

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

[B06B 1/06 \(2006.01\)](#)[G01N 11/16 \(2006.01\)](#)[G01N 9/00 \(2006.01\)](#)

(52) СПК

[G01N 11/16 \(2022.08\)](#)[G01N 9/002 \(2022.08\)](#)**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 27.12.2022)

Пошлина: Установленный срок для уплаты пошлины за 3 год: с 26.06.2023 по 25.06.2024. При
уплате пошлины за 3 год в дополнительный 6-месячный срок с 26.06.2024 по 25.12.2024
размер пошлины увеличивается на 50%.(21)(22) Заявка: [2022117177](#), 25.06.2022(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.06.2022Дата регистрации:
26.12.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.06.2022

(45) Опубликовано: [26.12.2022](#) Бюл. № 36(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2247606 C2, 10.03.2005. RU
169441 U1, 17.03.2017. RU 2346259 C2,
10.02.2009. RU 2713987 C1, 11.02.2020. RU
2406980 C2, 20.12.2010. US 10571380 B2,
25.02.2020. DE 19621449 C2, 30.11.2000. WO
1992021945 A1, 10.12.1992. US 5191316 A1,
02.03.1993.

Адрес для переписки:

344019, Ростовская обл., г. Ростов-на-Дону,
ул. Верхненькая, 3, кв. 16,
Зацерклянный Олег Владимирович

(72) Автор(ы):

Зацерклянный Олег Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

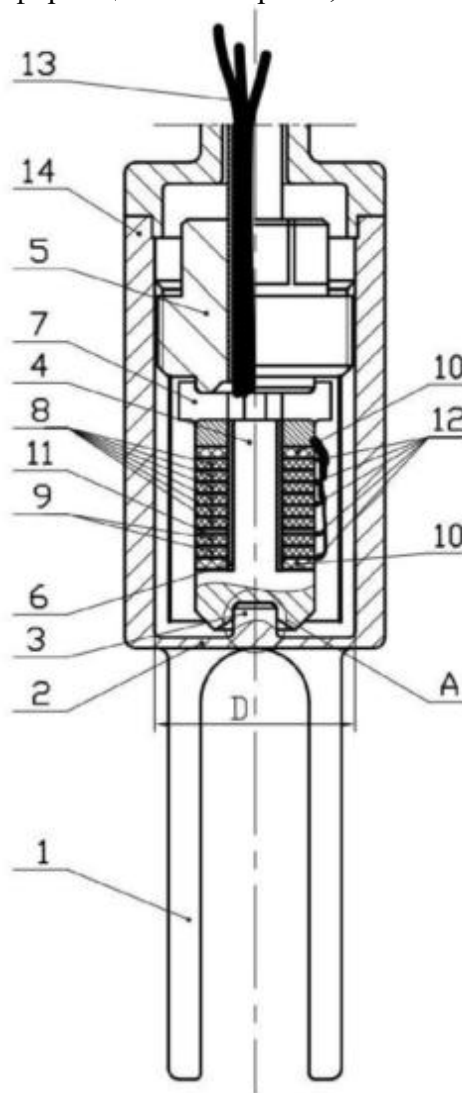
ООО "СМАРТПРИБОР" (RU)

(54) Устройство для определения плотности и/или вязкости жидкостей и газов

(57) Реферат:

Изобретение относится измерительной технике. Измеритель вязкости и плотности содержит механическую колебательную систему, состоящую из штанг, прикрепленных на расстоянии друг от друга к мембране, зажатой на краях и образующей с поверхностью штуцера или патрубка-удлинителя непроницаемую внутреннюю полость, внутри которой размещён пьезопривод, состоящий из собранных в виде столбика кольцевых пьезоэлектрических элементов, специальной шайбы, кольцевых изоляторов, металлической шайбы и токосъёмников. Элементы пьезопривода установлены вдоль трубчатого изолятора, отделяющего их от металлической пяты, на которую он опирается. Пьезопривод прижимается к мембране через пяту с помощью зажимного винта. Между приводом и зажимным винтом располагается специальная металлическая шайба, в которой выполнены радиальные канавки для прокладки проводов от токосъёмников в центральный коммутационный канал. Устройство дополнительно содержит специальный выступ, сформированный на мембране в качестве жёсткого центра. Центр выступа совпадает с центром мембраны, наибольший диаметр $d \leq 0,7 D$, где D - диаметр мембраны, а максимальная высота h составляет не менее двух толщин мембраны H . Технический результат - повышение точности измерений плотности и вязкости жидкостей и/или газов под

давлением путём уменьшения деформаций мембраны, вызванных давлением измеряемой среды. 4 з.п. ф-лы, 8 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к компонентам измерительных устройств и предназначено для определения плотности и/или вязкости жидких (в том числе, сжиженных газов) и/или газообразных сред в различных резервуарах или трубопроводах, в том числе, находящихся под давлением. Устройство может быть использовано также для контроля уровня жидких или сыпучих веществ в емкости и/или трубопроводе.

