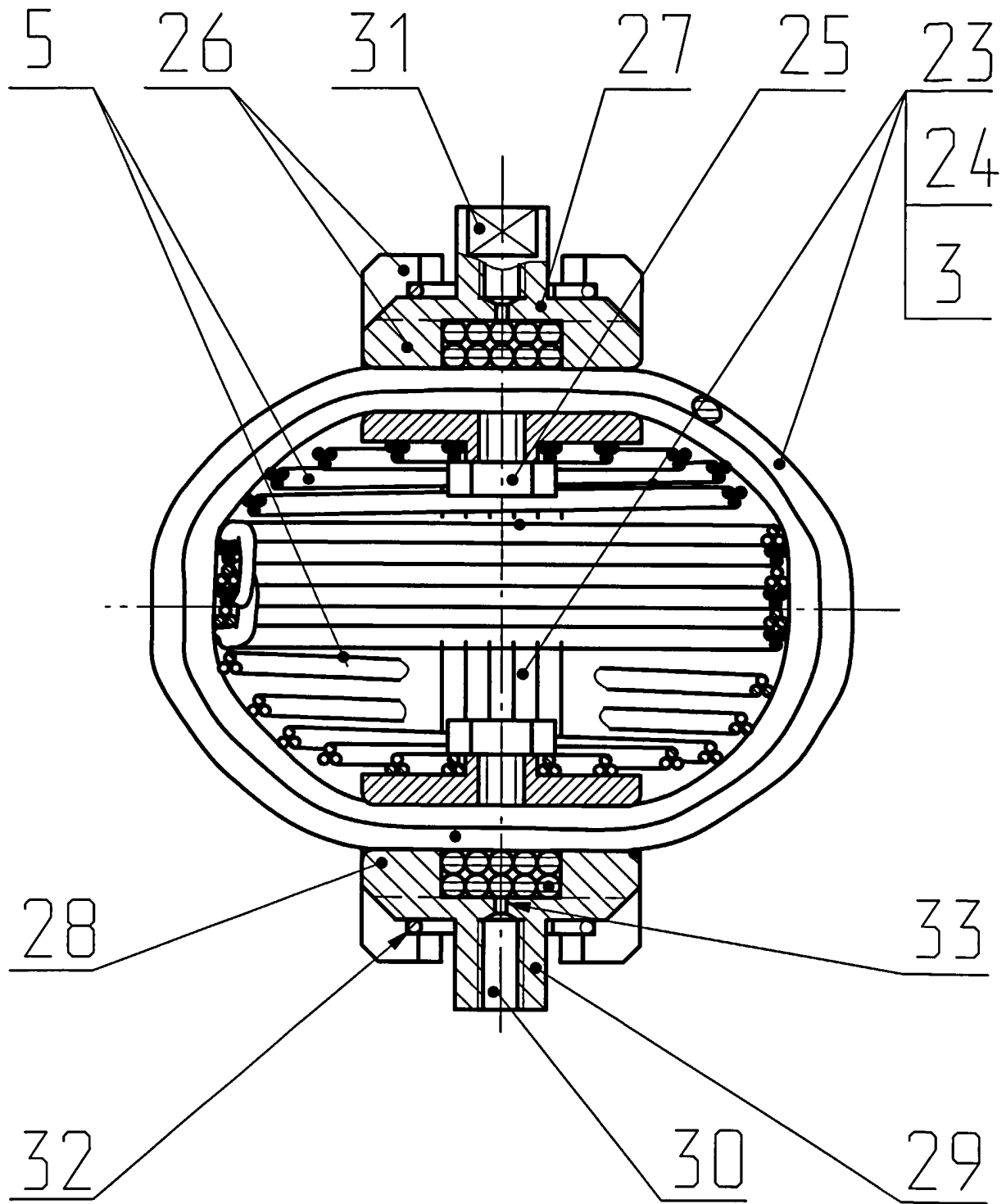
45



