



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013144282, 22.02.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.02.2012

Дата регистрации:
02.08.2017

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
21.03.2011 US 13/052,475

(43) Дата публикации заявки: 27.04.2015 Бюл. № 12

(45) Опубликовано: 02.08.2017 Бюл. № 22

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 21.10.2013

(86) Заявка РСТ:
US 2012/026099 (22.02.2012)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2012/148532 (01.11.2012)

Адрес для переписки:
197101, Санкт-Петербург, а/я 128, "АРС-
ПАТЕНТ"

(72) Автор(ы):

КЛИФФОРД Джейсон Д. (US),
ЛАРСЕН Тодд В. (US),
ТУТТ Брайан Дж. (US)

(73) Патентообладатель(и):

ТЕСКОМ КОРПОРЕЙШН (US)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 3503307 A, 31.03.1970. US 466275
A, 29.12.1981. US 2002/0100503 A1, 01.08.2002.
US 5881997 A, 16.03.1999. US 5762314 A,
09.06.1998.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С МЕМБРАНОЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ
ЦИКЛИЧЕСКОГО РЕСУРСА МЕМБРАНЫ

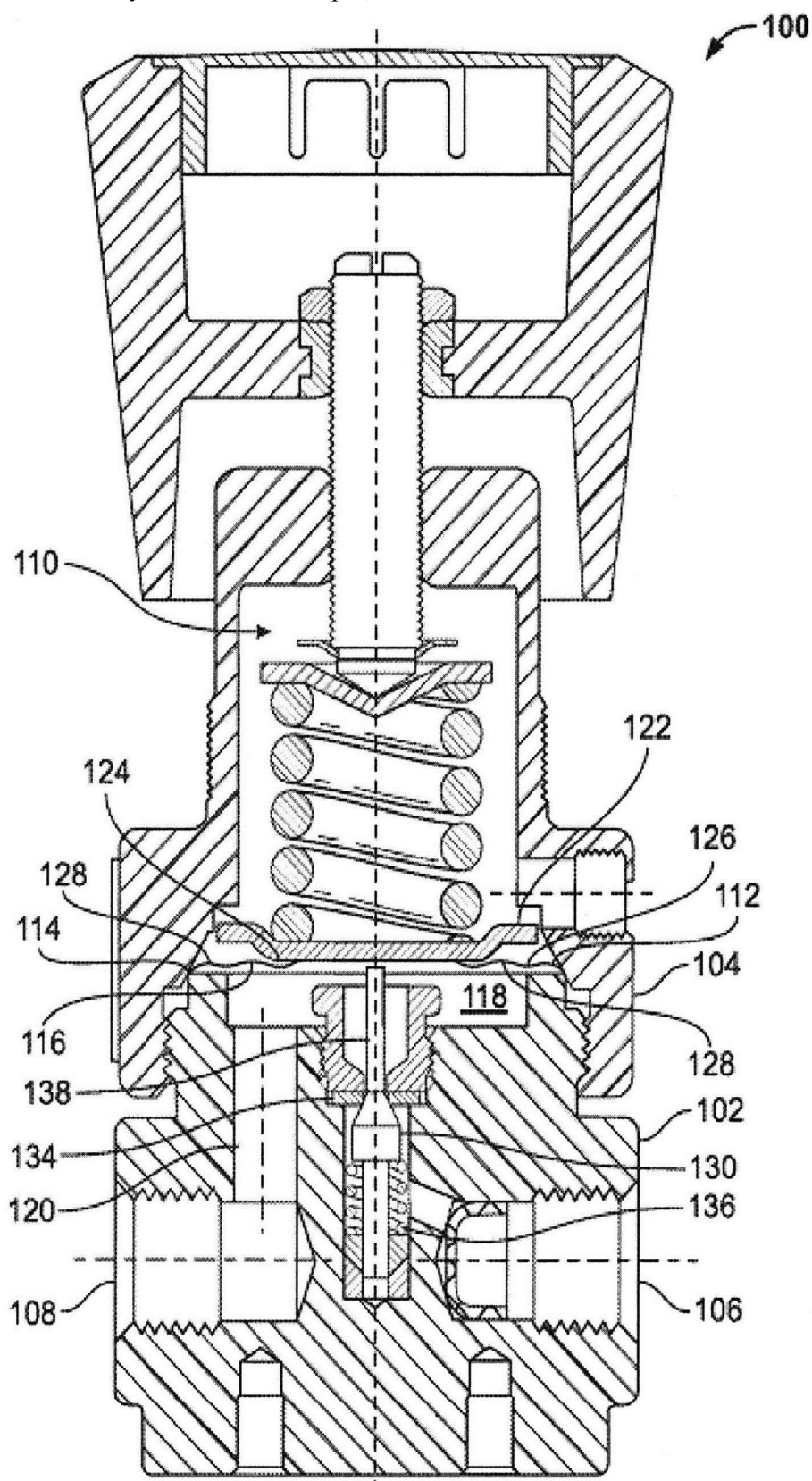
(57) Реферат:

Предложено устройство для взаимодействия с мембраной для увеличения циклического ресурса мембраны. Регулятор расхода текучей среды содержит канал для протекания текучей среды между входным отверстием и выходным отверстием; управляющую камеру, образующую часть канала для протекания текучей среды; мембрану, выполненную с возможностью восприятия давления в управляющей камере; и первое и второе устройства для взаимодействия с мембраной, расположенные рядом с управляющей камерой, причем первое устройство для взаимодействия с мембраной включает в себя кольцевой элемент, содержащий зажимающую часть, которая выполнена с возможностью зажатия периферийного края мембраны, и

опорную часть, имеющую первую криволинейную поверхность, при этом второе устройство для взаимодействия с мембраной включает в себя опорную пластину для мембраны, посредством которой смещающий элемент, размещенный в нагрузочной камере, прикладывает усилие к мембране, при этом указанная опорная пластина для мембраны имеет вторую криволинейную поверхность, причем указанные первая и вторая криволинейные поверхности соответственно соприкасаются с первой и второй частями мембраны, которые перемещаются в ответ на изменения давления в управляющей камере, снижая тем самым концентрацию напряжения, возникающего на указанных первой и второй частях мембраны, во время работы регулятора

расхода текучей среды. Предложенная группа изобретений позволяют уменьшить концентрацию

напряжений в мембране. 2 н. и 11 з.п. ф-лы, 9 ил.



ФИГ. 1А



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2013144282, 22.02.2012**(24) Effective date for property rights:
22.02.2012Registration date:
02.08.2017

Priority:

(30) Convention priority:
21.03.2011 US 13/052,475(43) Application published: **27.04.2015** Bull. № 12(45) Date of publication: **02.08.2017** Bull. № 22(85) Commencement of national phase: **21.10.2013**(86) PCT application:
US 2012/026099 (22.02.2012)(87) PCT publication:
WO 2012/148532 (01.11.2012)Mail address:
197101, Sankt-Peterburg, a/ya 128, "ARS-PATENT"

(72) Inventor(s):

**KLIFFORD Dzhejson D. (US),
LARSEN Todd V. (US),
TUTT Brajan Dzh. (US)**

(73) Proprietor(s):

TESCOM CORPORATION (US)(54) **DEVICE FOR INTERACTION WITH MEMBRANE, DESIGNED FOR ENLARGING THE CYCLE LIFE OF MEMBRANE**

(57) Abstract:

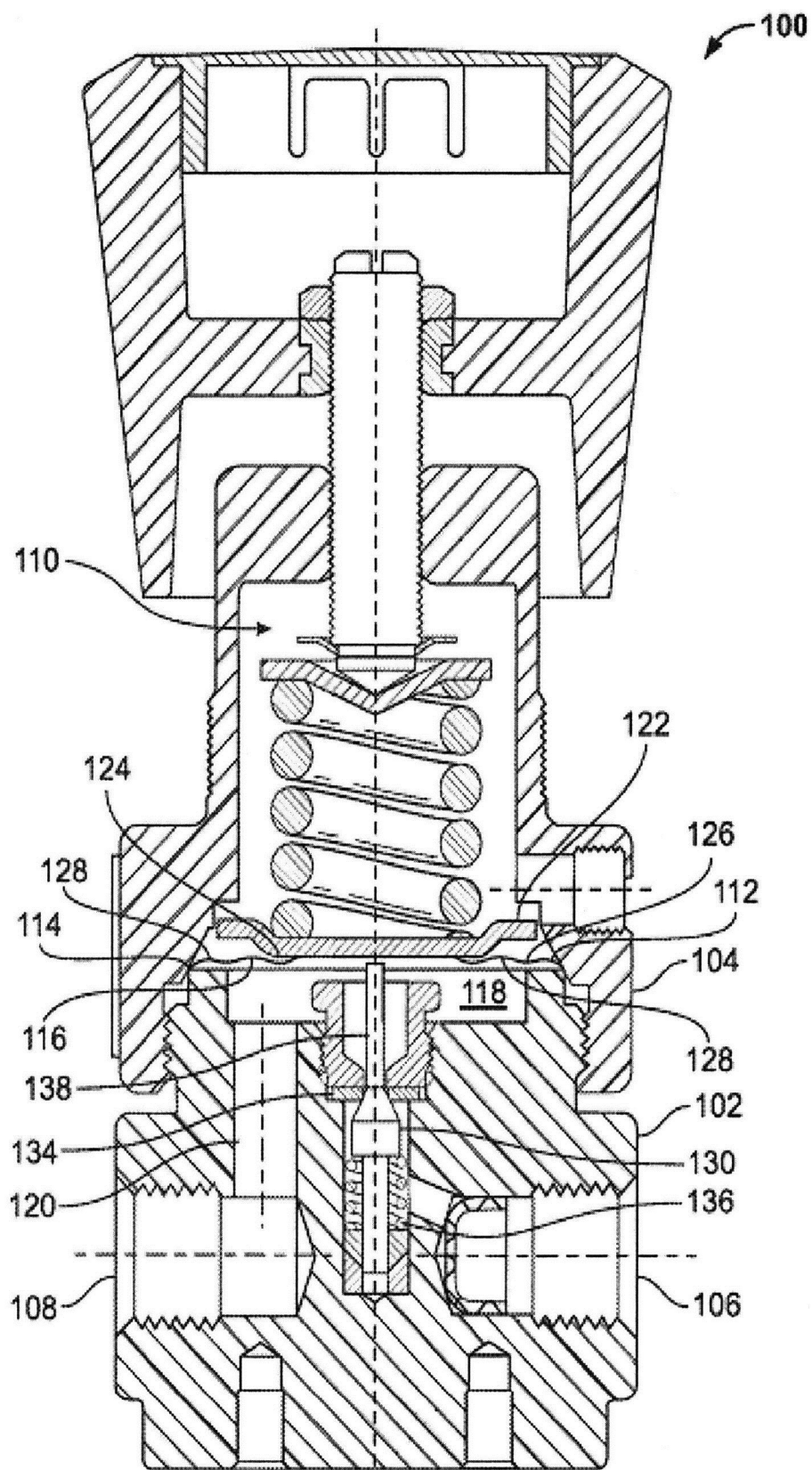
FIELD: machine engineering.