Известно устройство для определения и контроля предельного уровня в ёмкости, которое представляет собой механическую колебательную структуру, состоящую из диафрагмы и, по крайней мере, двух осциллирующих штанг, введенных в контейнер вдоль своей продольной оси. Устройство содержит также преобразователи возбуждения и обратной связи, образованные пакетом пьезоэлементов и металлическое кольцо, размещенное на конце пакета смежного с диафрагмой и, по крайней мере, два шипа давления, размещенные между металлическим кольцом и диафрагмой, обеспечивающих передачу колебаний от преобразователя возбуждения на диафрагму с осциллирующими штангами [1].

Недостатком этого технического решения является сложность монтажа преобразователей возбуждения и обратной связи во внутренней полости устройства, т.к. их установка и соединение с мембраной осуществляется только на двух шипах давления. На шипах давления малых размеров происходит концентрация контактных механических напряжений, что снижает прочность мембраны и устройства в целом. Кроме того, конструкция не предназначена для работы при значительном внешнем давлении, так как при воздействии давления происходит прогиб диафрагмы внутрь изолированной полости и уменьшение усилия зажатия пакета пьезоэлементов ниже допустимого рабочего значения.

Известно устройство, содержащее механическую колебательную систему, состоящую из двух и более штанг, выступающих в емкость и прикрепленных на расстоянии друг от друга к мембране зажатой на краях и образующей с поверхностью штуцера непроницаемую внутреннюю полость в которой размещены преобразователь

возбуждения и преобразователь обратной связи, имеющие на обоих концах металлические кольца и состоящие из набора пьезоэлектрических элементов, включая один и более пьезоэлемент, которые могут быть возбуждены напряжением переменного тока для того, чтобы колебания штанг были перпендикулярны к их продольной оси, а также один и более пьезоэлектрических элементов для преобразования колебаний механической системы в электрический сигнал, зажимной винт, прочно соединенный с мембраной со стороны, противоположной колебательным штангам, проходящий через преобразователи возбуждения и обратной связи, имеется дополнительное металлическое кольцо, размещенное между металлическим кольцом преобразователей и мембраной, соосно с металлическими кольцами преобразователей, причем дополнительное металлическое кольцо выполнено из того же материала, что и мембрана и штуцер и жестко связано с ними сваркой [2].

Недостатком этого технического решения является низкая эффективность передачи колебаний от преобразователя возбуждения к осциллирующим штангам. Кроме того, конструкция также не предназначена для работы при значительном внешнем давлении, так как при воздействии давления происходит прогиб мембраны внутри непроницаемой внутренней полости и уменьшение усилия зажатия пакета пьезоэлементов ниже допустимого рабочего значения.

Известен вибронд для определения плотности жидких сред, который содержит вилку, снабжённую пьезоэлектрическим кристаллом, закреплённую на изогнутом участке вилки, и магнитострикционный привод. В вибронд дополнительно введены труба и демпфирующее устройство, которое состоит из сильфона, стакана и пружины. Сильфон расположен внутри стакана и герметично врезан в трубу вибронда, пружина жёстко соединена с торцом стакана и корпусом вилки.

Недостатком этого технического решения является низкая эффективность передачи колебаний от магнитострикционного привода к вибрирующей вилке.

Наиболее близким, по технической сущности к заявляемому, является устройство для определения и/или контроля заданного уровня заполнения ёмкости, содержащее установленную на отметке заданного уровня заполнения механическую колебательную систему с цилиндрическим корпусом закрытым мембраной в концевой части. Расположенные столбиком пьезоэлектрические элементы во время работы приводят механическую колебательную систему в колебания, воспринимают колебания, зависящие от уровня заполнения в данный момент, обеспечивают их дальнейшее преобразование и обработку располагаются между первым и вторым пестами, примыкающими к концевой части и к столбику. Весь столбик зажат вдоль продольной оси корпуса между ввинченным в корпус нажимным винтом и мембраной [4].