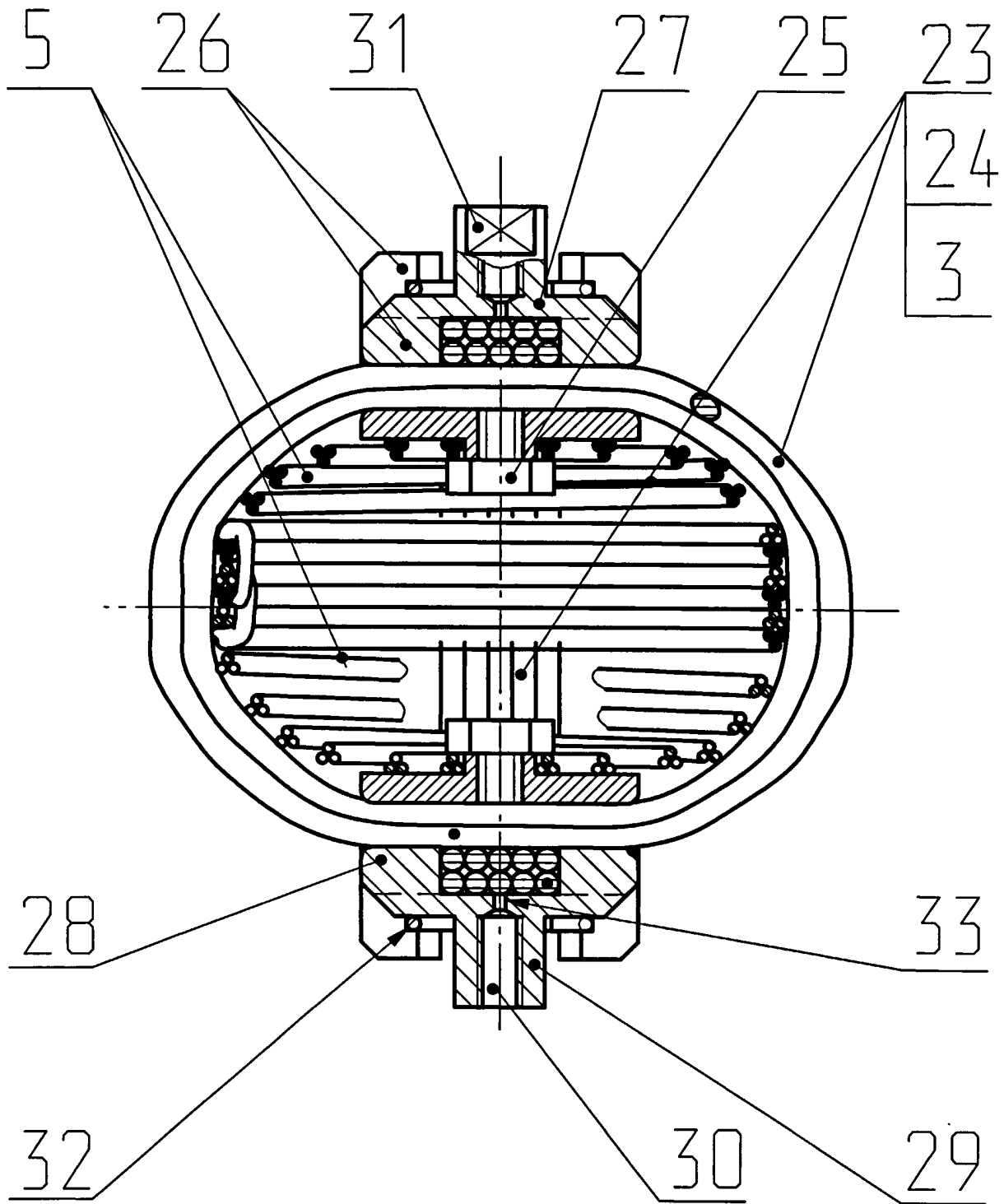
Фиг. 2



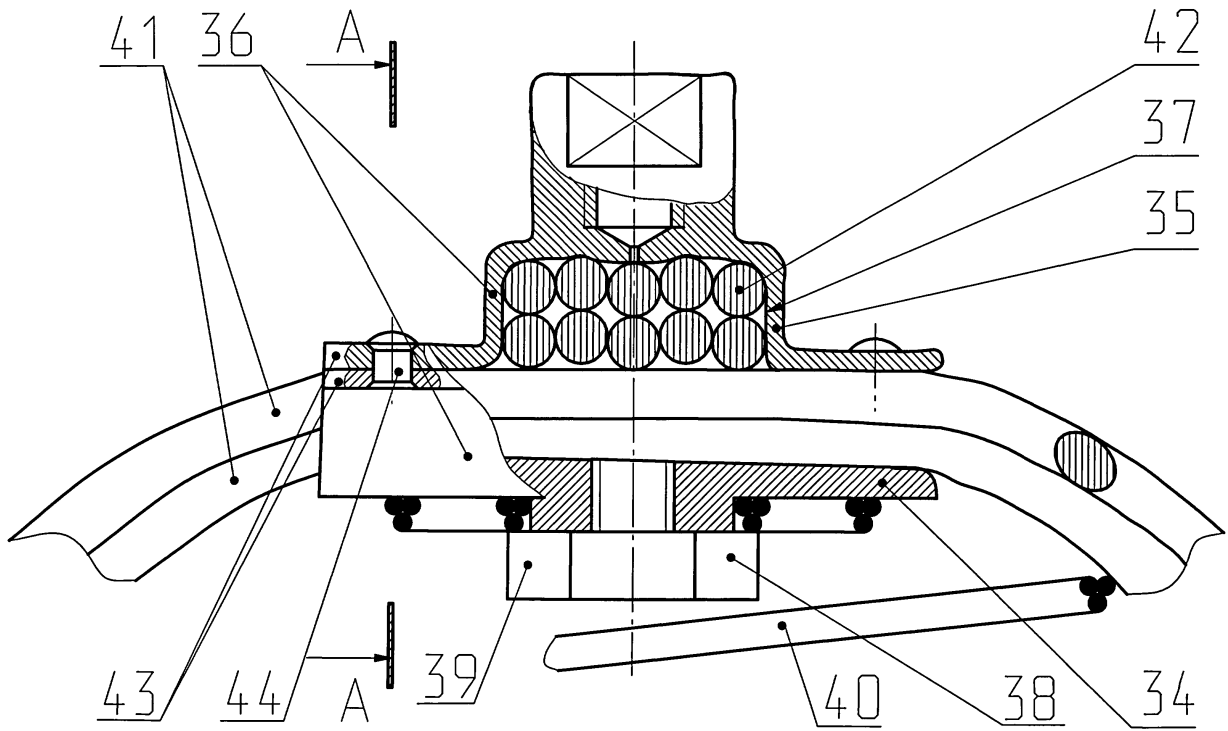
