

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **037381**

(13) **B9**

**(12) ИСПРАВЛЕННОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К  
ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(15) Информация об исправлении  
**Версия исправления: 1 (W1 B1)  
исправления в формуле**

(51) Int. Cl. **F04D 29/22** (2006.01)  
**F04D 29/42** (2006.01)  
**F04D 29/66** (2006.01)

(48) Дата публикации исправления  
**2021.06.16, Бюллетень №6'2021**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.03.23**

(21) Номер заявки  
**201992173**

(22) Дата подачи заявки  
**2018.03.29**

---

**(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ОКРУЖНОГО ДИСБАЛАНСА  
ДАВЛЕНИЯ В БОКОВОЙ ПОЛОСТИ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ТУРБОМАШИН**

---

(31) **62/483,407; 15/696,230**

(56) **US-A-3589827  
US-A-6129507**

(32) **2017.04.09; 2017.09.06**

(33) **US**

(43) **2020.03.31**

(86) **PCT/US2018/025052**

(87) **WO 2018/191022 2018.10.18**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ТЕКНОЛОДЖИ  
КОММЕРШЕЛАЙЗЕЙШН КОРП.  
(US)**

(72) Изобретатель:  
**Кенворти Майкл В., Ганелин Борис  
(US)**

(74) Представитель:  
**Нилова М.И. (RU)**

---

(57) Усовершенствованная роторная машина согласно изобретению может включать в себя ротор 30 с установленным на нем рабочим колесом 20. Между рабочим колесом 20 и корпусом 8 может быть образована боковая полость. Роторная машина может быть дополнительно снабжена кольцевым разделительным диском 112, 122, 132, 142 для разделения потока жидкости в полости на первый поток жидкости между диском и радиальной поверхностью рабочего колеса 20 и второй поток жидкости на другой стороне диска между диском и корпусом 8. В роторной машине согласно изобретению также имеется периферийное кольцевое пространство, образованное на периферии корпуса в полости в месте рядом с периферийной областью кольцевого разделительного диска 112, 122, 132, 142. Важно, что это периферийное кольцевое пространство не имеет ограничений для окружного потока жидкости в нем, чтобы изменить второй поток жидкости в полости, чтобы уменьшить колебания давления и нарушения потока по окружности роторной машины. Это, в свою очередь, улучшает вращательный баланс роторной машины.

---

**B9**

**037381**

**037381**

**B9**

### Область изобретения

Не ограничивая формулу изобретения, соответствующий уровень техники описан в связи с роторными машинами. Более конкретно, изобретение описывает роторную машину с улучшенной диффузией искажений во вторичных потоках.

Роторные машины используются в различных отраслях промышленности. Центробежные компрессоры и насосы, турбоагрегаты, газовые и реактивные двигатели и насосы, а также гидравлические двигатели являются некоторыми примерами роторных машин. Типичный одно- или многоступенчатый центробежный роторный насос или компрессор содержит ротор, окруженный неподвижным кожухом или корпусом. Основная рабочая часть ротора (рабочее колесо/крыльчатка), как правило, состоит из лопастей, дисков и/или других компонентов, образующих насосный элемент, который при вращении увеличивает энергию перекачиваемой жидкости. Последующее описание относится к такой части роторной машины как рабочее колесо.

### Описание уровня техники

Центробежные машины, несмотря на множество их преимуществ (эффективность, надежность и т.д.), как правило, работают в узком рабочем диапазоне. Они предназначены для работы предпочтительно при такой производительности и частоте вращения, которые максимизируют эффективность машины, известной как "точка максимальной эффективности", или ТМЭ (ВЕР - англ.). Отрицательные динамические явления тесно связаны с работой машины вдали от ВЕР.

