

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 201790205 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2017.06.30

(51) Int. Cl. *F01C 3/02* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2015.07.24

(54) РОТАЦИОННЫЕ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВЫЕ УСТРОЙСТВА

(31) 1413173.4

(32) 2014.07.24

(33) GB

(86) PCT/GB2015/052147

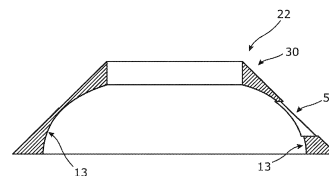
(87) WO 2016/012805 2016.01.28

(71) Заявитель:
ЛОНТРА ЛИМИТЕД (GB)

(72) Изобретатель:
Линдсей Стефен Фрэнсис (GB)

(74) Представитель:
Котов И.О., Харин А.В., Буре Н.Н.,
Стойко Г.В. (RU)

(57) Ротор для ротационного цилиндропоршневого устройства (1), причем по меньшей мере часть наружной поверхности (30) ротора (22) представляет собой поверхность с, по существу, усеченно-конической формой.



201790205
A1

201790205

A1

РОТАЦИОННЫЕ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВЫЕ УСТРОЙСТВА

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение в целом относится к ротационным
5 цилиндропоршневым устройствам.

Уровень техники

Ротационные цилиндропоршневые устройства могут применяться для
различных приложений, таких как двигатель внутреннего сгорания,
10 гидронасос, такой как нагнетатель, или детандер, такой как паровая машина
или заменитель турбины.

Ротационное цилиндропоршневое устройство содержит ротор и
статор, причем статор по меньшей мере частично образует кольцевое
пространство цилиндра, при этом ротор может быть выполнен в форме
15 кольца, и ротор содержит по меньшей мере один поршень, проходящий от
ротора в кольцевое пространство цилиндра; причем при использовании
указанный по меньшей мере один поршень перемещается по окружности
через кольцевое пространство цилиндра в процессе вращения ротора
относительно статора, при этом корпус ротора уплотнен относительно
20 статора, причем устройство дополнительно содержит перекрывающее
средство пространства цилиндра, выполненное с возможностью
перемещения относительно статора в закрытое положение, в котором
перекрывающее средство перегораживает кольцевое пространство
цилиндра, и в открытое положение, в котором перекрывающее средство
25 обеспечивает возможность прохождения по меньшей мере одного поршня,
при этом перекрывающее средство пространства цилиндра содержит
перекрывающий диск.

Термин "поршень" используется здесь в самом широком смысле,
включая в себя, где контекст это допускает, перегородку, выполненную с
30 возможностью перемещения по отношению к стенке цилиндра, причем такая
перегородка не должна, в общем случае, иметь существенную толщину в
направлении относительного перемещения, но может быть выполнена в
виде лопатки. Перегородка может иметь существенную толщину или может
быть полой. Перекрывающий диск может представлять собой перегородку,

вытянутую по существу в радиальном направлении кольцевого пространства цилиндра.

Хотя теоретически перекрывающее средство может быть выполнено с возможностью возвратно-поступательного движения, предпочтительно не использовать компоненты с возвратно-поступательным движением, особенно когда требуется высокая скорость, и перекрывающее средство представляет собой предпочтительно по меньшей мере один вращающийся перекрывающий диск, имеющий по меньшей мере одно отверстие, которое при открытом состоянии перекрывающего средства расположено по существу так, что оно совмещено с проходящим по периферии отверстием кольцевого пространства цилиндра с обеспечением возможности прохождения по меньшей мере одного поршня через перекрывающий диск.

В настоящем изобретении предложен улучшенный ротор.

Для ротационного цилиндрического устройства геометрия поверхности, взаимодействующей с диском ротора, определяется изогнутой наружной поверхностью вращающегося перекрывающего диска, образующего концевую поверхность цилиндра, при этом такая геометрия обеспечивает возможность прохождения поршня (лопатки) через отверстие в перекрывающем диске в конце хода. Эта форма может меняться в зависимости от конкретной конфигурации, однако в любом случае она по существу изогнута. Таким образом, очевидное для специалиста в области техники решение может состоять в том, чтобы выполнить наружную поверхность ротора по существу сходной и изогнутой по отношению к внутренней поверхности, что приводит к по существу постоянной толщине стенки, как показано на фиг.1 для ротора, имеющего ось вращения А-А. Ротор имеет по существу выпуклую форму и может быть визуально представлен в виде чашеобразного кольца, имеющего отверстие, расположенное на его верхней части. Такое решение уменьшает момент инерции ротора и сводит к минимуму объем рабочей текучей среды, содержащейся в выпускном проходе, пример которого описан ниже и показан на фиг.3. Этот объем прохода представляет собой объем, который может быть занят рабочей текучей средой внутри выпускного прохода ротора, через который она проходит из цилиндра к выпуску устройства, имеющемуся в статоре. Когда ротор проходит мимо выпускного отверстия на статоре в

конце хода, любая рабочая текучая среда внутри объема прохода переносится за диск к началу цикла. Эта текучая среда вызывает как снижение объемного КПД устройства, так и уменьшение эффективности накачки в большинстве конфигураций устройства, поскольку энергия, используемая для производства работы над текучей средой, тратится впустую, так как она повторно поступает в цилиндр, когда впускной проход все еще открыт.

Было выяснено, что существенно проще изготовить коническую поверхность и контролировать ее точность, поскольку это не требует использования пользователем измерительных приборов, и существенно уменьшает продолжительность цифрового контроля.