Фиг. 3



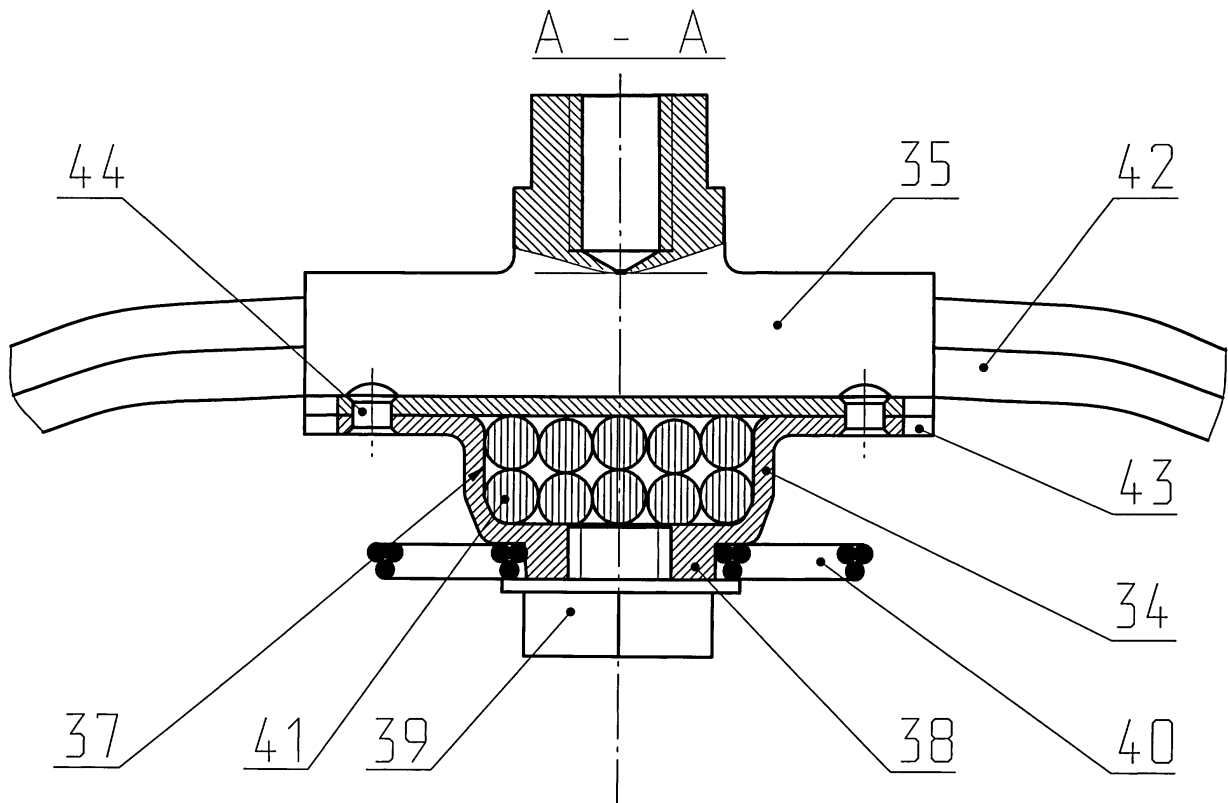
Фиг. 4