SUBSTANCE: fluid flow controller comprises a channel for fluid flow between the inlet and the outlet; control chamber forming part of a channel for fluid flow; a membrane adapted to the pressure in the control chamber perception; and first and second devices to communicate with the membrane adjacent to the control chamber. The first device to interact with the membrane includes an annular member comprising a clamping portion that is configured to clamping the peripheral edge of the membrane, and a support portion having a first curved surface. A second device for interacting with the membrane includes a support plate for the

membrane, whereby the biasing member housed in the loading chamber, applies force to the membrane. Mentioned membrane supporting plate has a second curved surface. Mentioned first and second curved surfaces respectively adjoin the first and second diaphragm portions that move in response to pressure changes in the control chamber, thereby reducing the stress concentration occurring at mentioned first and second parts of the membrane during operation of fluid flow controller.

EFFECT: reduction of stress concentration in the membrane.

13 cl, 9 dwg



ФИГ. 1А

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение в целом относится к регуляторам расхода текучей среды и, более конкретно, к устройству для взаимодействия с мембраной для увеличения циклического ресурса мембраны.

5 Уровень техники

Регуляторы расхода текучей среды обычно используются в системах управления технологическими процессами для управления давлениями различных текучих сред (например, жидкостей, газов, и т.п.). Регуляторы расхода текучей среды обычно используются для регулирования давления текучей среды по существу до постоянного значения. В частности, регулятор расхода текучей среды имеет входное отверстие, в 10 которое обычно подается питающая текучая среда под относительно высоким давлением, и обеспечивает относительно низкое и по существу постоянное давление в выходном отверстии. Для регулирования давления ниже по течению потока регуляторы текучих сред обычно содержат воспринимающий элемент или мембрану для 15 распознавания давления на выходе, гидравлически связанного с давлением ниже по течению потока. Эластомерные мембраны являются эффективными в отношении затрат и обычно используются в случаях применения с низким давлением или с коррозионными технологическими текучими средами. Для случаев применения высокой чистоты, с высоким давлением или с высококоррозионными технологическими текучими средами 20 в регуляторах расхода текучей среды часто используют металлическую мембрану (например, мембрану из нержавеющей стали).

Для соединения металлической мембраны с регулятором расхода текучей среды в традиционных регуляторах расхода текучей среды периферийный край металлической мембраны зажимают между корпусом клапана регулятора и крышкой. Такое зажимное 25 соединение ограничивает деформацию и напряжение на металлической мембране. Кроме того, для поддержания металлической мембраны в регуляторах расхода текучей среды обычно используют опорную пластину, имеющую по существу плоскую или плоскостную контактную поверхность, которая взаимодействует с металлической мембраной. Однако некоторые металлические мембраны содержат изгибы или 30 волнообразные контуры для повышения чувствительности мембраны. Опорная пластина, имеющая по существу плоскую контактную поверхность, взаимодействует с мембраной, имеющей изгибы, на относительно небольшой площади контактной поверхности и таким образом способствует повышению концентрации напряжения в металлической мембране в областях контакта. Такие концентрации локализованного 35 напряжения, приложенные к мембране, могут значительно уменьшить циклический ресурс или усталостную долговечность металлической мембраны, в результате чего повышаются эксплуатационные расходы и стоимость.

Раскрытие изобретения

Согласно одному варианту реализации регулятор расхода текучей среды содержит: 40 канал для протекания текучей среды между входным отверстием и выходным отверстием;

управляющую камеру, образующая часть канала для протекания текучей среды; мембрану для восприятия давления в управляющей камере; и

устройство для взаимодействия с мембраной, расположенное рядом с управляющей камерой, имеющее криволинейную поверхность для контакта с частью мембраны, 45 которая перемещается в ответ на изменения давления в управляющей камере, причем указанная криволинейная поверхность воздействует на величину напряжения, приложенного к части мембраны во время работы регулятора расхода текучей среды.

Согласно данному варианту реализации регулятор расхода текучей среды содержит: опору мембраны, расположенную между крышкой и корпусом клапана, для поддержания подвижной части мембраны, причем указанная опора мембраны имеет криволинейную поверхность, которая по существу является ответной для криволинейной поверхности рабочей стороны подвижной части мембраны, для увеличения площади контактной поверхности между опорой мембраны и подвижной частью мембраны во время работы.

Краткое описание чертежей

На фиг.1А показан известный регулятор расхода текучей среды.

На фиг.1В показано увеличенное изображение части известного регулятора расхода текучей среды, показанного на фиг.1А.

На фиг.2А показан регулятор расхода текучей среды согласно одному варианту реализации, описанный в настоящей заявке, содержащий металлическую мембрану, показанный в закрытом положении.

На фиг.2В показан регулятор расхода текучей среды согласно одному варианту реализации, показанному на фиг.2А, показанный в открытом положении.

На фиг.3А показано увеличенное изображение части регулятора расхода текучей среды согласно одному варианту реализации, показанному на фиг.2А и 2В.

На фиг.3В показано другое увеличенное изображение части регулятора расхода текучей среды согласно одному варианту реализации, показанному на фиг.2А, 2В и 3А.

На фиг.4 показан стопор согласно одному варианту реализации, описанный в настоящей заявке, использованный в регуляторе расхода текучей среды согласно одному варианту реализации, показанном на фиг.2А, 2В, 3А и 3В.

На фиг.5А показана пластина для взаимодействия с мембраной согласно одному варианту реализации, описанная в настоящей заявке, использованная в регуляторе расхода текучей среды согласно одному варианту реализации, показанному на фиг.2А, 2В, 3А и 3В.

На фиг.5В показан разрез пластины для взаимодействия с мембраной, показанной на фиг.5А.

Осуществление изобретения

Описанные в настоящей заявке регуляторы расхода текучей среды согласно одному варианту реализации имеют воспринимающий элемент или мембрану со значительно увеличенным циклическим ресурсом или усталостной долговечностью. Более конкретно, описанные в настоящей заявке регуляторы расхода текучей среды согласно одному варианту реализации содержат по меньшей мере одно устройство для взаимодействия с мембраной или опорный элемент для поддержания мембраны для уменьшения локализованных деформаций или концентраций напряжения в частях мембраны, которые перемещаются (например, деформируются или изгибаются) во время работы регулятора расхода текучей среды.

Описанный в настоящей заявке регулятор расхода текучей среды согласно одному варианту реализации содержит устройство для взаимодействия с мембраной, расположенное рядом с управляющей камерой регулятора расхода текучей среды. Устройство для взаимодействия с мембраной выполнено изогнутым для контакта с частью мембраны, которая перемещается в ответ на изменения давления в управляющей камере. Изогнутая поверхность вызывает изменение напряжения, приложенного к части мембраны, перемещающейся во время работы. В частности, описанная в настоящей заявке изогнутая поверхность взаимодействует с подвижными частями мембраны с образованием увеличенной площади контактной поверхности, для

распределения напряжения вдоль большей части мембраны и таким образом уменьшения концентрации локализованного напряжения, приложенного к частям мембраны, которые перемещаются во время работы.

Согласно некоторым вариантам реализации, описанным в настоящей заявке, изогнутая поверхность устройства для взаимодействия с мембраной содержит рабочую сторону или взаимодействующую поверхность, имеющую изогнутый профиль, ответный для профиля части мембраны, с которой устройство для взаимодействия с мембраной взаимодействует во время работы. Например, устройство для взаимодействия с мембраной описанного в настоящей заявке регулятора расхода текучей среды содержит опорную или контактную поверхность, которая имеет форму поперечного сечения или профиль, по существу соответствующий форме поперечного сечения или профилю мембраны, для существенного увеличения площади контактной поверхности между устройством для взаимодействия с мембраной и мембраной. Иными словами, указанное устройство для взаимодействия с мембраной сконфигурировано или сформировано по существу с возможностью сопряжения с мембраной, когда мембрана деформируется или изгибается при взаимодействии с устройством для взаимодействия с мембраной. В результате увеличение площади контактной поверхности между устройством для взаимодействия с мембраной регулятора расхода текучей среды и мембраной способствует снижению концентрации напряжения путем распределения напряжений, приложенных к мембране, вдоль расширенной области или части мембраны и таким образом существенно уменьшает локализованные напряжения или усталостную деформацию мембраны. В результате указанное устройство для взаимодействия с мембраной способствует значительному увеличению циклического ресурса или усталостной долговечности мембраны.