Раскрытие сущности изобретения

Согласно одному аспекту изобретения предложен ротор ротационного цилиндропоршневого устройства, причем по меньшей мере часть наружной поверхности ротора представляет собой поверхность с по существу усеченно-конической формой.

Под усеченно-конической поверхностью понимается, среди прочего, поверхность с формой усеченного конуса.

Под "наружной поверхностью" понимается поверхность, противоположная той поверхности ротора, которая образует (частично) пространство цилиндра.

Предпочтительно, наружная поверхность ротора выполнена не изогнутой, но вместо этого выполнена из по меньшей мере одного по существу конического элемента.

Предпочтительно, имеется кольцевое пространство цилиндра, при этом ротор снабжен поршнем, образующим концевую поверхность пространства цилиндра, и часть корпуса, проходящая от кольцевого пространства цилиндра, на удаленном (в осевом направлении) конце ротора (т.е. на концевой части ротора вдоль оси вращения ротора), которая по существу является соосной с осью вращения ротора, при этом часть корпуса соединена с возможностью вращения с коробкой передач для передачи вращения от ротора к вращающейся перекрывающей части устройства,

причем коробка передач по меньшей мере частично заключена в часть корпуса.

По существу радиально в перекрывающем диске может быть выполнено по меньшей мере одно отверстие перекрывающего диска.

- 5 Предпочтительно, ось вращения ротора не является параллельной оси вращения перекрывающего диска. Наиболее предпочтительно, ось вращения ротора по существу перпендикулярна оси вращения перекрывающего диска.

- 10 Предпочтительно, поршень имеет такую форму, что обеспечена возможность его прохождения через отверстие в перемещающемся перекрывающем средстве беспрепятственно, когда отверстие проходит через кольцевое пространство цилиндра. Предпочтительно, поршень имеет такую форму, что зазор между поршнем и отверстием в перекрывающем средстве является минимальным, благодаря чему при прохождении поршня
- 15 через отверстие формируется уплотнение. Уплотнение может быть обеспечено на передней или задней поверхности или на кромке поршня. В случае компрессора уплотнение может быть обеспечено на передней поверхности, а в случае детандера уплотнение может быть обеспечено на задней поверхности. Термин уплотнение подразумевает некоторую
- 20 конструкцию, уменьшающую зазор, сводя к минимуму протечку, но не обязательно полностью предотвращающую передачу текучей среды через уплотнение.

- Предпочтительно, ротор опирается на статор с возможностью вращения, а не участвует во взаимодействии между поршнем и стенками
- 25 цилиндра для обеспечения относительного положения корпуса ротора и статора. Следует учесть, что ротационное цилиндропоршневое устройство отличается от обычного устройства с возвратно-поступательным движением поршня, в котором поршень поддерживается соосно с цилиндром посредством подходящих поршневых колец, которые приводят к
- 30 возникновению относительно высоких сил трения.

Ротор предпочтительно выполнен с возможностью его поддержания посредством подходящих несущих средств, расположенных на статоре.

Предпочтительно, статор содержит по меньшей мере один впускной проход и по меньшей мере один выпускной проход.

Предпочтительно, по меньшей мере один из проходов выполнен по существу с примыканием к перекрывающему средству.

Предпочтительно, отношение угловой скорости ротора к угловой скорости перекрывающего диска равно 1:1, хотя возможны и другие значения этого отношения.

Ротор может содержать один или более признаков, раскрытых в подробном описании ниже и/или показанных на чертежах.

Краткое описание чертежей

Различные варианты осуществления изобретения описаны ниже, исключительно в качестве примера, со ссылками на чертежи, на которых:

- на фиг.1 показан вид в поперечном разрезе ротора;
- на фиг.2 показан вид в перспективе ротационного цилиндропоршневого устройства;
- на фиг.3 показан вид в перспективе прохода ротора;
- на фиг.4 показан вид в поперечном разрезе ротора;
- на фиг.5 показан вид в поперечном разрезе ротора;
- на фиг.6 показан вид в поперечном разрезе ротора;
- на фиг.7 показан вид в поперечном разрезе ротора, установленного в статоре;
- на фиг.8 показан вид в поперечном разрезе ротора;
- на фиг.9-11 показаны канавки с различными формами, расположенные на усеченно-конической наружной поверхности ротора;
- на фиг.12 и 13 показаны сопрягаемые поверхности статора и ротора.

Осуществление изобретения

На фиг.2 показано ротационное цилиндропоршневое устройство 1, содержащее ротор 2, лопатку 4 поршня, закрепленную на внутренней поверхности ротора, проход 5 для текучей среды, выполненный в роторе, и вращающийся перекрывающий диск 7, выполненный с отверстием 7а. Следует понимать, что устройство 1 также содержит статор (не показан), выполненный с возможностью вмещения в себя ротора и перекрывающего диска и образующий вместе с внутренней поверхностью ротора (кольцевое)

пространство цилиндра. Следует также отметить, что это представление ротора упрощено для ясности.

На фиг.4 показан первый вариант осуществления ротора, в котором изогнутая (вокруг оси вращения) наружная поверхность ротора содержит единственную по существу усеченно-коническую наружную поверхность 30 ротора. Поверхность 30 предназначена для уменьшения объема прохода и служит для увеличения жесткости ротора в его основании благодаря большой толщине материала в этой области. Ротор 22 также содержит внутреннюю поверхность 13.