Недостатком этого технического решения является сложность монтажа преобразователей возбуждения и измерения параметров колебаний в виде столбика пьезоэлементов в корпусе, так как их установка и соединение с мембраной осуществляется только в 1-й точке - в желобке, выполненном в форме песта в котором установлена, с возможностью поворота, круглая купольная часть песта, передающего колебания столбика пьезоэлементов на мембрану. Кроме того, на упомянутом желобке также происходит концентрация контактных механических напряжений, что снижает прочность мембраны и устройства в целом.

Заявляемое в качестве изобретения устройство позволяет устранить этот недостаток путём увеличения жёсткости центральной части мембраны, площади контакта системы возбуждения механических колебаний с мембраной и введением центрирующего элемента на поверхности мембраны. Решение позволяет повысить надёжность устройства, технологичность сборки и расширить сферу применения для сред, находящихся под давлением.

Для достижения указанного технического результата разработано устройство для определения плотности и/или вязкости жидкостей и газов, которое содержит механическую колебательную систему, состоящую из двух или более штанг, прикрепленных на расстоянии друг от друга к мембране, зажатой на краях и образующей с поверхностью штуцера или патрубка-удлинителя непроницаемую внутреннюю полость внутри которой размещён пьезопривод, состоящий из собранных в виде столбика кольцевых изоляторов, металлической шайбы, специальной шайбы, токосъёмников и кольцевых пьезоэлектрических элементов, включая один или более пьезоэлементов, которые могут быть возбуждены напряжением переменного тока для создания колебаний штанг перпендикулярно к их продольной оси, а также один или более пьезоэлементов для преобразования

колебаний механической системы в электрический сигнал, зажатый между металлической пятой, с одной стороны и зажимным винтом, с другой, отличающееся тем, что на мембране сформирован специальный выступ, на который опирается пята специальным углублением, согласованным по форме с формой выступа, выполненный за одно целое с мембраной, причём центр выступа совпадает с центром мембраны, наибольший диаметр не превышает 0,7 диаметра мембраны, а максимальная высота составляет не менее двух толщин мембраны. Форма пяты обеспечивает однозначное позиционирование пьезоэлементов при сборке и недеформируемую опору, в которой сформировано углубление для соединения с выступом, обеспечивающее гарантированную установку вдоль центральной оси мембраны.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг. 1 показана схема устройства, на фиг. 2÷6 - варианты исполнения устройства, а на фиг. 7 и 8 - эквивалентные схемы механической колебательной системы заявленного устройства.

Эквивалентные массы $m_{э1}$ и $m_{э2}$ сосредоточены на концах невесомых стержней с жесткостями $C_{э1}$ и $C_{э2}$ и параметрами трения $r_{э1}$ и $r_{э2}$. Мембрана резонатора с массой $m_{э3}$, жёсткостью $C_{э3}$ и трением $r_{э3}$ связана с цилиндром массой $m_{э0}$. Система возбуждения со специальной шпилькой-опорой и набором пьезоэлементов с жёсткостью $C_{э4}$ и трением $r_{э4}$ воздействует на центр мембраны и также связана с цилиндром массой $m_{э0}$. Противофазные колебания лопастей резонатора возбуждаются силой F , возникающей в результате обратного пьезоэффекта и действующей на центр мембраны в направлении перпендикулярном её плоскости. Механическая колебательная система рассматривается как часть замкнутой автоколебательной системы, находящейся в режиме вынужденных колебаний, возбуждаемых сосредоточенной силой с частотой, равной собственной частоте колебаний резонатора и определяемой из условия баланса амплитуд и фаз замкнутой системы.

Частота колебаний системы определяется массой и жёсткостью элементов, а амплитуда - величиной возбуждающей силы и трением элементов. Воздействие внешнего давления P на систему зависит от параметров жёсткости мембраны и системы возбуждения и может приводить к значительным деформациям мембраны, а соответственно, и характеристик колебательной системы. Вариант наибольших изменений представлен на фиг. 8 и соответствует случаю отсутствия центральной опоры. В этом случае, перемещение центра мембраны постоянного сечения без центральной опоры под действием внешнего давления определяется выражением:

$$\delta = \frac{kD^4}{EH^2} P, \quad (1)$$

где δ - перемещение центра мембраны, k - конструкционный коэффициент,

D - диаметр мембраны, E - модуль упругости материала мембраны, H - толщина мембраны, P - давление, воздействующее на мембрану.