Одним из известных способов повышения эффективности и обеспечения возможности уменьшения размера спиральной части машины является установка направляющих стационарных лопастей в диффузоре для потока выходящего из рабочего колеса. Этот поток имеет высокую тангенциальную составляющую, и стационарные лопатки в диффузоре могут эффективно преобразовывать кинетическую энергию потока в потенциальную энергию (давление). Но ключевым ограничением использования стационарных лопастей в диффузоре является дальнейшее сужение предпочтительного рабочего диапазона центробежного насоса или компрессора.

В центробежных насосах или компрессорах, имеющих диффузор, оборудованный стационарными лопастями, конструкция лопастей вращающегося рабочего колеса соответствует стационарным лопастям приемного диффузора внутри стационарного корпуса для определенной скорости вращения, определяющей ВЕР. Когда машина не работает в ВЕР, угол падения потока, выходящего из лопаток рабочего колеса, не совпадает с углом приема стационарных лопаток диффузора. Это приводит к снижению эффективности, а также вызывает нестабильность потока из-за того, что геометрическая конфигурация рабочего колеса и диффузора больше не обеспечивает оптимальную схему потока. В этом случае возникают неоднородности поля скоростей потока, включая появление областей локализованного, неоднородного, нестационарного потока, а также изменения давления по периферии роторной машины. Эти неравномерно распределенные зоны поля скоростей потока и давления взаимодействуют с вращающимися и неподвижными компонентами внутри насоса или компрессора, создавая возмущения давления и гидродинамическое возбуждение. В частности, во время работы машины вдали от ВЕР, локальные гидродинамические и глобальные гидроакустические возбуждения вызывают вибрации машины. Таким образом, существует необходимость уменьшить такие колебания давления и обеспечить стабильность роторной машины.

При работе центробежного насоса или компрессора, даже при предположении полностью осесимметричного ротора, распределение давления в периферийной области полостей на стороне рабочего колеса, как правило, неравномерно по окружности, особенно в области выхода потока. На последней ступени центробежных насосов и компрессоров рабочее колесо подает жидкость в улитку. У всех улиток есть по крайней мере один "язык", а иногда два "языка" или больше. "Язык" создает асимметричные структуры потока в спиральном канале улитки, особенно при работе с частичной нагрузкой. Кроме того, все ступени вращающейся машины подвержены миграции искажений потока на ступенях вверх и вниз по потоку (или отклонений в подаче жидкости), что обычно вызывает окружные изменения и возмущения давления на выходе рабочего колеса. Примеры таких условий включают помпаж и срыв. Чем больше степень изменения давления по окружности, особенно на выходе рабочего колеса, тем больше радиальная сила, воздействующая на ротор, увеличивающая его радиальную орбиту и нарушающая его вращательный баланс.

Еще одним соображением, влияющим на баланс вращения роторной машины, является значительная окружная кинематическая неоднородность потока утечки жидкости, протекающей через кольцевой зазор (9) (см. фиг. 1) на периферии крыльчатки. Во-первых, размер такого кольцевого зазора изменяется по окружности, учитывая орбиту движения ротора в неподвижном корпусе. Во-вторых, наибольший кольцевой зазор обычно совпадает с зоной наибольшего локального давления жидкости в смежном участке улитки, что дополнительно увеличивает круговой дисбаланс скоростей и давления в транзитной утечке, протекающей через зазор. Эти дисбалансы по окружности часто приводят к дестабилизирующим силам на изнашиваемом кольце (так называемом уплотнительном кольце) и вдоль поверхности кожуха вращающегося рабочего колеса. Это может вызывать проблемы с динамическими характеристиками и дисбалансом ротора, а также сокращать срок службы роторной машины.

Работа центробежных насосов вдали от ВЕР подробно рассматривается в статье, озаглавленной "Распределение давления между кожухом рабочего колеса и корпусом центробежного насоса с объемом", авторами которой являются Ф. Бахм и А. Энгедта на InterSym AIF, Четвертый международный симпозиум по экспериментальной и вычислительной аэротермодинамике внутреннего потока, в 1999 году в Дрездене, Германия, которая полностью включена в настоящий документ в качестве ссылки. В одноступенчатом всасывающем центробежном насосе авторы поместили датчики давления вдоль кожуха рабочего колеса, равномерно распределенные по 4 радиусам под 6 углами в передней полости, а также в 4 положениях по окружности на стороне всасывания изнашиваемого кольца.