На фиг.5 показан второй вариант осуществления ротора, имеющего номер позиции 122, в котором наружная поверхность ротора содержит три смежные (более мелкие) по существу усеченно-конические поверхности 130, 131 и 132. Каждая из поверхностей 130, 131, 132 окружает ротор. Эта конфигурация предпочтительно уменьшает массу и момент инерции ротора по сравнению с ротором, показанным на фиг.1, что, следовательно, обеспечивает возможность более высоких скоростей работы устройства, обеспечивая при этом по существу конические поверхности, чтобы получить преимущества, связанные с улучшенной точностью изготовления и легкостью контроля. Следует, конечно, понимать, что в других вариантах осуществления на наружной поверхности альтернативно может иметься другое количество конических поверхностей.

На фиг.6 показан еще один вариант осуществления изобретения, содержащий ротор 222, в котором наружная поверхность содержит три различных участка 230, 231 и 232. Центральный сегмент 231 является по существу изогнутым (в поперечном сечении) и выполнен с по меньшей мере одним радиусом. Кривизна центрального сегмента 231 предпочтительно по существу соответствует кривизне внутренней поверхности ротора. Смежно с поверхностью 231, примыкая сбоку к ней, расположены усеченно-конические поверхности 230 и 232. Каждая из них имеет соответствующий (отличный) угол конусности. Хотя включение изогнутой поверхности 231 может уменьшить надежность в отношении точности изготовления этой поверхности, объем выпускного прохода уменьшается для заданной прочности ротора. Это служит для улучшения объемного КПД устройства, и

может быть предпочтительным вариантом осуществления в определенных рабочих условиях.

В дополнительном варианте осуществления изобретения наружная поверхность ротора содержит усеченно-конический участок и изогнутый участок, которые занимают большую часть площади наружной поверхности ротора. В данном варианте осуществления изобретения усеченно-конический участок расположен смежно с изогнутой частью.

На фиг.7 показан еще один вариант осуществления изобретения, содержащий ротор 322 и статор 400, в котором участки наружной поверхности выполнены в виде выступов 325 и 326, чтобы таким образом повысить эффективность уплотнения. Каждый из выступов расположен на удаленных концевых областях ротора, в частности смежно с соответствующим ограниченным концом, в области основания и в области верхней части, при этом указанные области разнесены друг от друга относительно оси вращения ротора. Каждый из выступов содержит два участка поверхности на наружной поверхности ротора, которые ориентированы по существу перпендикулярно друг другу, как лучше всего показано с помощью поверхностей 325a, 325b в детальном виде на фиг.7. Одна из поверхностей может быть по существу цилиндрической, а другая может быть плоской. Кольцевая плоская поверхность может рассматриваться как усеченно-коническая поверхность с углом конусности, составляющим девяносто градусов, при этом цилиндрическую поверхность можно рассматривать как усеченно-коническую поверхность с углом конусности, составляющим ноль градусов. Обе поверхности каждого выступа могут быть поверхностями плотного хода для обеспечения уплотнения по отношению к статору, однако предпочтительно только одна из поверхностей каждого выступа используется в качестве уплотнительной поверхности по отношению к статору, причем выбор зависит от технических характеристик ротора во время работы.

Например, если осевое расширение ротора (т.е. расширение по существу в направлении оси вращения ротора) во время эксплуатации в местоположении конкретного выступа является более значительным, чем радиальное расширение, то предпочтительной уплотнительной поверхностью является та поверхность, которая по существу более

цилиндрическая, так как в этом случае деформация ротора будет в меньшей степени негативно воздействовать на уплотнительный зазор. Наоборот, если радиальное расширение является более значительным, чем осевое, то предпочтительным будет уплотнение на по существу плоской поверхности, так как этот зазор будет испытывать меньшие изменения во время работы устройства. Следует понимать, что оба эти условия могут иметь место в разных местоположениях на одном роторе.

На фиг.8 показан еще один вариант осуществления изобретения, содержащий ротор 42, который содержит первую усеченно-коническую поверхность 44 и вторую усеченно-коническую поверхность 45. Между этими двумя усеченно-коническими поверхностями предусмотрена грань или выступ 47, выступающий в целом наружу ротора. Выступ 47 проходит вокруг ротора и содержит две поверхности 47а и 47b, которые по существу перпендикулярны друг другу. Одна или другая или обе поверхности предназначены для уплотнения по отношению к внутренней поверхности статора (не показано). Это обеспечивает конфигурацию, альтернативную показанной на фиг.7, в которой выступы разнесены в осевом направлении друг от друга. В альтернативном варианте осуществления изобретения выступ заменен (кольцевым) углублением, выполненным с возможностью его вмещения в себя соответствующим образованием на внутренней поверхности статора. Выступы этого типа также увеличивают жесткость ротора.

Если поведение ротора в процессе работы хорошо известно, так что известны зависимые от положения относительные эффекты тепловой, центробежной и связанной с давлением деформации на роторе и любые смещения, то может быть вычислен предпочтительный угол по существу конической уплотнительной области (между ротором и статором) в любом из вышеприведенных примеров. В противном случае, угол конусности может быть подобран в соответствии с рабочими условиями. В одном варианте осуществления изобретения конкретный угол по существу конической поверхности может свести к минимуму изменение уплотнительного зазора в определенном положении в процессе работы устройства. Кроме того, этот угол может быть установлен для выборочного изменения зазора (между ротором и статором) во время работы так, чтобы либо отдать приоритет

часто встречающимся рабочим условиям путем минимизации уплотнительного зазора (т.е. путем уменьшения размера зазора по сравнению с тем, когда устройство находится в неподвижном состоянии) в этих рабочих точках, либо уменьшению входной мощности для переходных режимов, таких как запуск, путем увеличения уплотнительного зазора в этих ситуациях.