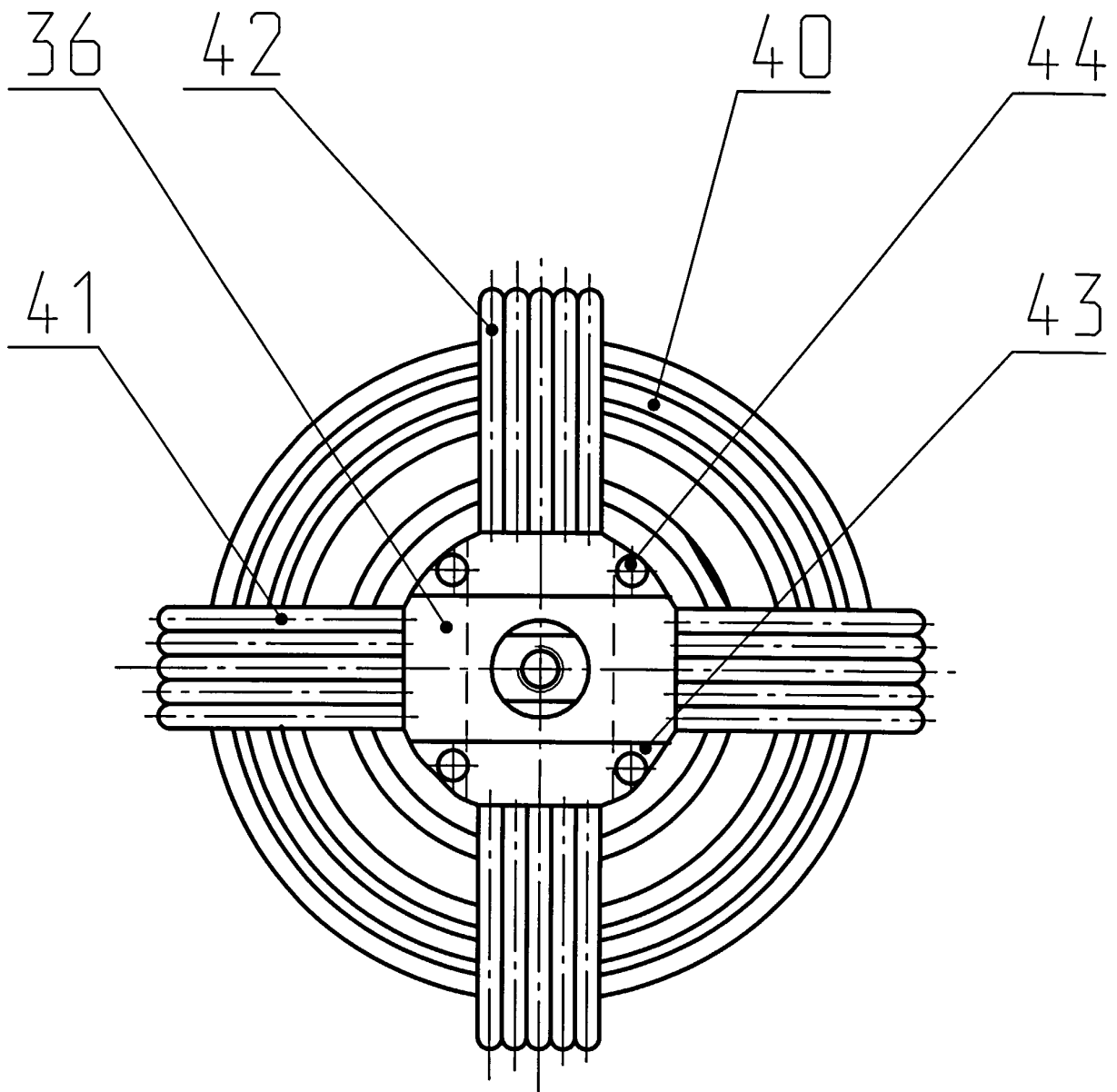
Фиг. 5