Перед обсуждением описанного в настоящей заявке регулятора расхода текучей среды согласно одному варианту реализации ниже приведено краткое описание известного регулятора расхода текучей среды, показанного на фиг.1А и 1В. Как показано на фиг.1А и 1В, регулятор расхода текучей среды содержит корпус 102 клапана, соединенный посредством резьбы с крышкой 104, которая образует канал для текучей среды между входным отверстием 106 и выходным отверстием 108.

Нагрузочный узел 110 расположен в крышке 104 и выполнен с возможностью регулирования для приложения нагрузки к мембране 112, причем указанная нагрузка соответствует желаемому давлению текучей среды на выходе. Периферийный край 114 мембраны 112 зажат или зафиксирован между крышкой 104 и корпусом 102 клапана, так что первая сторона 116 мембраны 112 и корпус 102 образуют управляющую камеру 118, которая гидравлически связана с выходным отверстием 108 через канал 120. Кроме того, для поддержания мембраны 112 регулятор расхода текучей среды содержит опорную пластину 122, имеющую по существу плоскую или гладкую контактную поверхность 124, которая взаимодействует с частью второй стороны 126 мембраны 112. Мембрана 112 является металлической и содержит несколько волнообразных контуров или изгибов 128 для повышения чувствительности мембраны 112. Тарелка 130 перемещается относительно седла 134 для регулирования или дросселирования потока текучей среды, протекающей между входным отверстием 106 и выходным отверстием 108. Смещающий элемент 136 смещает тарелку 130 по направлению к седлу 134. Тарелка 130 также содержит шток 138 для взаимодействия с мембраной 112 и опорной пластиной 122.

При использовании мембрана 112 и опорная пластина 122 перемещаются в направлении от штока 138, когда давление текучей среды в выходном отверстии 108 прикладывает к первой стороне 116 мембраны 112 силу, которая больше или равна

силе, приложенной нагрузочным узлом 110 ко второй стороне 126 мембраны 112. В результате тарелка 130 герметично взаимодействует с седлом 134 для ограничения протекания текучей среды между входным отверстием 106 и выходным отверстием 108. Если давление текучей среды в выходном отверстии 108 уменьшено настолько, что

5 сила, приложенная к первой стороне 116 мембраны 112, меньше, чем сила, приложенная ко второй стороне 126 мембраны 112 нагрузочным узлом 110, мембрана 112 изгибается или перемещается в направлении к корпусу 102 клапана и взаимодействует со штоком 138 тарелки, который вызывает перемещение тарелки 130 в направлении от седла 134 для обеспечения возможности протекания текучей среды между входным отверстием

10 106 и выходным отверстием 108. Текучая среда под давлением протекает между входным отверстием 106 и выходным отверстием 108 до тех пор, пока силы, приложенные к сторонам 116 и 126 мембраны 112, не уравниваются.

Как наиболее наглядно показано на фиг.1В, периферийный край 114 мембраны 112 зажат между крышкой 104 и корпусом 102 клапана в зоне или области 140 защемления.

15 Такое зажимное соединение является невыгодным, поскольку оно создает относительно высокую концентрацию напряжения в области или точке 142 непосредственно рядом с зоной 140 защемления, когда мембрана 112 деформируется или изгибается во время работы. Иными словами, область 142 мембраны 112 деформируется или изгибается (т.е. перемещается во время работы) при одновременном возникновении в ней

20 относительно высокой концентрации напряжения, которое может вызвать растрескивание или усталостное разрушение мембраны в области 142 во время работы. В результате высококонцентрированные или локализованные напряжения могут сократить или ограничить циклический ресурс или усталостную долговечность мембраны 112.

Кроме того, в некоторых известных примерах, не показанных на чертежах, плоскостная контактная поверхность 124 опорной пластины 122 взаимодействует с волнообразными контурами 128 мембраны 112 при ее перемещении относительно седла 134. В частности, поскольку контактная поверхность 124 опорной пластины 122 по

25 существу является плоской, она взаимодействует с мембраной 112 посредством пиков 144 волнообразных контуров 128 мембраны 112. Таким образом, опорная пластина 122 взаимодействует с пиками волнообразных контуров 128 в областях контактной поверхности, имеющих относительно небольшую площадь. В результате опорная

30 пластина 122 может вызвать концентрацию повышенного или локализованного напряжения, приложенного к мембране 112 через пики 144. Как указано выше, такие локализованные напряжения могут вызвать растрескивание или усталостное разрушение мембраны 112 и таким образом уменьшить циклический ресурс или усталостную долговечность мембраны 112 и повысить эксплуатационные расходы.

На фиг.2А и 2В показан регулятор 200 расхода текучей среды согласно одному варианту реализации, описанному в настоящей заявке. На фиг.2А показан регулятор

40 200 согласно одному варианту реализации в закрытом положении 202, и на фиг.2В показан регулятор 200 согласно одному варианту реализации в открытом положении 204.

Как показано на фиг.2А и 2В, регулятор 200 согласно одному варианту реализации содержит корпус, имеющий верхнюю часть или крышку 206, соединенную (например,

45 посредством резьбы) с нижней частью корпуса или корпусом 208 клапана. Корпус 208 клапана образует канал для потока текучей среды, протекающей между входным отверстием 210 и выходным отверстием 212 регулятора 200. Мембрана 214 зажата между корпусом 208 и крышкой 206 таким образом, что первая сторона 216 мембраны

214 и крышка 206 образуют нагрузочную камеру 218 для размещения в ней нагрузочного узла 220. Вторая сторона 222 мембраны 214 и внутренняя поверхность 224 корпуса 208 образуют управляющую камеру 226. Управляющая камера 226 гидравлически сообщается с выходным отверстием 212 через канал 228 и воспринимает давление

5 текучей среды в выходном отверстии 212. В показанном на чертеже варианте реализации мембрана 214 является металлической мембраной, выполненной, например, из нержавеющей стали.

Нагрузочный узел 220 функционально соединен с мембраной 214 посредством пластины для взаимодействия с мембраной или опорной пластины 230 и прикладывает

10 эталонную силу или нагрузку (например, заданную силу) к мембране 214. Согласно данному варианту реализации нагрузочный узел 220 содержит смещающий элемент 232 (например, пружину), расположенный в нагрузочной камере 218, который прикладывает нагрузку к мембране 214 посредством опорной пластины 230.

Регулировочный механизм 234 пружины регулирует (например, увеличивает или

15 уменьшает) величину заданной силы или нагрузки, которую смещающий элемент 232 прикладывает к первой стороне 216 мембраны 214. Как показано на чертеже, регулировочный механизм 234 содержит регулировочную ручку, зафиксированную клиньями на винте 236, который соединен посредством резьбы с крышкой 206 и взаимодействует с настраиваемым гнездом 238 пружины. Вращение ручки управления

20 в первом направлении (например, по часовой стрелке) или втором направлении (например, против часовой стрелки) изменяет величину сжатия смещающего элемента 232 (например, сжимает или ослабляет смещающий элемент 232) и, таким образом, величину нагрузки, приложенной к первой стороне 216 мембраны 214.

Клапанное устройство или клапанный картридж 240 расположен в пределах отверстия

25 242 корпуса 208 клапана и образует входную камеру 244, гидравлически связанную с входным отверстием 210. Клапанное устройство 240 содержит тарелку 246, которая перемещается по направлению к седлу 248 клапана для ограничения потока текучей среды, протекающей между входным отверстием 210 и выходным отверстием 212, когда регулятор 200 находится в закрытом положении 202. Тарелка 246 перемещается в

30 направлении седла 248 для обеспечения возможности протекания текучей среды между входным отверстием 210 и выходным отверстием 212, когда регулятор 200 находится в открытом положении 204. Смещающий элемент 250 смещает тарелку 246 по направлению к седлу 248. Уплотнение 252 (например, кольцевое уплотнение) расположено между клапанным устройством 240 и корпусом 208 клапана регулятора

35 200 для изолирования управляющей камеры 226 от входной камеры 244.

При использовании регулятор 200 расхода текучей среды согласно одному варианту реализации гидравлически связан, например, с источником входного давления, подающим текучую среду под относительно высоким давлением (например, газ) через

40 входное отверстие 210, и гидравлически связан, например, с устройством или системой низкого давления, расположенными ниже по ходу потока, через выходное отверстие 212. Регулятор 200 регулирует на выходе давление текучей среды, протекающей через него, до необходимого давления, соответствующего заданной нагрузке, приложенной настраиваемым нагрузочным узлом 220.

Для достижения желательного давления на выходе регулировочную ручку вращают

45 (например, по часовой стрелке или против часовой стрелки) для увеличения или уменьшения нагрузки, приложенной смещающим элементом 232 к первой стороне 216 мембраны 214. Нагрузку, приложенную смещающим элементом 232, регулируют для получения требуемого давления на выходе. При эталонной уставке давления

управляющая камера 226 воспринимает давление текучей среды в выходном отверстии 212 через канал 228, в результате чего мембрана 214 перемещается в ответ на изменения давления в управляющей камере 226.