Результаты этих экспериментов включали идентификацию "явно неравномерного распределения давления в улитке". В статье делается вывод, что "эти наблюдения показывают, что неравномерное распределение периферического давления в нерасчетной точке (вдали от ВЕР) влияет на структуру потока в передней полости". Во время работы в режиме максимальной эффективности (ВЕР) "периферийное статическое давление практически однородно", "заметные отклонения от однородности между 350 и 40 градусами лежат в области влияния языка улитки". В статье также отмечается, что "наблюдаемое влияние "языка" улитки на течение усиливается при работе вдали от ВЕР и особенно заметно при работе с частичной нагрузкой".

Что касается распределения радиального давления в полости на стороне рабочего колеса, то статья утверждает, что "падение радиального давления является почти вращательно-симметричным только в расчетной точке (ВЕР)". Но при работе в нерасчетной точке (вдали от ВЕР) "ясно видно, что радиальное падение давления в передней полости не распределено по окружности равномерно". Таким образом, радиальные силы, действующие на рабочее колесо в условиях частичной нагрузки и перегрузки, могут рассматриваться как возможный фактор, приводящий к изменению геометрии зазора изнашиваемого кольца и, следовательно, к изменению сопротивления периферийного потока/потока утечки через зазор между кожухом и рабочим колесом.

Подводя итог, можно сказать, что при работе вдали от ВЕР колебания давления на входе диффузора/улитки изменяются по окружности, изменяя тем самым радиальные силы, действующие на рабочее колесо (как по величине, так и по направлению). Увеличение радиальных сил на роторе вызывает увеличение эксцентриситета его орбиты. Этот эксцентриситет, в свою очередь, изменяет как кольцевой зазор уплотнения, так и кольцевой зазор рабочего колеса. Это влияет на динамический характер потока через эти зазоры, что приводит к осесимметричным вариациям скоростей и давлений соответствующих потоков.

Как упомянуто выше, центробежные насосы и компрессоры, которые не имеют стационарных лопастей непосредственно после рабочего колеса, безопасно работают в более широком рабочем диапазоне, но за счет более низкой эффективности. Неподвижные лопатки канала корпуса и сегментирование потока в несколько спиральных потоков, по сути, ограничивает окружную диффузию неоднородности полей скоростей и давления потока внутри диффузора/улитки. Соответствующие дисбалансы перемещаются вверх и вниз по течению во время работы вдали от ВЕР, что влияет на динамические характеристики машины.

Новые конструктивные решения для центробежных машин раскрыты в патентах США № 6,129,507 и 7,731,476, включенных в настоящий документ посредством ссылки во всей их полноте. Эти конструктивные решения для боковых полостей рабочих колес/крыльчатки (передней и/или задней) могут использоваться на любой одной или нескольких ступенях центробежного насоса или компрессора с целью уменьшения и контроля осевого усилия.

В тоже время существует потребность в способах и устройствах для уменьшения окружной неравномерности давления в боковых полостях рабочих колес/крыльчатки роторных машин. Также существует потребность в роторной машине с высокой эффективностью и широким рабочим диапазоном при сохранении баланса вращения рабочих колес/крыльчатки.

### **Сущность изобретения**

Соответственно, целью настоящего изобретения является преодоление этих и других недостатков предшествующего уровня техники путем разработки новых методов и устройств для улучшения вращательного баланса роторной машины.

Еще одной целью изобретения является разработка новых способов и устройств для улучшения кругового сглаживания, усреднения, нормализации, уравнивания и/или диффузии локальных колебаний давления и искажений потока в боковых полостях роторных машин, имеющих кольцевой разделительный диск в боковой полости рабочего колеса.