На фиг.9-11 показан еще один вариант осуществления изобретения, где в одной из усеченно-конических поверхностей ротора вырезан ряд канавок для дополнительного улучшения уплотнения. Эти канавки могут представлять собой множество окружных канавок, или представлять собой единственную винтовую канавку, так чтобы образовывать структуры типа лабиринта. Канавки могут иметь ряд возможных поперечных сечений (в том числе, например, прямоугольное, треугольное, скошенное или прямоугольное сечение) для улучшения уплотнения для конкретного применения.

Следует отметить, что для целей уплотнения большее значение имеют по существу наружные поверхности ребер (которые образуют канавки), и что по существу внутренние поверхности канавок могут соответствовать множеству различных сечений, в том числе конических, изогнутых или неправильных. Хотя канавки можно вырезать с образованием геометрии, обеспечивающей постоянную ширину рабочего зазора, и получить преимущества улучшенной эффективности уплотнения осевой протечки с регулируемым и по существу постоянным уплотнительным зазором, вместо этого может оказаться предпочтительным ориентировать поверхность, чтобы максимально увеличить относительное движение вдоль перпендикулярного направления. В этом случае во время работы деформация ротора в местоположении поверхности является по существу радиальной и меньшей, чем просвет между наружной поверхностью лабиринта и сопряженной поверхностью статора. Таким образом, можно регулировать уплотнительный зазор при различных рабочих условиях, чтобы либо добиться специальных рабочих условий, либо снизить затраты энергии в течение переходных режимов.

В еще одном возможном варианте максимальная деформация ротора в конкретной точке больше, чем статический зазор между ним и статором, в

этом случае на сопряженную поверхность нанесен материал, который может истираться ребрами. Этот материал представляет собой истираемое покрытие, нанесенное на поверхность статора (или, в качестве альтернативы, оно может быть нанесено на коническую поверхность ротора, при этом образования ребер расположены на статоре), при этом структуру лабиринта выполняют из ряда кольцевых канавок на наружной поверхности ротора. Ротор может быть собран так, что уплотнительные поверхности свободны друг от друга, или таким образом, что они касаются друг друга (и затем поворачиваются для истирания на просвете). Во время работы по существу наружная радиальная деформации ротора (по направлению к статору) вызывает врезание ребер в истираемое покрытие на сопряженной неподвижной уплотнительной поверхности статора. Это приводит к образованию уплотнительной граничной поверхности, в которой зазор сводится к минимуму в процессе работы, как показано на фиг.12, и становится больше, когда устройство затем останавливается, как показано на фиг.13.

Следует отметить, что также можно собрать устройство, когда ротор вращается, так, чтобы канавки истирали истираемый материал во время сборки, что непосредственно приводит к геометрии, сходной показанной на фиг.12. Такой способ сборки может быть использован в случае, если упомянутые сопряженные поверхности на роторе и статоре выполнены так, чтобы обеспечить по существу постоянную ширину зазора во время работы для того, чтобы структура лабиринта всегда находилась в зацеплении с обратной геометрией истираемого покрытия.

В еще одном варианте на статоре можно создать обратную сопряженную геометрию лабиринта с использованием материала, который не будет истираться канавками на роторе. Хотя этот подход уменьшает неопределенность, связанную с рисунками износа истираемого материала, следует понимать, что деформация ротора должна быть сведена к минимуму для того, чтобы получить небольшую ширину зазора по всему лабиринту в процессе работы, не допуская соприкосновения сопряженных поверхностей.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Ротор для ротационного цилиндропоршневого устройства, в котором
5 по меньшей мере часть наружной поверхности ротора представляет собой
поверхность с по существу усеченно-конической формой.

2. Ротор по п.1, в котором усеченно-коническая поверхность проходит
по части высоты ротора в направлении вдоль оси вращения ротора.

10

3. Ротор по п.1 или 2, в котором предусмотрено наличие множества по
существу усеченно-конических поверхностей.

15

4. Ротор по п.3, в котором каждая усеченно-коническая поверхность
имеет различный соответствующий угол конусности.

20

5. Ротор по п.3 или 4, в котором по меньшей мере две из указанных
усеченно-конических поверхностей разнесены друг от друга в направлении
вдоль оси вращения ротора промежуточной изогнутой поверхностью,
изогнутой в поперечном сечении.

6. Ротор по п.5, в котором указанная промежуточная изогнутая
поверхность снабжена проходом для текучей среды.

25

7. Ротор по п.5, в котором указанная изогнутая поверхность
расположена по существу по центру высоты ротора.

30

8. Ротор по любому из п.п.3-5, в котором по меньшей мере две из
указанных усеченно-конических поверхностей расположены смежно друг с
другом.

9. Ротор по п.5, в котором одна по существу усеченно-коническая
поверхность расположена на каждой стороне по существу центральной
изогнутой поверхности.

10. Ротор по п.1, в котором большая часть площади наружной поверхности ротора является усеченно-конической.

5 11. Ротор по п.10, в котором большая часть наружной поверхности содержит одну усеченно-коническую поверхность.

12. Ротор по п.3, в котором большая часть площади наружной поверхности ротора содержит три участка усеченно-конической поверхности.