Например, при протекании текучей среды между входным отверстием 210 и выходным отверстием 212 увеличивается давление текучей среды в выходном отверстии 212. Увеличенное давление текучей среды в управляющей камере 226 прикладывает силу ко второй стороне 222 мембраны 214 для перемещения мембраны 214 и смещающего элемента 232 в прямолинейном направлении от корпуса 208 клапана. В свою очередь, смещающий элемент 250 клапанного устройства 240 вызывает перемещение тарелки 246 по направлению к седлу 248 для ограничения потока текучей среды, протекающей между входным отверстием 210 и выходным отверстием 212. Давление текучей среды в управляющей камере 226, которое прикладывает силу ко второй стороне 222 мембраны 214, превышающую эталонное давление или силу, приложенную нагрузочным узлом 220 к первой стороне 216 мембраны 214, вызывает перемещение опорной пластины 230 в направлении от корпуса 208 клапана для обеспечения возможности герметичного взаимодействия тарелки 246 с седлом 248 для ограничения или прекращения протекания текучей среды через регулятор 200, как показано на фиг.2А.

Если давление текучей среды в управляющей камере 226 меньше эталонного давления или силы, приложенной смещающим элементом 232 к первой стороне 216 мембраны 214, мембрана 214 перемещается, деформируется или изгибается по направлению к корпусу 208 клапана. В свою очередь, опорная пластина 230 взаимодействует со штоковой частью 254 тарелки 246 для перемещения тарелки 246 в направлении от седла 248 для обеспечения возможности протекания или увеличения потока текучей среды между входным отверстием 210 и выходным отверстием 212. Тарелка 246 перемещается по направлению к седлу 248 для прекращения или ограничения протекания текучей среды между входным отверстием 210 и выходным отверстием 212, если перепад давлений на мембране 214 по существу близок к нулю (т.е. давление текучей среды в управляющей камере 226 регулируется до давления, которое создает силу, по существу равную нагрузке, приложенной нагрузочным узлом 220).

При использовании, как показано на фиг.2А и 2В, мембрана 214 перемещается, деформируется или изгибается между первым положением, показанным на фиг.2А, для перемещения тарелки 246 в закрытое положение 202 и вторым положением, показанным на фиг.2В, для перемещения тарелки 246 в открытое положение 204.

На фиг.3А и 3В показаны увеличенные части регулятора 200, показанного на фиг.2А и 2В. Как наиболее наглядно показано на фиг.3А и 3В, мембрана 214 согласно показанному на чертеже варианту реализации содержит периферийный край 302, центральную часть 304 и промежуточную выполненную с возможностью перемещения или гибкую часть 306, расположенную между периферийным краем 302 и центральной частью 304. Каждые из периферийного края 302 и центральной части 304 имеют по существу плоскостную или плоскую поверхность. Промежуточная часть 306 содержит несколько волнообразных контуров или спиралей 308, которые изгибаются или деформируются при перемещении мембраны 214 между первым и вторым положениями, показанными на фиг.2А и 2В. В частности, каждый из контуров 308 промежуточной части 306 содержит выпуклую часть или криволинейную поверхность 310 и вогнутую часть или криволинейную поверхность 312, которые формируют непрерывную плавную кривую, или волнообразный контур, или спираль 308. Каждая из выпуклых частей 310 и/или вогнутых частей 312 может иметь по существу одинаковый радиус кривизны или может иметь изменяющийся радиус кривизны. Например, первая выпуклая часть 310а

и/или вогнутая часть 312a контура 308a могут иметь первый радиус кривизны, и вторая выпуклая часть 310b и/или вогнутая часть 312b контура 308b могут иметь второй радиус кривизны, отличающийся от первого радиуса кривизны. Контур 308 значительно повышает чувствительность мембраны 214 для придания регулятору 200 повышенной пространственной компактности. Мембрана 214 выполнена из металлического материала, например такого, как нержавеющая сталь.

Для уменьшения концентрации напряжения в промежуточной части 306 мембраны 214 регулятор 200 содержит по меньшей мере одно устройство для взаимодействия с мембраной или опорные поверхности 314, 316 и/или 318, расположенные рядом с управляющей камерой 226. Каждое из устройств 314, 316 и/или 318 для взаимодействия с мембраной увеличивает циклический ресурс или усталостную долговечность мембраны 214. В частности каждое из устройств 314, 316 и/или 318 для взаимодействия с мембраной по существу способствует увеличению площади контактной поверхности при взаимодействии с мембраной 214 и, таким образом, снижению концентрации напряжения на мембране 214 во время работы. Согласно некоторым вариантам реализации в регуляторе расхода текучей среды использовано только одно из устройств 314, 316 или 318 для взаимодействия с мембраной. Однако может быть использована любая комбинация устройств 314, 316 и 318 для взаимодействия с мембраной.

В показанном на чертеже варианте реализации устройство 314 для взаимодействия с мембраной выполнено за одно целое с корпусом 208 клапана в форме цельной детали или конструкции. Как показано на чертеже, корпус 208 имеет кольцевую стенку 320, которая образует устройство 314 для взаимодействия с мембраной, расположенное на верхнем краю или части 322 кольцевой стенки 320 рядом с внутренней поверхностью 224. Устройство 314 для взаимодействия с мембраной корпуса 208 содержит кольцевое седло или держатель 324 мембраны для поддержания и размещения на нем периферийного края 302 мембраны 214 или взаимодействия с периферийным краем 302 мембраны 214. Кольцевое седло 324 содержит криволинейную, наклонную или скошенную поверхность 326, которая имеет скругленный или округлый край 326a, расположенный рядом с держателем 324 мембраны, для поддержания части периферийного края 302 и/или промежуточной части 306 мембраны 214, которая перемещается или изгибается во время работы регулятора 200.

Держатель 324 мембраны по существу имеет плоскость или плоскую поверхность для размещения на нем периферийного края 302 мембраны 214 или взаимодействия с периферийным краем 302 мембраны 214. Как показано на чертеже, держатель 324 по существу является перпендикулярным внутренней поверхности 224. Наклонная часть 326 и круговой край 326a расположены между держателем 324 и внутренней поверхностью 224. Наклонная часть 326 может содержать криволинейную поверхность, имеющую один радиус кривизны, или несколько криволинейных поверхностей, имеющих различные радиусы кривизны, которые формируют непрерывную наклонную часть. Наклонная часть 326 и/или держатель 324 по существу образуют полное уплотнение сопряженных металлических поверхностей, когда мембрана 214 соединена с регулятором 200. Согласно некоторым вариантам реализации для улучшения уплотнения между сопряженными металлическими поверхностями заплечик 325 держателя 324, расположенный рядом со ступенчатой кольцевой стенкой 327 корпуса 208, является смещенным (например, смещенным на 0,015 дюйма (0,38 мм)) относительно наклонной части 326 (например, расположен ниже наклонной части 326 в ориентации, показанной на фиг.3А). Таким образом, если крышка 206 соединена с корпусом 208, крутящий момент, приложенный к наклонной части 326 корпуса 208, вызывает деформирование

или уплощение по меньшей мере части наклонной поверхности 326 для создания по существу герметичного уплотнения сопряженных металлических поверхностей. Корпус 208 клапана может быть выполнен из относительно более мягкого материала, чем материал мембраны 214.

5 При использовании наклонная часть 326 обеспечивает изгибание или сворачивание части мембраны 214, расположенной рядом с периферийным краем 302, вдоль наклонной части 326. Например, при перемещении или изгибе промежуточной части 306 мембраны 214, расположенной рядом с периферийным краем 302, в направлении к корпусу клапана 208 во второе положение (например, положение, показанное на фиг.2В), вторая сторона 10 222 промежуточной части 306, расположенной рядом с периферийным краем 302, взаимодействует с наклонной частью 326 корпуса 208. Наклонная часть 326 увеличивает площадь контактной поверхности между промежуточной частью 306 и корпусом 208 для более равномерного распределения или уменьшения напряжений, возникших в промежуточной части 306, вдоль области или части мембраны 214, которая 15 взаимодействует с наклонной частью 326 или свернута вокруг нее. Иными словами, наклонная или криволинейная поверхность 326 обеспечивает изгиб или деформацию промежуточной части 306, расположенной рядом с периферийным краем 302, с одновременным значительным уменьшением концентрации напряжения.

Например, в отличие от известного регулятора 100 расхода текучей среды, 20 показанного на фиг.1А и 1В, устройство 314 для взаимодействия с мембраной или наклонная часть 326 корпуса 208 клапана значительно сокращают или устраняют зону или область защемления (например, зону 140 защемления, показанную на фиг.1А и 1В) между корпусом 208 и крышкой 206. Наклонная часть 326 обеспечивает увеличенную часть или область мембраны 214 рядом с периферийным краем 302 для сворачивания 25 или изгиба вокруг наклонной части 326 с меньшей степенью жесткости или твердости по сравнению с зоной 140 защемления, показанной на фиг.1В, и таким образом способствует снижению концентрации напряжений путем распределения напряжений по увеличенной площади контактной поверхности мембраны 214 рядом с периферийным краем 302. Иными словами, мембрана 214 изгибается вокруг наклонной части 326 с 30 уменьшенным сжимающим напряжением, приложенным ко второй стороне 222 мембраны 214, и уменьшенным растягивающим напряжением, приложенным к первой стороне 216 мембраны 214, по сравнению со сжимающим и растягивающим напряжениями, приложенными к мембране 112 регулятора 100, показанного на фиг.1А и 1В, когда мембрана 112 изгибается вокруг зоны 140 защемления. Таким образом, 35 наклонная часть 326 увеличивает площадь контактной поверхности между корпусом 208 и промежуточной частью 306 и, следовательно, снижает концентрацию напряжения в промежуточной части 306 мембраны 214 рядом с периферийным краем 302. Наклонная часть 326 может быть сформирована путем механической обработки, литьем или любым другим подходящим способом или способами изготовления. Как показано на чертежах, 40 для обеспечения избыточного уплотнения и/или для облегчения сборки в случае, когда по существу не требуется плотная герметизация сопряженных металлических поверхностей, устройство 314 для взаимодействия с мембраной или держатель 324 мембраны могут дополнительно содержать выемку 328 для размещения в ней кольцевого уплотнения 330 для создания уплотнения (например, избыточного уплотнения) между 45 корпусом 208 и крышкой 206. Кольцевое уплотнение 330 может облегчить сборку, поскольку при его использовании требуется уменьшенный крутящий момент для формирования уплотнения по сравнению с крутящим моментом, необходимым для создания уплотнения между сопряженными металлическими поверхностями.