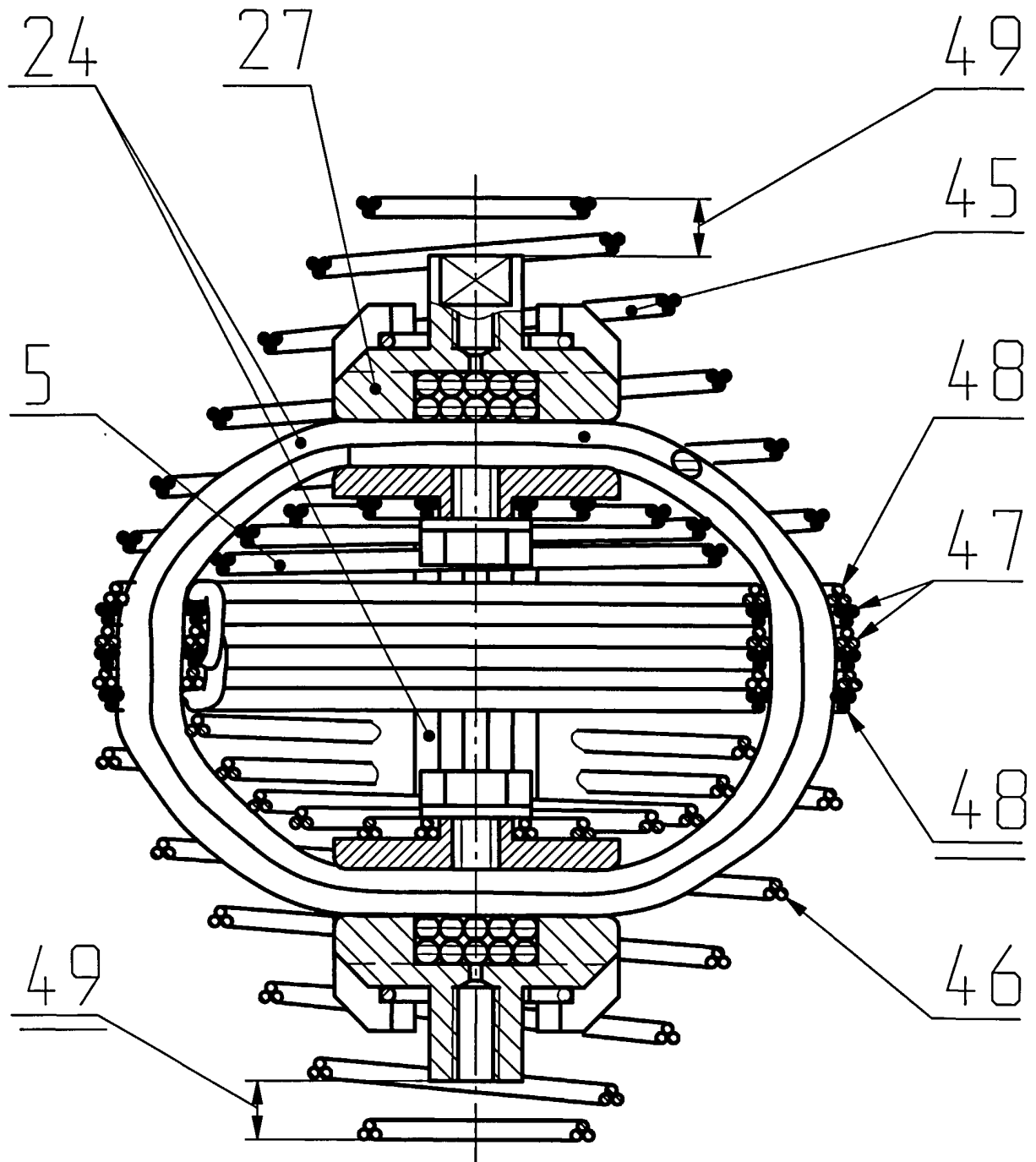
Фиг. 6



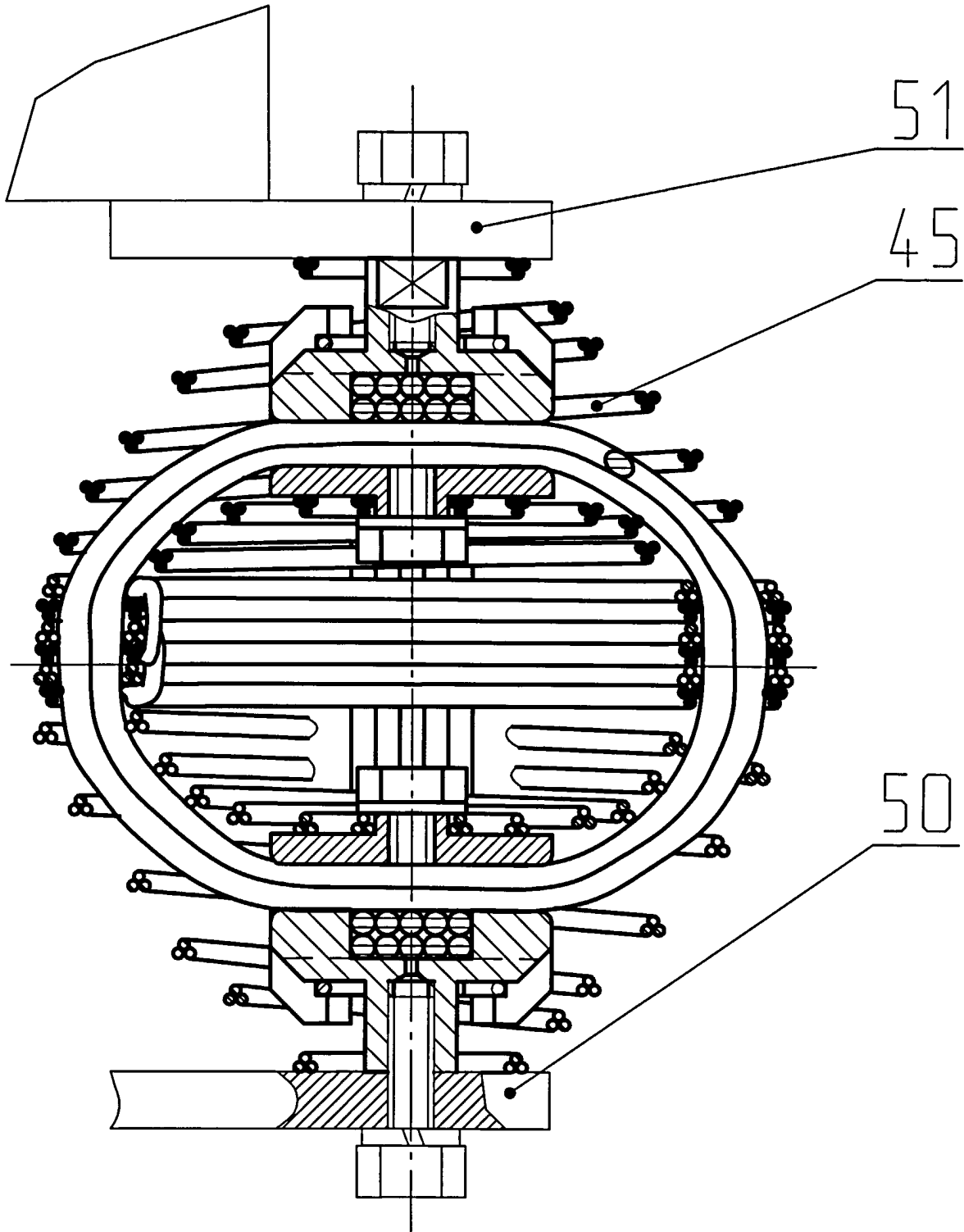