Еще одной целью настоящего изобретения является создание новых способов и устройств для роторных машин, способных варьировать степень усреднения по окружности, нормализации, уравнивания и/или диффузии вторичных потоков в роторной машине.

Еще одной целью настоящего изобретения является создание новых способов и устройств для роторной машины, направленных на регулирование локальных возмущений потока и давления вблизи одного или нескольких "языков" улитки, чтобы улучшить баланс вращения машины.

Еще одной целью настоящего изобретения является создание новых способов и устройств для регу-

лировки окружной неравномерности давления и скоростей потока в диффузоре/улитке роторной машины, вызванных воздействиями вверх или вниз по потоку в роторной машине.

Настоящее изобретение относится к способам и устройствам для уменьшения гидродинамических/динамических возмущений в роторных машинах и тем самым уменьшения осевых и радиальных вибраций и колебаний ротора и обеспечения безопасной работы вдали от точки максимального КПД (ВЕР).

Более конкретно, настоящее изобретение относится к центробежным роторным машинам, имеющим кольцевой неподвижный диск (называемый в данном описании "разделительным диском"), расположенный в боковой полости между вращающимся рабочим колесом (либо с покрывным диском, либо без покрывного диска) и корпусом. Этот диск позволяет изолировать поток флюида в боковой полости, примыкающий к вращающемуся рабочему колесу, от потока примыкающего к стенке корпуса. Таким образом, гидродинамика потока (поле скоростей и давлений) качественно изменяется как в канале, образованном "разделительным диском" и вращающимся кожухом рабочего колеса), так и на входе уплотнения.

Предметом настоящего изобретения, в частности, является периферийное кольцевое пространство, конфигурация которого обеспечивает свободный круговой поток вдоль периферии корпуса. Данное кольцевое пространство не имеет каких-либо ограничений для этого потока, который формируется из потока транзитной утечки (через кольцевой зазор между торцом рабочего колеса и корпусом машины) и потока жидкости, центрифугированной наружу вдоль вращающегося рабочего колеса. Смешение потоков в одном периферийном круговом потоке приводит к тому, что различные изменения давления и расхода усредняются, нормализуются или уравниваются по окружности до того, как флюид попадает в неподвижные направляющие лопатки, которые расположены внутри кольцевого пространства между кольцевым разделительным диском и стенкой корпуса. Данное кольцевое пространство со стационарными лопатками образует обратный направляющий аппарат/канал для вторичных потоков. Новая конструкция обратного направляющего аппарата позволяет уменьшить окружную неравномерность поля скоростей и давлений потока в боковой полости, прилегающей к вращающемуся рабочему колесу, и на входе в уплотнение и таким образом качественно улучшить ротор-динамические характеристики роторной машины.

Чтобы упростить конструкцию машины и снизить стоимость изготовления, направляющие стационарные лопатки вместе с неподвижным диском для разделения потока жидкости могут представлять единый блок для крепления к корпусу.

#### **Краткое описание рисунков**

Предмет изобретения четко заявлен в заключительной части описания. Вышеизложенные и другие признаки настоящего раскрытия станут более понятными из следующего описания и прилагаемой формулы изобретения, взятой вместе с прилагаемыми чертежами. Понимая, что эти чертежи изображают только несколько вариантов раскрытия и, следовательно, не должны рассматриваться как ограничивающие его объем, раскрытие будет описано с дополнительной конкретностью и подробностями посредством использования прилагаемых чертежей, на которых

фиг. 1 представляет собой поперечное сечение верхней половины конструкции роторной машины (внешней периферийной части рабочего колеса) известного уровня техники;

фиг. 2 - вид в поперечном разрезе левого верхнего углового участка роторной машины (внешней периферийной части рабочего колеса) рядом с выходом рабочего колеса, включающего первый вариант осуществления изобретения;