10 13. Ротор по п.1, в котором наружная поверхность по существу состоит из изогнутого участка и из по существу усеченно-конического участка.

14. Ротор по любому из п.п.1-13, содержащий по меньшей мере один выступ, предназначенный для обеспечения уплотнения по отношению к
15 статору, при этом уплотнительная поверхность выступа расположена на наружной поверхности ротора.

15. Ротор по п.14, в котором только одна из двух поверхностей, образующих выступ, выполнена с возможностью использования в качестве
20 рабочей уплотнительной поверхности при использовании.

16. Ротор по п.14, в котором выступ расположен на каждой удаленной концевой области ротора с разнесением вдоль оси вращения ротора.

25 17. Ротор по п.14, в котором по меньшей мере один выступ содержит по существу усеченно-коническую поверхность и по существу цилиндрическую поверхность.

18. Ротор по п.14, в котором по меньшей мере один набор выступов
30 расположен на каждой стороне области, в которой расположен проход для текучей среды.

19. Ротор по любому из п.п.1-13, в котором на поверхности с усеченно-конической формой выполнен проход для текучей среды.

20. Ротор по любому из п.п.1-13, в котором на по существу усеченно-конической поверхности выполнен ряд канавок.

5 21. Ротор по п.20, в котором поверхность, снабженная канавками, выполнена так, чтобы свести к минимуму относительное движение в направлении нормали между ротором и сопряженной поверхностью статора с достижением по существу постоянной ширины зазора в процессе работы.

10 22. Ротор по п.20, в котором поверхность, имеющая канавки, выровнена так, что в процессе сборки или после нее смещение или деформация ротора обеспечивают возможность вырезания канавок в истираемом покрытии на противоположной уплотнительной поверхности статора, или ротора, если канавки расположены на статоре, а истираемое покрытие расположено на роторе.

15

23. Ротор по любому из п.п.1-22, в котором угол конусности по существу усеченно-конической поверхности выбран для обеспечения создания требуемого зазора между противоположными поверхностями ротора и статора при конкретных рабочих условиях или в конкретном

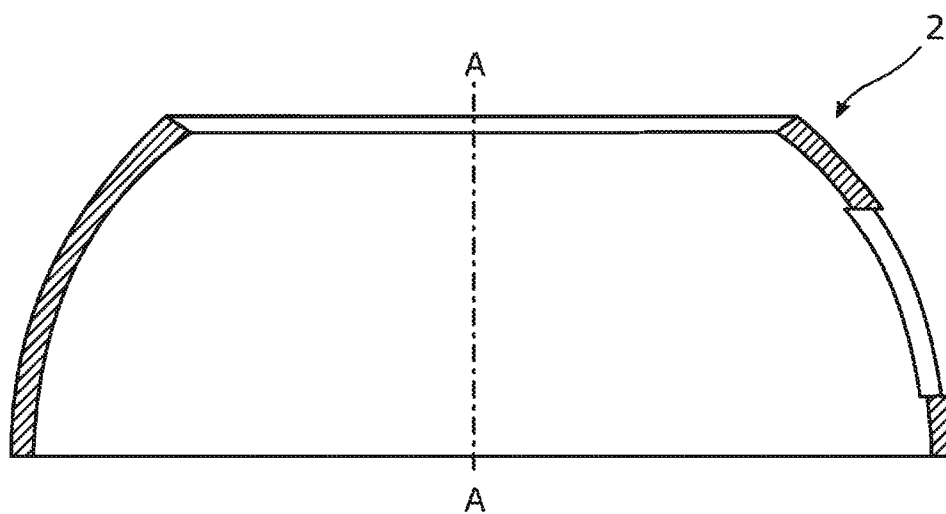
20 диапазоне условий.

24. Ротор по любому из п.п.1-23, в котором внутренняя поверхность ротора, по меньшей мере частично образующая кольцевое пространство цилиндра, содержит изогнутую поверхность.