Фиг. 7



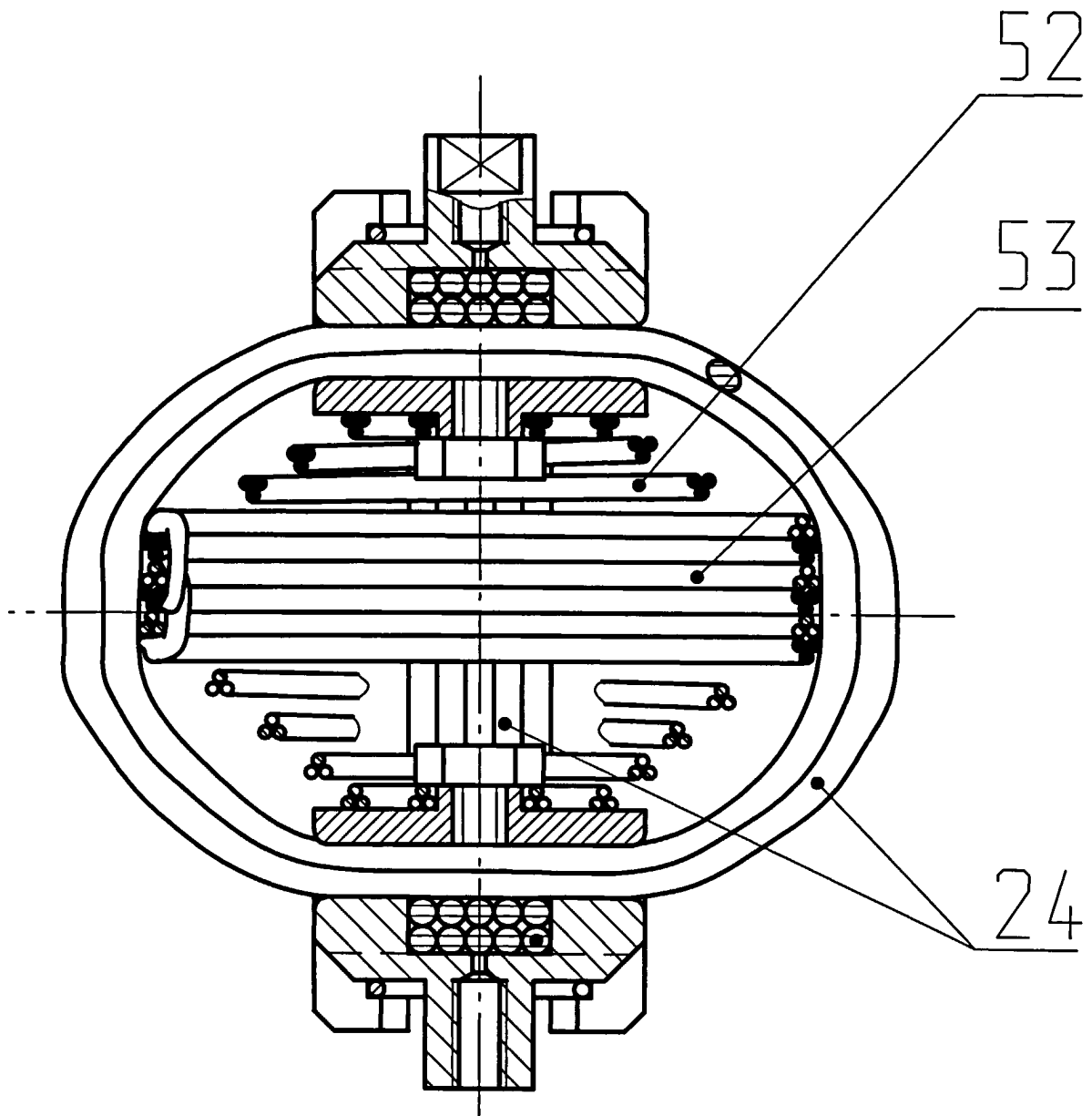
Фиг. 8