фиг. 3 - вид в поперечном разрезе левого верхнего углового участка роторной машины (внешней периферийной части рабочего колеса) около выхода жидкости рабочего колеса, включающего второй вариант осуществления изобретения;

фиг. 4А представляет собой вид в поперечном разрезе верхней левого угла части роторной машины (внешняя периферийная часть рабочего колеса) вблизи выхода жидкости из рабочего колеса, включающий в себя третий вариант осуществления настоящего изобретения;

фиг. 4В представляет собой вид в поперечном разрезе того же самого, что и фиг. 4А, показывающий альтернативную конструкцию третьего варианта осуществления изобретения; и

фиг. 4С представляет собой вид в поперечном разрезе того же самого, что и фиг. 4А, показывающий еще одну альтернативную конструкцию третьего варианта осуществления изобретения.

#### **Подробное описание первого варианта осуществления изобретения**

Следующее описание содержит различные примеры (вместе с конкретными деталями), обеспечивающие полное понимание заявленного объекта изобретения. Однако специалистам в данной области техники будет понятно, что заявленный объект изобретения может быть осуществлен на практике без одной или нескольких конкретных подробностей, раскрытых в данном документе. Кроме того, в некоторых обстоятельствах хорошо известные способы, процедуры, системы, компоненты и/или схемы не были подробно описаны во избежание избыточной информации о заявленном объекте изобретения. В последующем подробном описании делается ссылка на прилагаемые чертежи, которые составляют его часть. На чертежах похожие символы обычно идентифицируют аналогичные компоненты, если контекст не

требует иного. Иллюстративные варианты осуществления, описанные в подробном описании, чертежах и формуле изобретения, не ограничивают варианты осуществления изобретения. Могут быть использованы другие варианты осуществления и могут быть сделаны другие изменения, не выходя за пределы сущности или объема предмета изобретения, представленного здесь. Понятно, что аспекты настоящего раскрытия, как в целом описано здесь и проиллюстрировано на чертежах, могут быть скомпонованы, заменены, объединены и выполнены в широком разнообразии конфигураций, которые составляют часть этого описания.

Фиг. 1 показывает верхнюю половину поперечного сечения роторной машины предшествующего уровня техники, содержащей корпус (8) и рабочее колесо (20), размещенное на (30). Рабочее колесо (20) включает в себя передний/покрывной диск (3), показанный с левой стороны фиг. 1, и задний/основной диск (3'), показанный справа на фиг. 1, так что эти диски образуют канал, через который флюид из области низкого давления на входе (6') перемещается в область высокого давления на выходе (6) из рабочего колеса (20).

Между рабочим колесом (20) и корпусом (8) образованы две полости: передняя полость (10) и задняя полость (10'). Передняя полость (10) обычно формируется передней внутренней стенкой корпуса (11) и передним диском (3). Задняя полость (10') формируется соответственно задней внутренней стенкой корпуса (11') и задним диском (3'). Совокупное осевое усилие на рабочем колесе (20) является результатом распределения давления флюида по переднему диску (3) и заднему диску (3') в полостях (10) и (10'). В свою очередь, эти распределения давления напрямую зависят от динамики жидкости в этих полостях, описание которой будет дано ниже.

Кольцевой разделительный диск (2) в боковой полости (10) рабочего колеса и другие элементы, такие как части переднего кожуха рабочего колеса и задней ступицы, как правило, показаны на чертежах перпендикулярно оси ротора для удобства представления, в то время как конические или изогнутые поверхности являются более распространенными на практике. И хотя спецификация и чертежи в данном документе относятся к рабочим колесам, имеющим передний кожух, настоящее изобретение также применимо для роторных машин, имеющих рабочие колеса без покрывного диска. Кроме того, такие конструктивные особенности, которые описаны на любом из приведенных ниже чертежей, могут использоваться в любой комбинации с аналогичными характеристиками других чертежей, как описано здесь, или с любыми другими признаками в патентах '507 и '476, упомянутых выше.