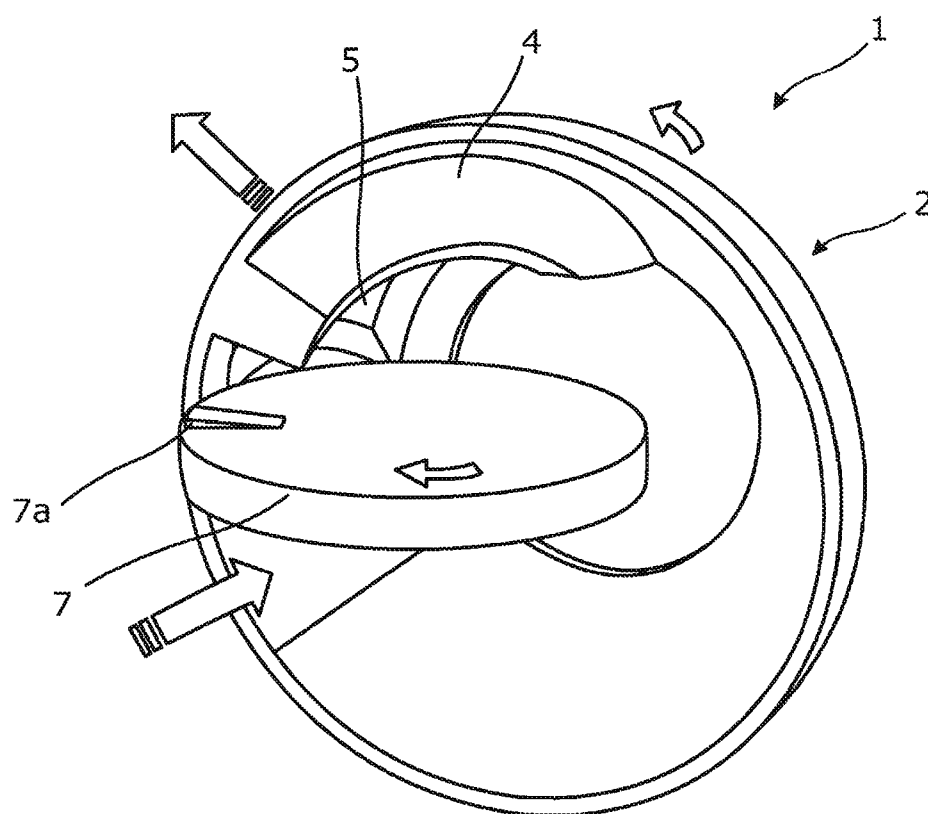
25

25. Ротор по любому из п.п.1-24, выполненный с по существу выпуклой формой.

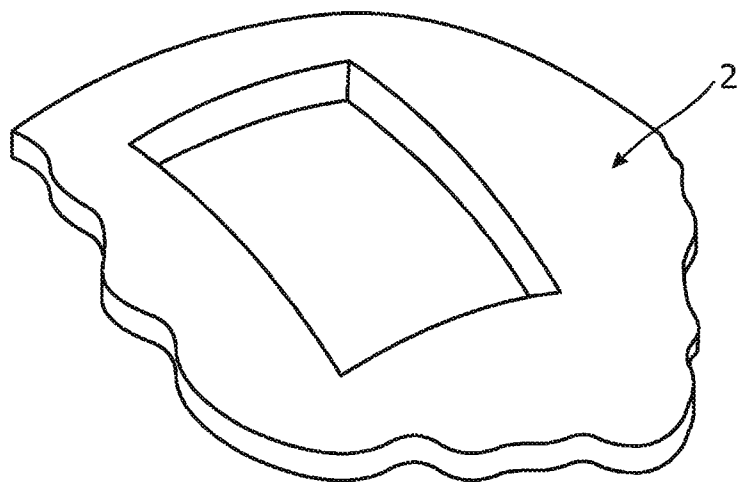
26. Ротор по любому из п.п.1-25, содержащий чашеобразное кольцо.