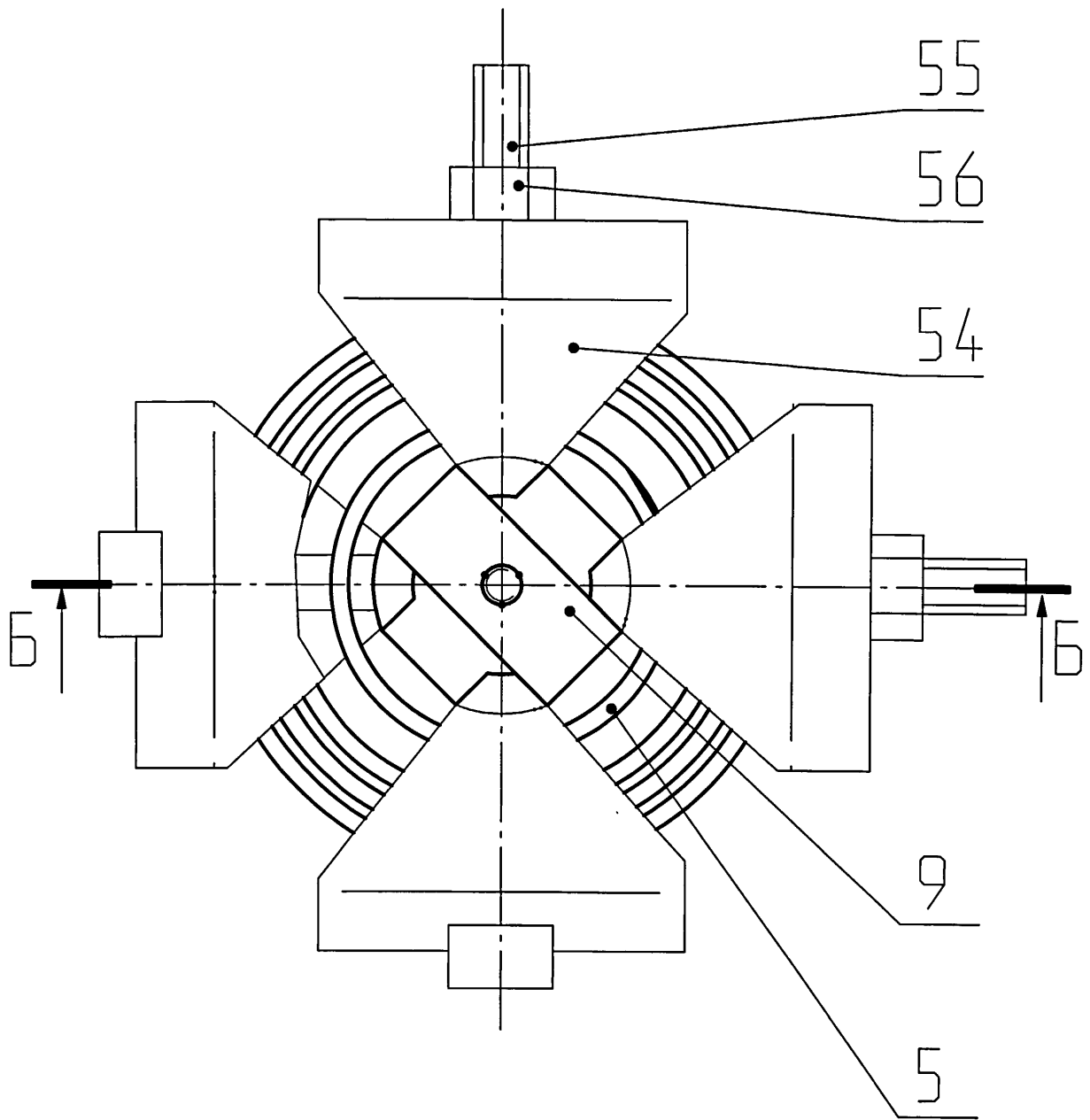
Фиг. 9



Φ10