В показанном на чертеже варианте реализации в регуляторе 200 расхода текучей среды использован кольцевой зажим или стопор 332 для удерживания или зажатия мембраны 214 между крышкой 206 и корпусом 208 клапана. Кроме того, стопор 332 образует устройство 316 для взаимодействия с мембраной, которое обеспечивает

5 поддержку промежуточной части 306, расположенной рядом с периферийным краем 302. Мембранное устройство 316 для взаимодействия с мембраной содержит зажимающую часть 334 для зажимания мембраны и опорную часть 336 для

поддерживания мембраны, расположенную рядом с зажимающей частью 334 для зажимания мембраны.

10 Как показано на чертеже, периферийный край 302 мембраны 214 зажат между зажимающей частью 334 и держателем 324 мембраны корпуса 208 клапана. В частности, зажимающая часть 334 стопора 332 передает нагрузку периферийному краю 302 мембраны 214, когда корпус 208 соединен с крышкой 206, для улучшения уплотнения сопряженных металлических поверхностей между мембраной 214 и корпусом 208, когда

15 крутящий момент прикладывают к крышке 206 во время сборки крышки 206 и корпуса 208. При соединении с корпусом 208 крышка 206 прикладывает сжимающую нагрузку к периферийному краю 302 мембраны 214 посредством стопора 332. Согласно данному варианту реализации стопор 332 выполнен, например, из металлического материала, такого как нержавеющая сталь, для улучшения контакта металлических поверхностей

20 между стопором 332, корпусом 208, крышкой 206 и мембраной 214.

Опорная часть 336 устройства 316 для взаимодействия с мембраной содержит криволинейную или дугообразную поверхность 336а, которая проходит в направлении от зажимающей части 334 для зажимания мембраны и во внутреннем направлении от периферийного края 302 к управляющей камере 226. Например, опорная часть 336 для

25 поддерживания мембраны проходит за пределы или мимо внутренней поверхности 224 или верхнего края 322 кольцевой стенки 320 корпуса 208. Такое расширение обеспечивает возможность взаимодействия опорной части 336 с первой стороной 216 промежуточной части 306 рядом с периферийным краем 302 для поддерживания мембраны 214. В частности, опорная часть 336 взаимодействует по меньшей мере с частью 337 вогнутой

30 части 310 контура 308 первой стороны 216 мембраны 214. Таким образом, стопор 332 или устройство 316 для взаимодействия с мембраной и наклонная часть 326 или устройство 314 для взаимодействия с мембраной взаимодействуют с противоположными поверхностями или сторонами 216 и 222 соответственно мембраны 214. Кроме того, как показано на фиг.3А и 3В, криволинейная поверхность 336а имеет форму или

35 профиль, по существу соответствующую форме или профилю промежуточной части 306, расположенной рядом с периферийным краем 302, так что указанная криволинейная поверхность взаимодействует с возможностью сопряжения с промежуточной частью 306, расположенной рядом с периферийным краем 302.

На фиг.4 показано поперечное сечение стопора 332, показанного на фиг.3А и 3В.

40 Как показано на фиг.4, стопор 332 является кольцевым зажимом 402, который имеет наружный диаметр 404 и внутренний диаметр 406. Например, наружный диаметр 404 может составлять примерно 64,5 мм, и внутренний диаметр 406 составляет примерно 44,5 мм. Согласно данному варианту реализации зажимающая часть 334 для зажимания мембраны имеет длину 408, и опорная часть 336 для поддержания мембраны имеет

45 длину 410. Например, длина 408 составляет примерно 5,25 мм, и длина 410 составляет примерно 4,75 мм. Однако для соответствия требованиям конкретного случая применения могут использоваться другие длины и/или диаметры.

Кроме того, в показанном на чертеже варианте реализации криволинейная

поверхность опорной части 336 имеет радиус кривизны, который по существу соответствует радиусу кривизны промежуточной части 306, расположенной рядом с периферийным краем 302. Таким образом, криволинейная поверхность 336а может иметь криволинейный профиль, который является ответным для криволинейного

5 профиля промежуточной части 306, расположенной рядом с периферийным краем 302. Например, радиус кривизны криволинейной поверхности составляет примерно 8,5 мм. Однако указанный радиус кривизны при необходимости может быть различным для соответствия требованиям конкретного случая применения.

Таким образом, криволинейная поверхность 336а взаимодействует с промежуточной

10 частью 306, расположенной рядом с периферийным краем 302, вдоль значительно увеличенной площади контактной поверхности по сравнению, например, с регулятором 100 расхода текучей среды, показанным на фиг.1А и 1В, и таким образом уменьшает концентрацию напряжения в промежуточной части 306 рядом с периферийным краем 302, когда мембрана 214 во время работы перемещается между первым и вторым

15 положениями. Например, стопор 332 значительно уменьшает высокие концентрации сжимающего напряжения, действующего в первой стороне 216 мембраны 214, и высокие концентрации растягивающего напряжения, действующего во второй стороне 222 мембраны 214, когда давление или сила приложены к второй стороне 222 мембраны 214 через управляющую камеру 226, по сравнению со сжимающими и растягивающими

20 напряжениями, приложенными к мембране 112 регулятора 100, показанного на фиг.1А и 1В, когда мембрана 112 изгибается вокруг зоны защемления 140. В результате устройство 316 для взаимодействия с мембраной значительно увеличивает циклический ресурс или усталостную долговечность мембраны 214. Согласно другим вариантам реализации криволинейная поверхность 336а может иметь радиус кривизны, который

25 отличается от радиуса кривизны промежуточной части 306 мембраны 214.

Несмотря на то что это не показано на чертежах, стопор 332 и/или устройство 316 для взаимодействия с мембраной или опорная часть 336 для поддержания мембраны могут быть выполнены за одно целое с крышкой 206 в качестве цельной детали или

30 конструкции. Иными словами, опорная часть 336 для поддержания мембраны может проходить от внутренней поверхности 338 крышки 206, и в этом случае стопор 332 может быть удален.

На фиг.5А и 5В показана опорная пластина 230 регулятора 200 расхода текучей среды. Как показано на фиг.2А, 2В, 3А, 5А и 5В, опорная пластина 230 содержит устройство для взаимодействия с мембраной или опорную поверхность 318 для

35 взаимодействия и поддержания мембраны 214. Опорная пластина 230 имеет цилиндрическую корпусную часть 502, имеющую полость 504 для размещения в ней смещающего элемента 232 нагрузочного узла 220. Как показано на чертеже, устройство 318 для взаимодействия с мембраной содержит криволинейную опорную поверхность или сторону 506 для увеличения площади контактной поверхности между мембраной

40 214 и опорной пластиной 230. В показанном на чертеже варианте реализации устройство 318 для взаимодействия с мембраной опорной пластины 230 содержит по существу плоскую взаимодействующую поверхность 508 для взаимодействия с центральной частью 304 (как показано на фиг.3А) мембраны 214.

Криволинейная опорная поверхность или сторона 506 имеет криволинейный профиль, который является дополняющим к профилю части мембраны 214, которая

45 взаимодействует с опорной пластиной 320. Таким образом, криволинейная опорная поверхность 506 обеспечивает относительно большую площадь контактной поверхности для взаимодействия с промежуточной частью 306 или контуром 308 мембраны 214. В

показанном на чертеже варианте реализации криволинейная опорная поверхность 506 содержит вогнутую криволинейную часть 510, расположенную рядом с выпуклой криволинейной частью 512, для формирования плавной непрерывной волнообразной криволинейной опорной поверхности. Иными словами, форма поперечного сечения криволинейной опорной части 506 по существу подобна форме поперечного сечения контуров 308 мембраны 214. Например, вогнутая криволинейная часть 510 криволинейной опорной поверхности 506 имеет радиус кривизны, который по существу подобен радиусу кривизны выпуклой части 310 контуров 308 мембраны 214. Аналогично, выпуклая криволинейная часть 512 криволинейной опорной поверхности 506 имеет радиус кривизны, который по существу подобен радиусу кривизны вогнутой части 312 контуров 308 мембраны 214.

Кроме того, первая вогнутая криволинейная часть 510а криволинейной опорной поверхности 506 может иметь радиус кривизны, который отличается от радиуса кривизны второй вогнутой криволинейной части 510b криволинейной опорной поверхности 506 или подобен ему. Например, радиус кривизны вогнутых криволинейных частей 510 может находиться в диапазоне между 6,0 мм и 8,0 мм. Схожим образом, первая выпуклая криволинейная часть 512а криволинейной опорной поверхности 506 может иметь радиус кривизны, который отличается от радиуса кривизны второй выпуклой криволинейной части 512b или подобен ему. Например, радиус кривизны выпуклых криволинейных частей 512 может находиться в диапазоне между 8,0 мм и 10,0 мм.