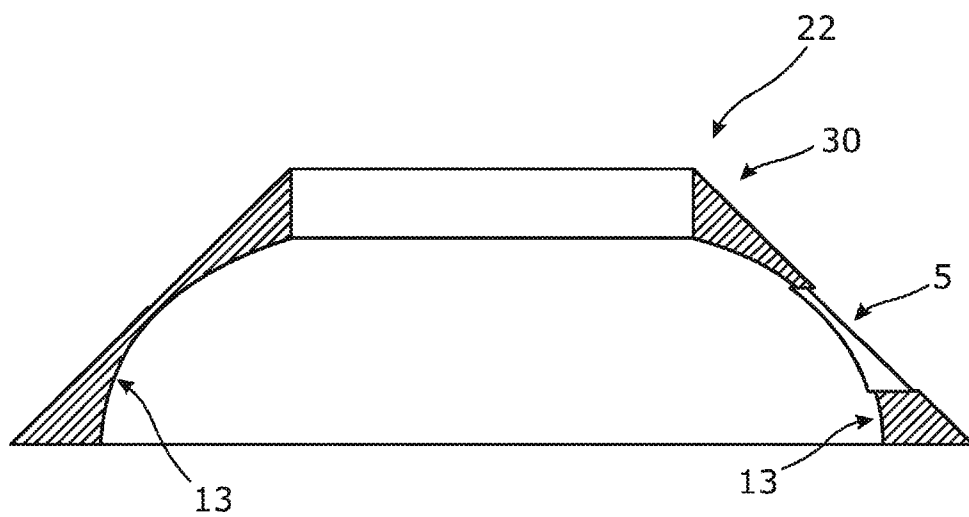
Фиг. 1



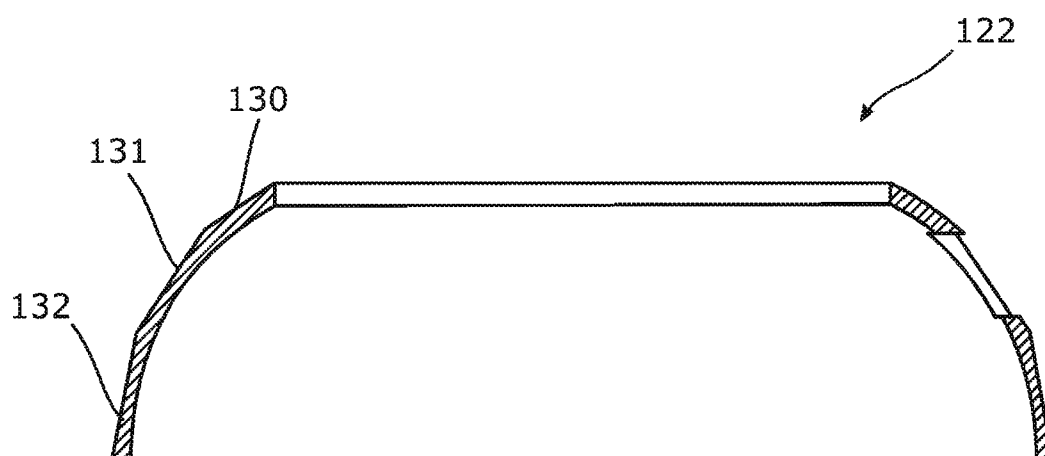
Фиг. 2



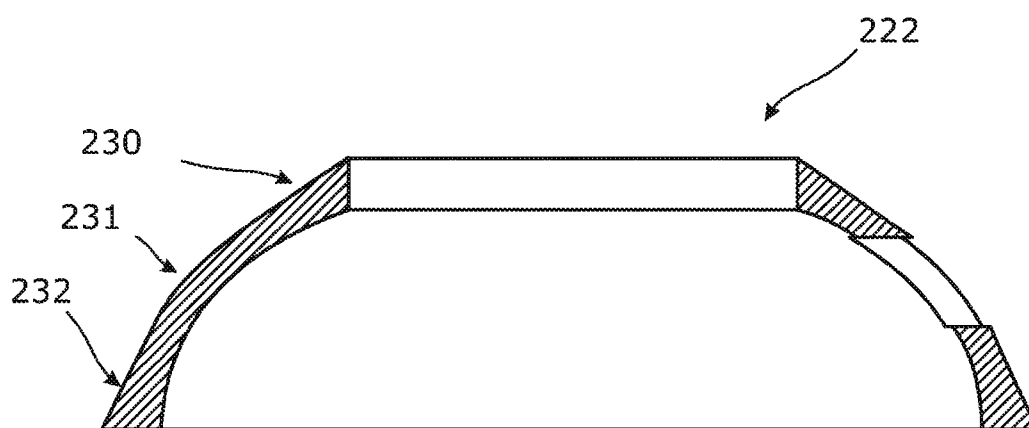
Фиг. 3



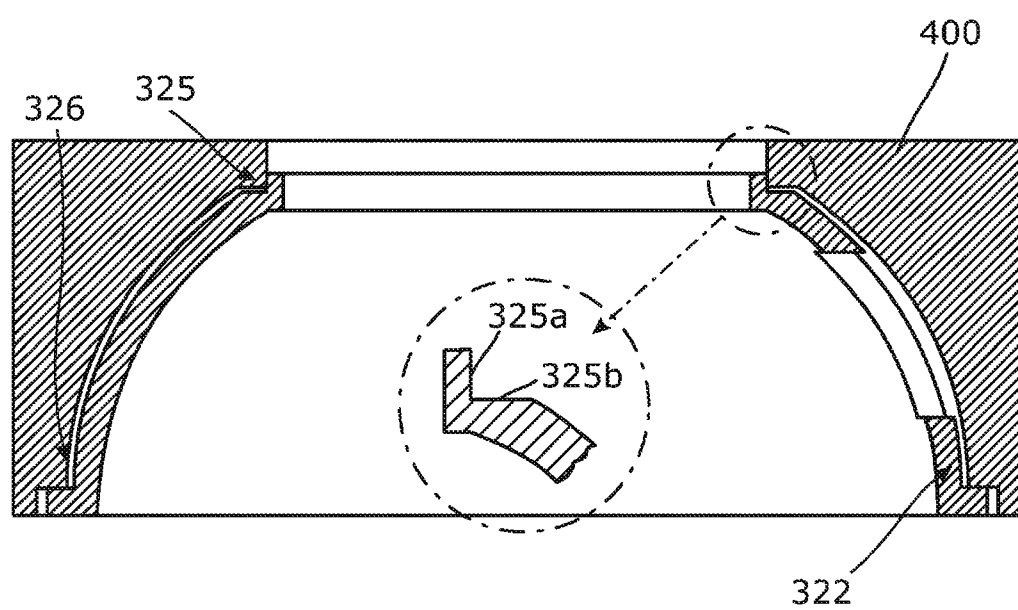
Фиг. 4



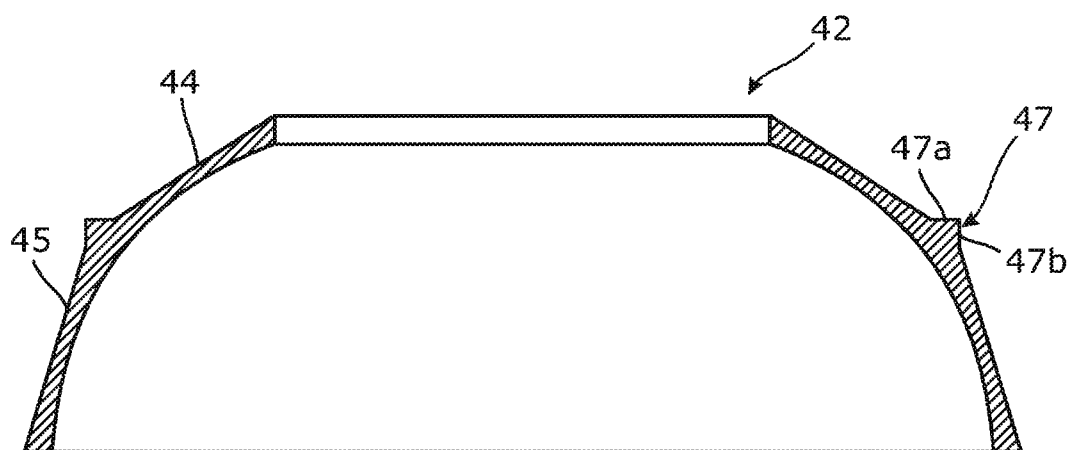
Фиг. 5



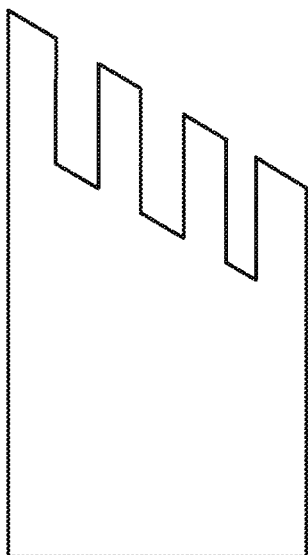