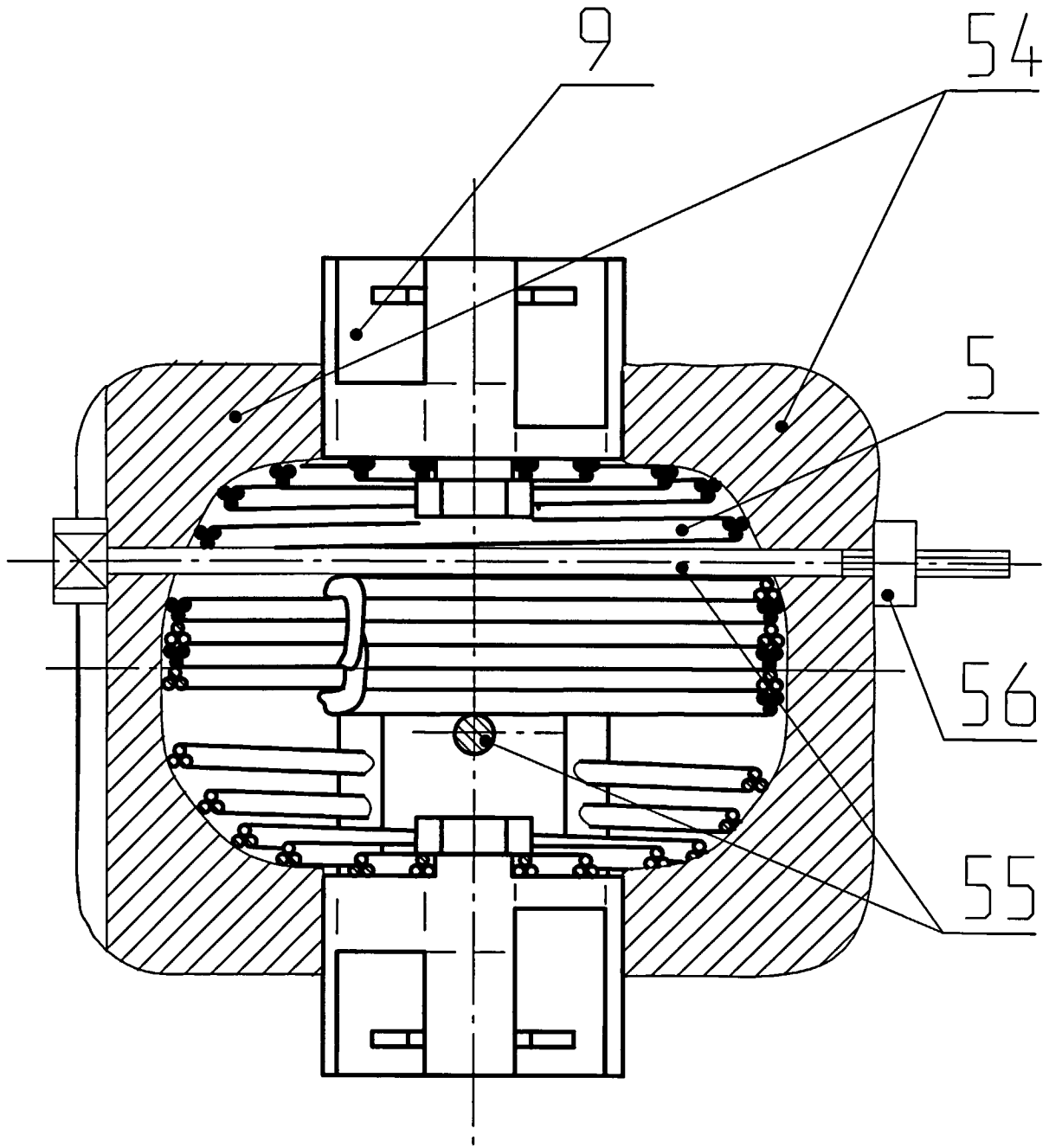


Фиг. 11



Фиг. 12

Б - Б



Фиг. 13