Таким образом, в отличие от опорной пластины 122, показанной на фиг.1А, устройство 318 для взаимодействия с мембраной опорной пластины 230 по существу взаимодействуют с возможностью сопряжения с промежуточной частью 306 мембраны 214 для обеспечения увеличенной площади контактной поверхности между опорной пластиной 230 и мембраной 214, в результате чего изменяется (например, уменьшается) величина напряжения, действующего в промежуточной части 306 мембраны 214, которая перемещается в ответ на изменения давления в управляющей камере 226. Согласно данному варианту реализации опорная поверхность 506 для поддержания мембраны уменьшает концентрации локализованного напряжения в мембране 214. Например, когда мембрана 214 перемещается между положением, показанным на фиг.2А, и положением, показанным на фиг.2В, опорная пластина 230 взаимодействует (например, взаимодействует с возможностью сопряжения) с промежуточной частью 306 мембраны 214 вдоль контактной поверхности, имеющей относительно большую площадь. В результате уменьшение концентраций локализованного напряжения значительно увеличивает или повышает циклический ресурс или усталостную долговечность мембраны 214.

Согласно другим вариантам реализации устройство 318 для взаимодействия с мембраной опорной пластины 230 имеет форму, профиль или поперечное сечение, которые отличаются от формы, профиля или поперечного сечения мембраны 214. Например, радиусы кривизны криволинейной опорной поверхности 506 и контуров 308 мембраны 214 могут быть различными, так что мембрана 214 взаимодействует без возможности сопряжения с опорной пластиной 230, но тем не менее обеспечивает увеличенную площадь контактной поверхности по сравнению с опорной пластиной, показанной на фиг.1А и 1В.

Таким образом, регулятор 200 расхода текучей среды, описанный в настоящей заявке, содержит устройства 314, 316 и/или 318 для взаимодействия с мембраной, которые могут быть сконфигурированы таким образом, что они имеют форму или профиль,

который по существу соответствует форме или профилю мембраны 214, для увеличения площади контактной поверхности между устройствами 314, 316 и/или 318 для взаимодействия с мембраной и мембраной 214. Например, каждое из устройств 314, 316 и/или 318 для взаимодействия с мембраной может содержать соответствующую криволинейную поверхность или часть для увеличения площади контактной поверхности при их взаимодействии с мембраной 214 для снижения концентрации напряжения, приложенного к части мембраны 214, которая перемещается во время работы. Согласно некоторым вариантам реализации опорная поверхность устройств 314, 316 и/или 318 для взаимодействия с мембраной имеет форму поперечного сечения или профиль, который по существу соответствует форме поперечного сечения или профилю мембраны 214, так что устройства 314, 316 и/или 318 для взаимодействия с мембраной взаимодействуют с возможностью сопряжения по меньшей мере с частью мембраны 214. В результате устройства 314, 316 и/или 318 для взаимодействия с мембраной уменьшают концентрации напряжения, приложенного к мембране 214, и таким образом увеличивают циклический ресурс или усталостную долговечность мембраны 214. Например, циклический ресурс мембраны 214 составляет примерно 85000 циклов, в то время как срок службы мембраны 112, показанной на фиг. 1А и 1В составляет примерно 10000 циклов. Согласно некоторым вариантам реализации регулятор 200 расхода текучей среды может быть реализован только с одной из устройств 314, 316 и/или 318 для взаимодействия с мембраной или с любой комбинацией этих устройств 314, 316 и 318.

Несмотря на то, что в настоящей заявке описаны способы, устройство и готовые изделия согласно конкретным вариантам реализации настоящего изобретения, объем защиты настоящего изобретения не ограничивается ими. Напротив, объем защиты настоящего изобретения охватывает все способы, устройства и готовые изделия, справедливо находящиеся в пределах объема, ограниченного пунктами приложенной формулы буквально или согласно доктрине эквивалентов.

(57) Формула изобретения

1. Регулятор расхода текучей среды, содержащий:
 канал для протекания текучей среды между входным отверстием и выходным отверстием;
 управляющую камеру, образующую часть канала для протекания текучей среды; мембрану, выполненную с возможностью восприятия давления в управляющей камере; и
 первое и второе устройства для взаимодействия с мембраной, расположенные рядом с управляющей камерой,
 причем первое устройство для взаимодействия с мембраной включает в себя кольцевой элемент, содержащий зажимающую часть, которая выполнена с возможностью зажатия периферийного края мембраны, и опорную часть, имеющую первую криволинейную поверхность,
 при этом второе устройство для взаимодействия с мембраной включает в себя опорную пластину для мембраны, посредством которой смещающий элемент, размещенный в нагрузочной камере, прикладывает усилие к мембране, при этом указанная опорная пластина для мембраны имеет вторую криволинейную поверхность, причем указанные первая и вторая криволинейные поверхности соответственно соприкасаются с первой и второй частями мембраны, которые перемещаются в ответ на изменения давления в управляющей камере, снижая тем самым концентрацию

напряжения, возникающего на указанных первой и второй частях мембраны, во время работы регулятора расхода текучей среды.

2. Регулятор по п. 1, в котором указанный кольцевой элемент первого устройства для взаимодействия с мембраной содержит кольцевое седло для поддержания периферийного края мембраны, причем указанная первая криволинейная поверхность содержит круговой внутренний край кольцевого седла, находящийся в контакте с первой частью мембраны во время работы регулятора расхода текучей среды.

3. Регулятор по п. 1, в котором указанный кольцевой элемент первого устройства для взаимодействия с мембраной содержит кольцевой зажим для удерживания периферийного края мембраны, причем указанная первая криволинейная поверхность содержит часть кольцевого зажима, которая проходит во внутреннем направлении от периферийного края мембраны и входит в контакт только с одной стороной указанной первой части мембраны во время работы регулятора расхода текучей среды.

4. Регулятор по п. 3, дополнительно содержащий третье устройство для взаимодействия с мембраной, которое включает в себя кольцевое седло для взаимодействия с периферийным краем мембраны, причем это кольцевое седло имеет третью криволинейную поверхность, содержащую круговой край, соприкасающийся с третьей частью мембраны, которая перемещается во время работы регулятора расхода текучей среды, при этом первая и третья части мембраны представляют собой противоположные стороны мембраны.

5. Регулятор по любому из предыдущих пунктов, в котором указанные первая, вторая и третья криволинейные поверхности увеличивают площадь контактной поверхности между первым, вторым и третьим устройствами для взаимодействия с мембраной и первой, второй и третьей частями мембраны, соответственно.

6. Регулятор расхода текучей среды, содержащий:
первую и вторую мембранные опоры, расположенные между крышкой и корпусом клапана, для поддержания подвижной части мембраны,
причем первая мембранная опора включает в себя кольцевой элемент, содержащий зажимающую часть, которая выполнена с возможностью зажатия периферийного края мембраны, и опорную часть, которая расположена рядом с зажимающей частью и имеет первую криволинейную поверхность,

при этом вторая мембранная опора включает в себя опорную пластину для мембраны, посредством которой смещающий элемент, размещенный в нагрузочной камере, прикладывает усилие к мембране, при этом указанная опорная пластина имеет опорную поверхность, представляющую собой вторую криволинейную поверхность,

причем указанные первая и вторая криволинейные поверхности по существу являются ответными для соответственно первой и второй криволинейных поверхностей подвижной части мембраны, для увеличения площади контактной поверхности между каждой из первой и второй мембранных опор и подвижной частью мембраны во время работы.

7. Регулятор по п. 6, дополнительно содержащий корпус клапана, имеющий держатель мембраны, расположенный рядом с внутренней поверхностью, которая по меньшей мере частично образует управляющую камеру, причем указанный корпус клапана имеет наклонную поверхность, расположенную между держателем мембраны и внутренней поверхностью, при этом указанная наклонная поверхность проходит в направлении от держателя мембраны и поверхности мембраны.

8. Регулятор по п. 7, в котором указанная опорная часть кольцевого элемента проходит в направлении от зажимающей поверхности для зажимания мембраны и от рабочей стороны мембраны.

9. Регулятор по любому из пп. 6-8, в котором кольцевой элемент выполнен с возможностью передачи нагрузки периферийному краю мембраны при соединении корпуса клапана с крышкой.

5 10. Регулятор по п. 6, в котором опорная поверхность опорной пластины содержит центральную часть, имеющую по существу плоскую опорную поверхность, и наружную часть, расположенную рядом с центральной частью, причем указанная наружная часть имеет волнообразный контур.

10 11. Регулятор по п. 10, в котором мембрана расположена между корпусом клапана и крышкой, причем указанная мембрана имеет центральную часть, периферийный край и промежуточную часть, расположенную между центральной частью и периферийным краем, при этом каждое из периферийного края и центральной части содержит по существу плоскую поверхность, причем указанная промежуточная часть содержит ряд волнообразных контуров для повышения чувствительности мембраны.

15 12. Регулятор по п. 11, в котором центральная часть опорной пластины выполнена с возможностью взаимодействия с центральной частью мембраны, и вторая криволинейная поверхность опорной пластины выполнена с возможностью взаимодействия по существу с ответным волнообразным контуром промежуточной части мембраны, расположенной рядом с центральной частью.