Перемещение центра мембраны с центральной опорой при воздействии внешнего давления определяется выражением:

$$\delta = \frac{lD^2}{d^2E} P, \quad (2)$$

где δ - перемещение центра мембраны, l - длина опоры, D - диаметр мембраны, d -

диаметр опоры ($d < D$), E - модуль упругости материала опоры, P - давление, воздействующее на мембрану.

Видно, что при наличии центральной опоры (фиг. 7) перемещение центра мембраны не зависит от её толщины и определяется модулем упругости опоры, в нашем случае, значениями упругости шпильки-опоры, пьезоэлементов и специальных вставок. Фактически, перемещение центра мембраны определяется не внешним давлением, а деформацией пьезоэлементов под действием электрического поля при возбуждении колебаний механической системы.

В случае жёсткой центральной опоры, как в предлагаемом устройстве, изменение формы и частотных характеристик механической колебательной системы пренебрежимо малы и не влияют на погрешность измерения плотности в значительном диапазоне давлений (до 100 МПа).

Устройство для определения плотности и/или вязкости жидкостей и газов, фиг. 1, содержит механическую колебательную систему, состоящую из двух или более штанг

1, прикрепленных на расстоянии друг от друга к мембране 2, зажатой на краях и образующей с поверхностью штуцера или патрубка-удлинителя 14 непроницаемую внутреннюю полость внутри которой размещён пьезопривод, состоящий из собранных в виде столбика кольцевых пьезоэлектрических элементов 8 и 9, специальной шайбы 7, кольцевых изоляторов 10, металлической шайбы 11 и токосъёмников 12. Элементы пьезопривода установлены вдоль трубчатого изолятора 6, отделяющего их от металлической пяты 4, на которую он опирается. Пьезопривод прижимается к мембране через пята с помощью зажимного винта 5. Между приводом и зажимным винтом располагается специальная металлическая шайба, в которой выполнены радиальные канавки для прокладки проводов от токосъёмников в центральный коммутационный канал. Один или более пьезоэлементов 8 в столбике, могут быть использованы для создания колебаний штанг, для чего по проводам 13 и токосъёмникам на них подаётся напряжение переменного тока заданной частоты и амплитуды, которое приводит к изменению геометрических размеров пьезоэлементов, что создаёт возвратно поступательные колебания, передающиеся на пята, и далее, через специальный выступ мембране и штангам. Один или более пьезоэлементов в столбике преобразуют колебаний механической системы в электрический сигнал, который по проводам 13 передаётся для обработки, управления работой генератора и контроля характеристик механической колебательной системы. В механической колебательной системе поддерживаются колебания на частоте резонанса, или на частоте близкой к резонансной с определённым фазовым сдвигом между электрическим сигналом возбуждения и обратной связи. Устройство **отличается тем, что** в него введен специальный выступ 3, сформированный на мембране 2 в качестве жёсткого центра, на который опирается пята 4. Форма пяты обеспечивает надёжное соединение с выступом за счёт сформированного углубления, согласованного по форме с формой выступа. Кроме того, пята и трубчатый изолятор обеспечивают однозначное позиционирование пьезоэлементов, кольцевых изоляторов, специального кольца и токосъёмников при сборке, а также, недеформируемую опору для всего пьезопривода.

На фиг. 2 показан вариант исполнения устройства, в котором специальный выступ имеет форму цилиндра диаметром d , ровную верхнюю поверхность с фаской, и максимальный радиус R соединения с мембраной не превышает двух высот h выступа.

На фиг. 3 показан вариант исполнения устройства, специальный выступ имеет форму конуса или усечённого конуса, и максимальный радиус R соединения с мембраной не превышает двух высот h выступа.

На фиг. 4 показан вариант исполнения устройства, специальный выступ имеет форму полусферы радиуса r , и максимальный радиус R соединения с мембраной не превышает двух высот h выступа.

На фиг. 5 показан вариант исполнения устройства, специальный выступ имеет форму цилиндра, верхняя поверхность которого представляет собой усечённый конус, и максимальный радиус R соединения с мембраной не превышает двух высот h выступа.