Кольцевой разделительный диск (2) показан только на передней полости также для удобства представления. Аналогичный кольцевой разделительный диск также может быть установлен в задней полости (10') или же как в передней полости, так и в задней полости роторной машины.

Также предусмотрены стационарные лопатки (1), расположенные вблизи выхода жидкости из рабочего колеса (20). В роторной машине предшествующего уровня техники выходной поток жидкости традиционно делится на выходной поток ротационной машины, направленный к выходному отверстию (6), и поток (9), направленный к передней полости (10) и определяющий утечку QL. Стационарные лопатки (1) направляют кольцевой поток вниз через переднюю полость (10) к центру роторной машины. Кольцевой разделительный диск (2) разделяет поток на первый поток (5) между стенкой (11) корпуса и кольцевым разделительным диском (2) и второй поток (4) между кольцевым разделительным диском (2) и покрывным диском рабочего колеса (3).

Подробное описание настоящего изобретения следует со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых одинаковые элементы обозначены одинаковыми ссылочными позициями. Чертежи иллюстрируют часть одной из ступеней типичной роторной машины, которая может содержать одну или несколько ступеней. Насосный элемент ротора называют рабочим колесом/крыльчаткой. Геометрия рабочего колеса может варьироваться в так называемых радиальных, смешанных или осевых насосах, однако любое рабочее колесо имеет передний диск (покрывной диск) и задний диск, лопатки между дисками и уплотнения, минимизирующие утечки из областей высокого давления на выходе роторной машины в области низкого давления на входе роторной машины. Настоящее изобретение иллюстрируется только со ссылкой на центробежный насос с радиальным типом потока, но оно может быть легко адаптировано специалистами в данной области техники к другим типам роторных машин.

Вид в поперечном разрезе первого предпочтительного варианта осуществления настоящего изобретения изображен на фиг. 2. Здесь крупным планом показан пример верхнего угла роторной машины (внешней периферийной части рабочего колеса) вблизи выхода жидкости, чтобы проиллюстрировать новые элементы изобретения, установленные в этом месте. Аналогичные элементы конструкции также могут быть установлены в других местах роторной машины.

Настоящее изобретение предпочтительно может быть использовано в одной или обеих боковых полостях одноступенчатой роторной машины, а также в передней или обеих боковых полостях каждой ступени многоступенчатой роторной машины. Предполагается, что в боковой полости имеется транзитный поток утечки, поступающий в боковую полость рабочего колеса через кольцевой зазор (119) на периферии рабочего колеса и выходящий через переднее уплотнение рабочего колеса (не показано).

Основной поток жидкости (117) через рабочее колесо продвигается лопастями рабочего колеса, имеющего передний диск (113), образующий на периферии зазор (119) между рабочим колесом и коль-

цом (110В), которое жестко прикреплено к стационарному корпусу (118). Кольцевой разделительный диск (112) вместе с направляющими лопатками канала (115А) может быть жестко прикреплен к корпусу (118), образуя обратный направляющий аппарат/канал для вторичного потока.

Вращающееся рабочее колесо (включая передний диск рабочего колеса (113)) продвигает флюид в основном потоке (117) в диффузор/улитку (116), которая по окружности охватывает рабочее колесо, и далее к выходному отверстию роторной машины. Небольшой объем этого потока протекает через кольцевой зазор (119), образованный диском крыльчатки (113) и кольцом (110В), из области высокого давления в область низкого давления - показано на фиг. 2 стрелками. Эта транзитная утечка флюида через кольцевой зазор (119) имеет высокую тангенциальную скорость и частоту пульсации давления, вызванной лопастями рабочего колеса. Внутренняя сторона кольцевого кольца (110В) образует внешнюю границу кольцевого канала для такого транзитного потока утечки, тогда как внешняя сторона кольцевого разделительного диска (112) образует внутреннюю границу для этого потока. Окружной поток направляется в периферическое кольцевое пространство (110). Жидкость в боковой полости (114) рабочего колеса центрифугируется вращающимся передним диском (113) рабочего колеса наружу и тангенциально к периферийному кольцевому пространству (110).