20 13. Регулятор по п. 11 или 12, в котором волнообразный контур криволинейной опорной поверхности опорной пластины имеет радиус кривизны, который по существу соответствует радиусу кривизны волнообразного контура промежуточной части мембраны.

25

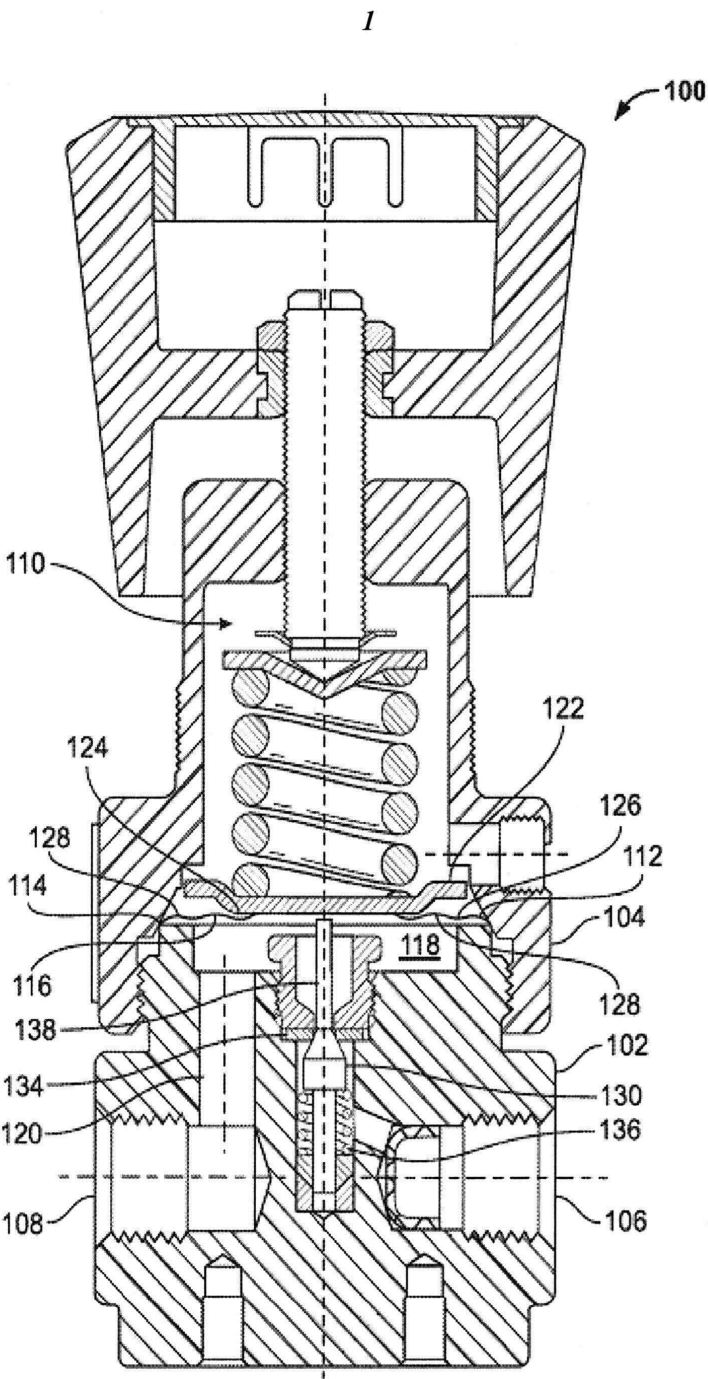
30

35

40

45

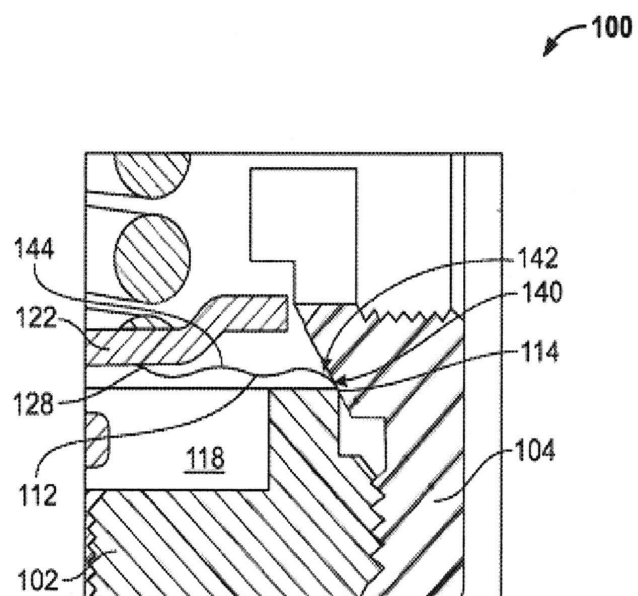
1



ФИГ. 1А