На фиг. 6 показан вариант исполнения устройства, специальный выступ имеет форму цилиндра, верхняя поверхность которого представляет собой сферическую поверхность и максимальный радиус R соединения с мембраной не превышает двух высот h выступа.

На фиг. 7 показана эквивалентная схема механической колебательной системы со специальной шпилькой-опорой при воздействии давления измеряемой среды и без этого воздействия.

На фиг. 8 показана эквивалентная схема механической колебательной системы без центральной опоры при воздействии давления измеряемой среды и без этого воздействия (пунктир).

Период вынужденных колебаний системы штанг и мембраны на частоте резонанса уменьшается при погружения штанг в более плотную среду. При полном погружении системы штанг и мембраны в жидкую или газовую среду значение резонансной частоты системы является мерой, по которой определяется плотность этой среды, а значение добротности является мерой, по которой определяется вязкость среды.

При частичном погружении системы штанг и мембраны в жидкую или газовую среду изменение резонансной частоты системы является мерой уровня жидкости в точки расположения устройства контроля предельного уровня. При наполнении или

опорожнении емкости вещество достигает места, где установлено устройство и по мере погружения или осушения штанг изменяется их собственная частота колебаний.

Источники информации

1. US 5191316, МПК В06В 1/06; G01F 23/296; G01H 13/00; G08В 021/00 «Apparatus for determining and/or monitoring a predetermined contents level in a container» 02.03.1993.
2. Патент RU 2406980 МПК G01F 23/296 «Устройство для контроля предельного уровня в емкости» 2009.01.26.
3. Патент RU 2346259, МПК G01N 9/10 «Виброзонд для определения плотности жидких сред» 12.02.2007.
4. Патент RU 2247606, МПК В06В 1/06 «Устройство для определения и/или контроля заданного уровня заполнения емкости» 01.03.2001.

Формула изобретения

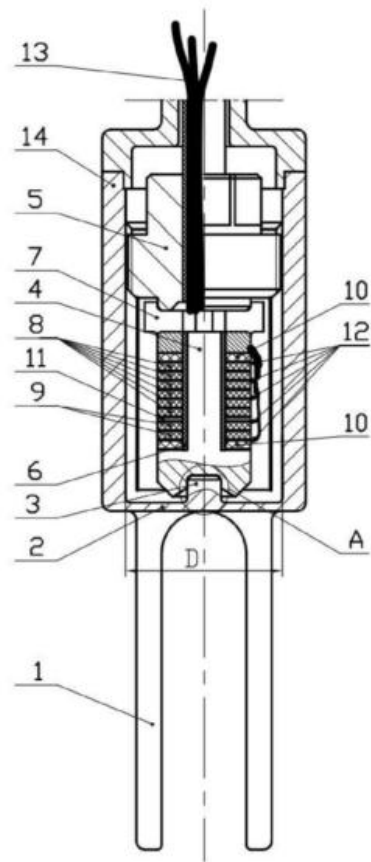
1. Устройство для определения плотности и/или вязкости жидкостей и газов, содержит механическую колебательную систему, состоящую из двух или более штанг, прикрепленных на расстоянии друг от друга к мембране, зажатой на краях и образующей с поверхностью штуцера или патрубка-удлинителя непроницаемую внутреннюю полость внутри которой размещён пьезопривод, состоящий из собранных в виде столбика кольцевых изоляторов, металлической шайбы, специальной шайбы, токосъёмников и кольцевых пьезоэлектрических элементов, включая один или более пьезоэлементов, которые могут быть возбуждены напряжением переменного тока для создания колебаний штанг, а также один или более пьезоэлементов для преобразования колебаний механической системы в электрический сигнал, зажатый между металлической пятой, с одной стороны и зажимным винтом, с другой, отличающееся тем, что на мембране сформирован специальный выступ, на который опирается пята специальным углублением, согласованным по форме с формой выступа, выполненный за одно целое с мембраной, причём центр выступа совпадает с центром мембраны, наибольший диаметр не превышает 0,7 диаметра мембраны, а максимальная высота составляет не менее двух толщин мембраны.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что специальный выступ имеет форму цилиндра, ровную верхнюю поверхность с фаской, и максимальный радиус соединения с мембраной не превышает двух высот выступа.