Фиг. 6



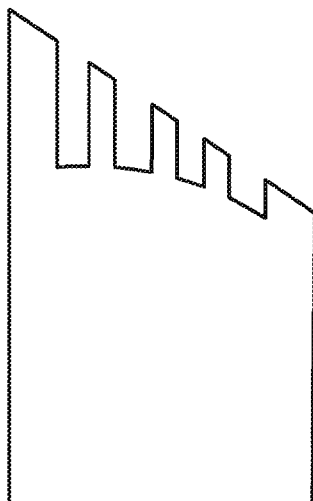
Фиг. 7



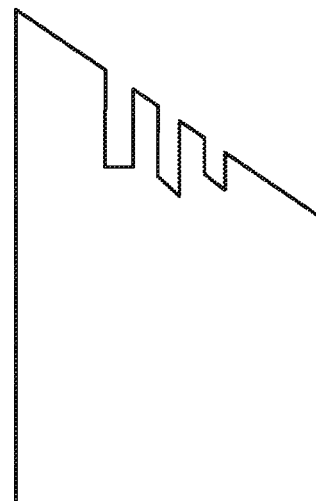
Фиг. 8



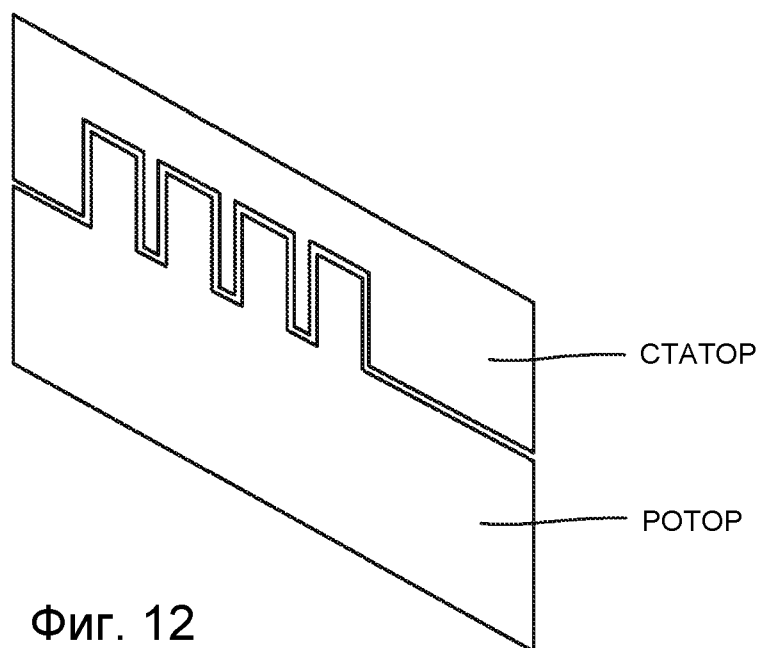
Фиг. 9



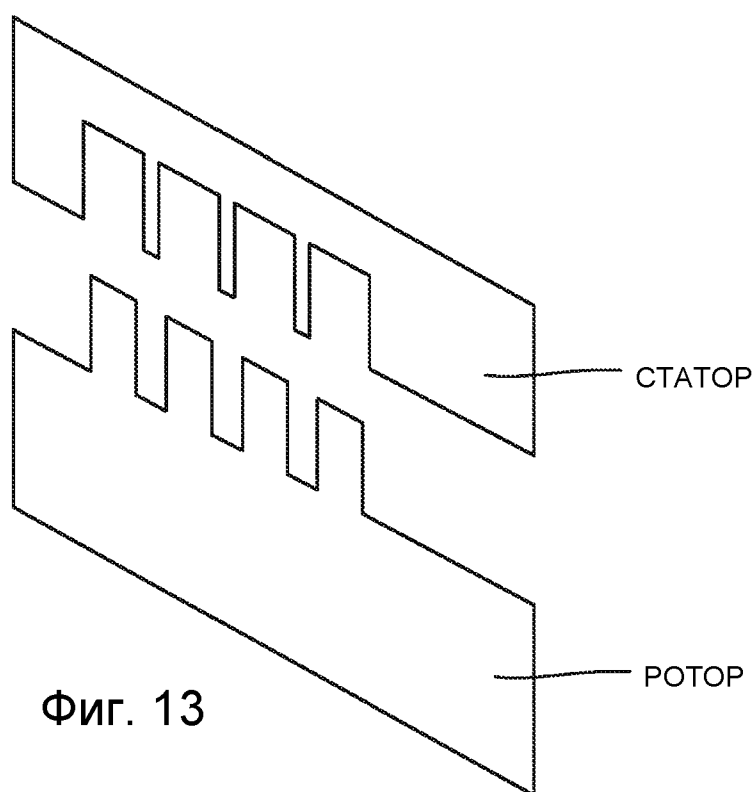
Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13