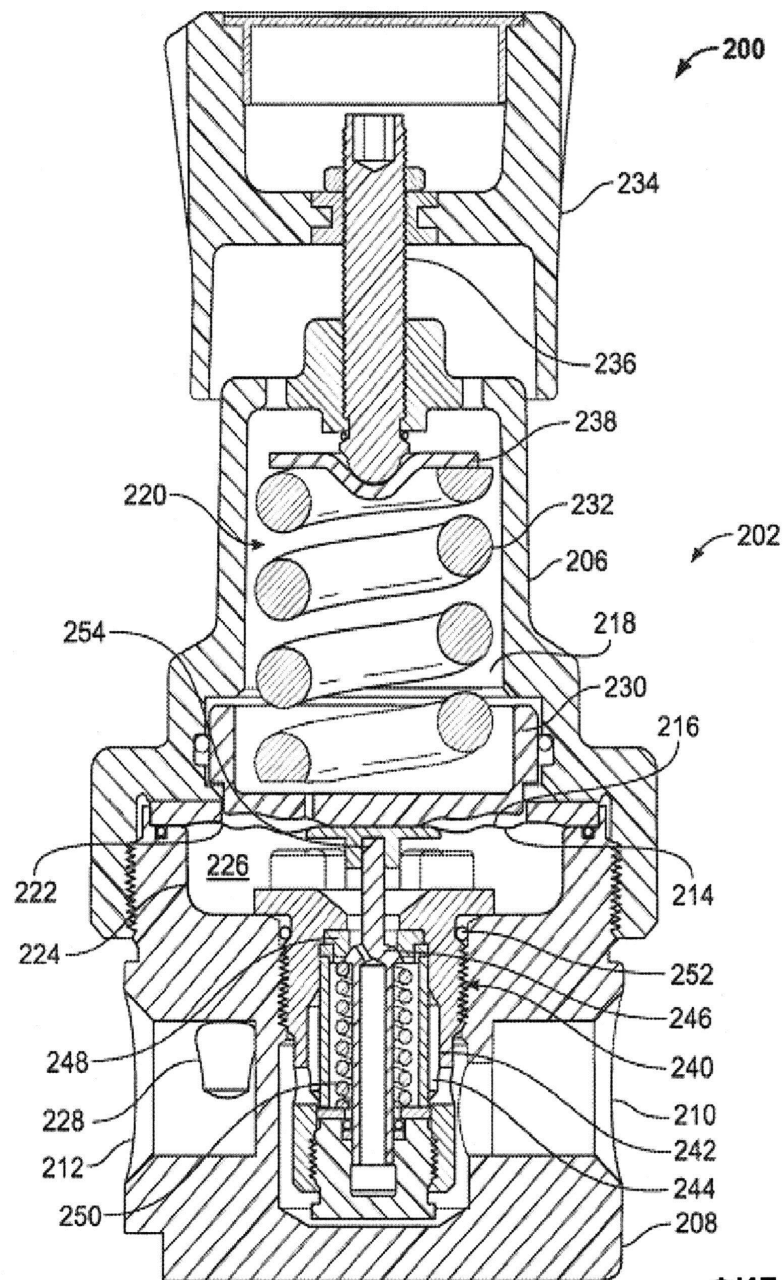
2

2



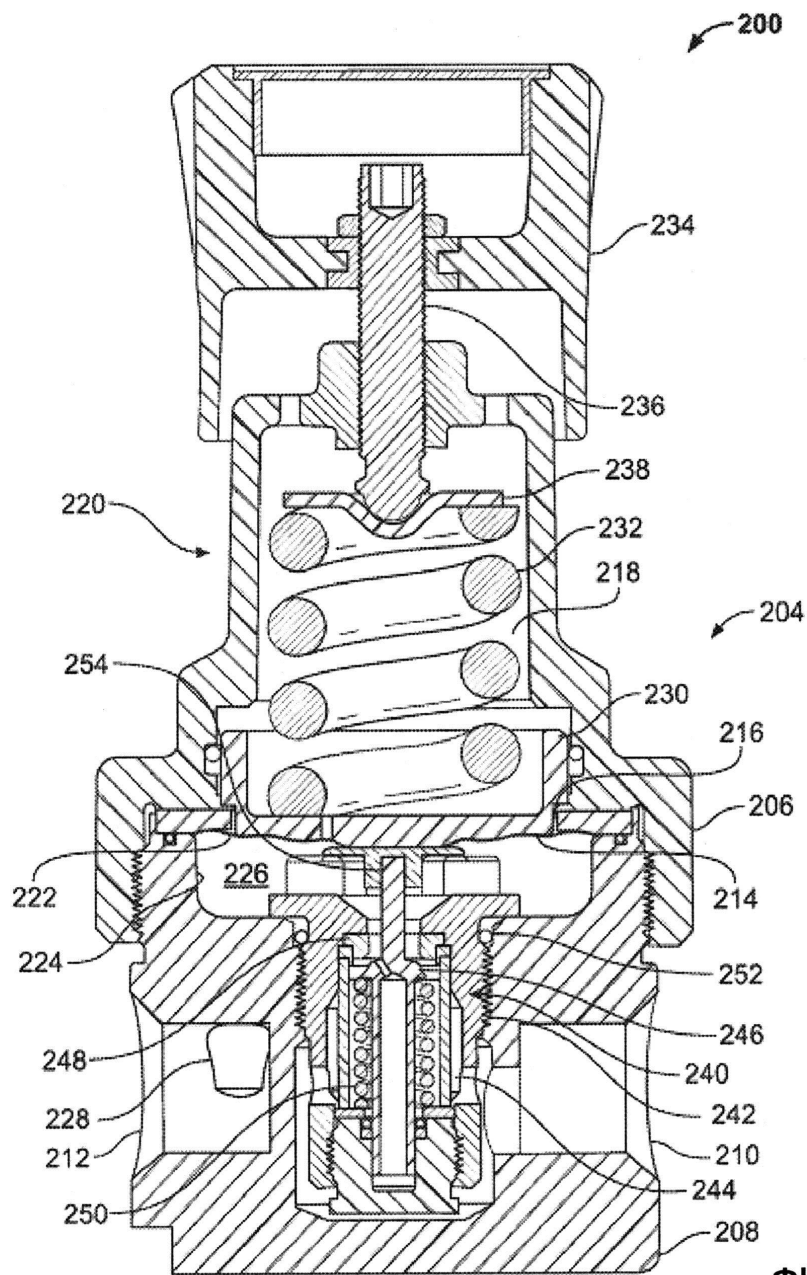
ФИГ. 1В

3

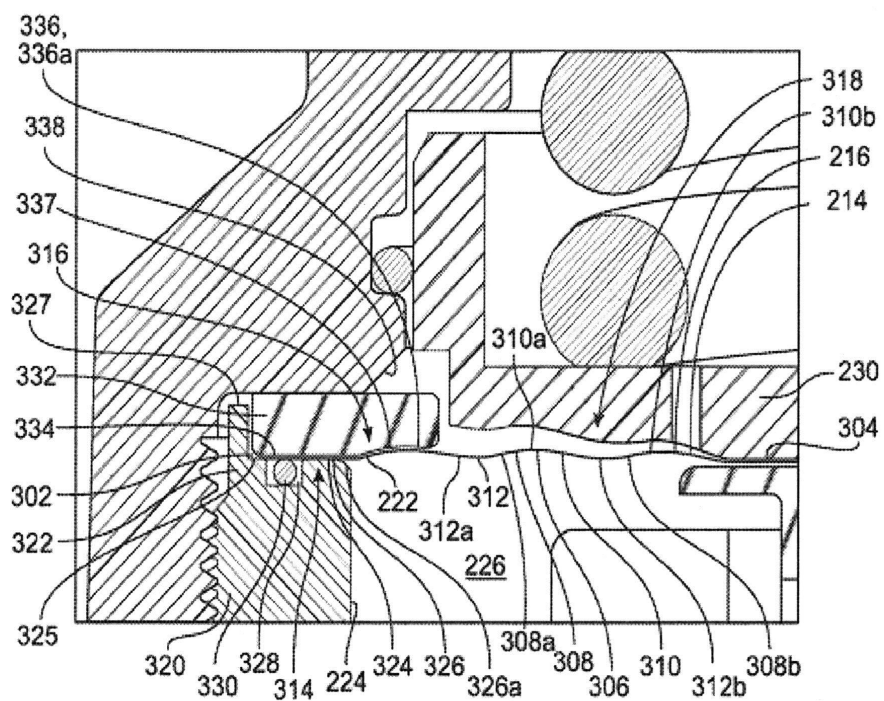


ФИГ. 2А

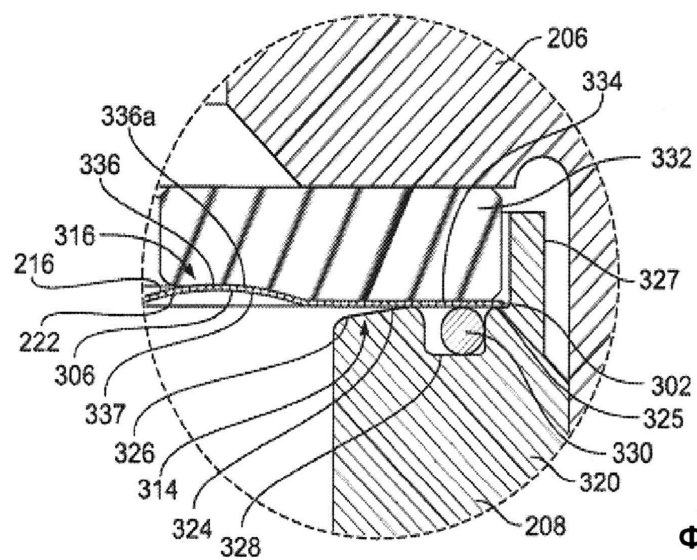
4



5

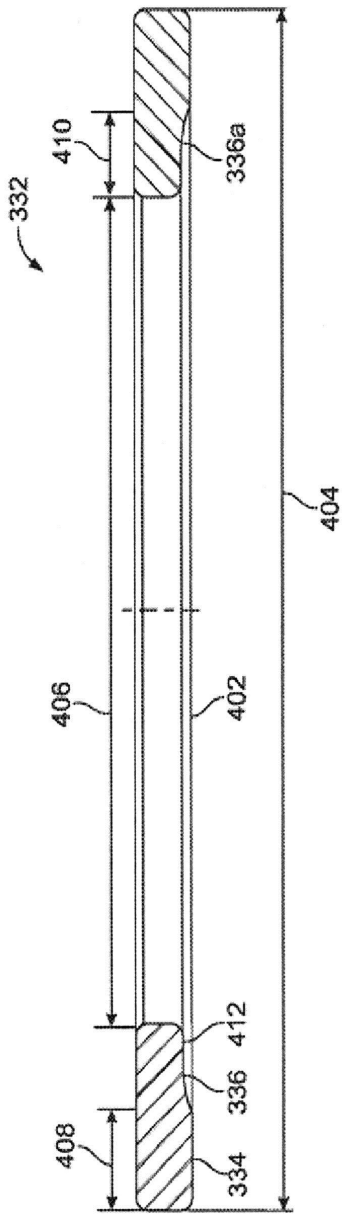


ФИГ. 3А



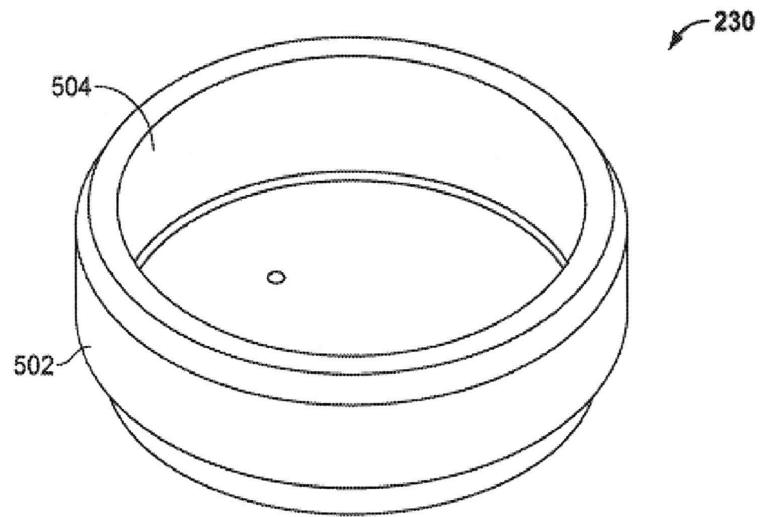
ФИГ. 3В

6

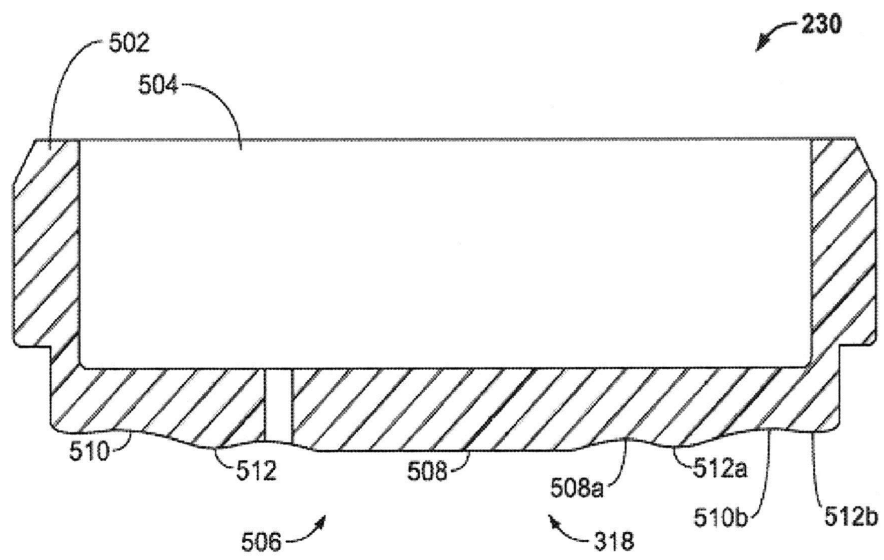


ФИГ. 4

7



ФИГ. 5А



ФИГ. 5В