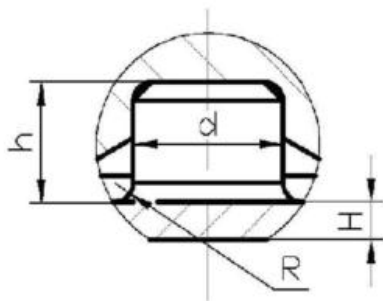
3. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что специальный выступ имеет форму конуса или усечённого конуса, и максимальный радиус соединения с мембраной не превышает двух высот выступа.

4. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что специальный выступ имеет форму полусферы, и максимальный радиус соединения с мембраной не превышает двух высот выступа.

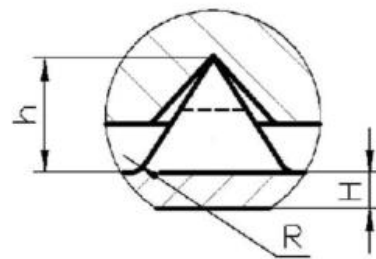
5. Устройство по п. 2, отличающееся тем, что специальный выступ имеет форму цилиндра, верхняя поверхность которого представляет собой конус, усечённый конус или сферическую поверхность, и максимальный радиус соединения с мембраной не превышает двух высот выступа.



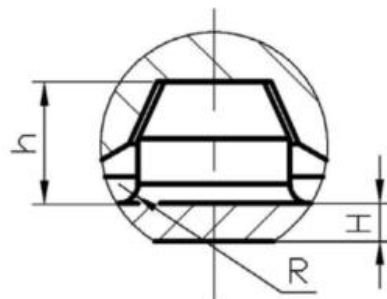
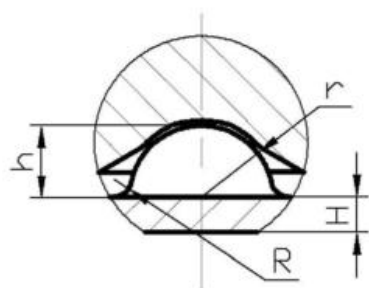
Фиг. 1

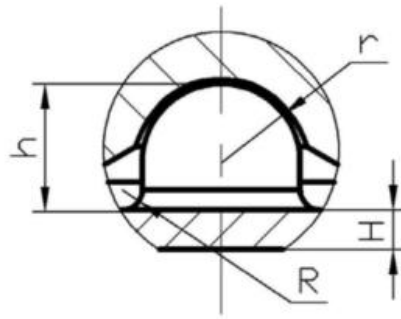


Фиг. 2

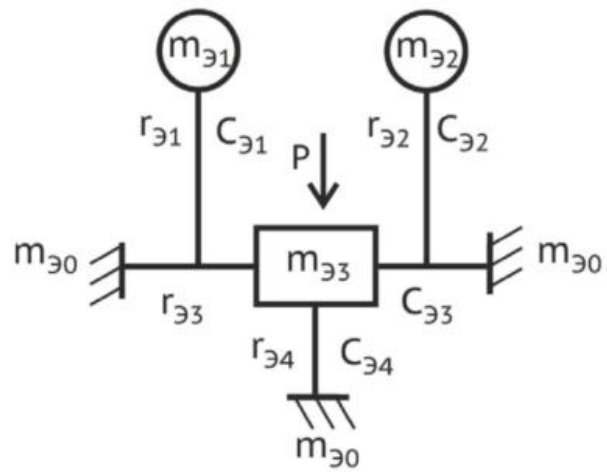


Фиг. 3

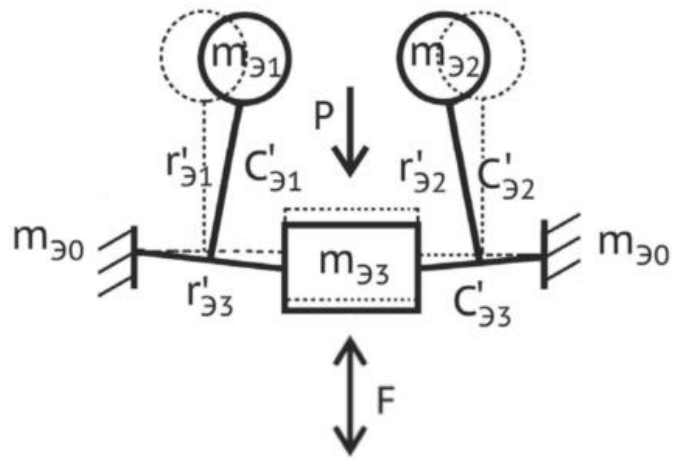




Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8