По сравнению с предшествующим уровнем техники, практически не имеющим периферического кольцевого пространства (110), авторы настоящего изобретения неожиданно обнаружили, что кольцевое пространство (110), которое имеет размеры достаточно большие, чтобы позволить тангенциальное перемещение флюида по периферии корпуса роторной машины практически без сопротивления, обеспечивает значительные преимущества в сглаживании колебаний давления и окружной неравномерности вторичного течения/потока роторной машины.

Жидкость из периферийного кольцевого пространства (110) попадает в канал (115) и далее течет по направлению к оси роторной машины. В кольцевом байпасном канале (115) могут быть предусмотрены направляющие лопатки (канал (115А)), преобразующие тангенциальный поток флюида в преимущественно радиальный поток к валу рабочего колеса. Направляющие лопатки канала (115А) могут занимать весь или часть кольцевого канала (115).

Учитывая, что сторона периферийного кольцевого пространства (110) отстоит дальше от оси ротора, чем кольцевой зазор (119), все утечки из кольцевого зазора, имеющие высокую тангенциальную скорость, будут проходить в периферийное кольцевое пространство (110). Жидкость, центрифугированная наружу вращающимся передним диском (113) рабочего колеса и имеющая высокую тангенциальную скорость, также будет поступать в более дистальное периферическое кольцевое пространство (110).

Периферийное кольцевое пространство (110) разработано для усреднения или нормализации окружных искажений потока, локального давления и турбулентности жидкости в периферийном кольцевом пространстве (110). Жидкость, поступающая в периферическое кольцевое пространство (110), имеет высокую степень изменения потока в нормальном направлении (например, вихри) и будет тяготеть к самой дистальной части периферийного кольцевого пространства (110). Со временем трехмерный поток в дистальной области периферийного кольцевого пространства (110) будет становиться все более и более двумерным и однородным, поскольку поток мигрирует во внутреннюю часть периферийного кольцевого пространства (110) непосредственно перед тем, как будет направлен в кольцевой канал (115А).

Окружному усреднению давления может способствовать повторяющийся процесс:

- а) уменьшение скорости закрутки, учитывая большой радиус дистальной части периферического кольцевого пространства (110), за которым следует
- б) ускорение закрутки, когда жидкость мигрирует к более близкой (ближе к центральной оси) области периферийного кольцевого пространства (110) согласно закону сохранения энергии,
- в) непосредственно перед входом в кольцевой байпасный/обходной канал направляющих лопаток (115А).

Размеры периферийного кольцевого пространства (110) должны быть достаточно большими, чтобы обеспечить течение рабочей среды без заметного сопротивления в окружном направлении и сделать возможным усреднение давления по окружности. Для этого внутренний радиус периферического кольцевого пространства (110) может быть выбран равным примерно 1/2 расстояния между радиусом торцевой поверхности рабочего колеса и радиусом уплотнения до примерно полного радиуса рабочего колеса. Кроме того, внешний радиус периферического кольцевого пространства (110) может быть таким же, как и радиус спиральной части ниже по потоку от рабочего колеса. Кроме того, ширина периферийного кольцевого пространства (110) может быть в три раза больше, чем общая ширина боковой полости (114) рабочего колеса и байпасного канала (115).

Возможно применение кольца (110А), которое может быть жестко прикреплено или сформировано с кольцевым разделительным диском (112). Кольцо (110А) выполняет две функции. Во-первых, оно может увеличить механическую прочность кольцевого разделительного диска (112) за опорой направляющих лопаток кольцевого обходного канала (115А), которые могут быть жестко прикреплены к корпусу (118). Во-вторых, учитывая его выступ в виде обычного прямоугольного сечения периферийного кольцевого пространства (110), кольцо (110А) изменяет профиль периферийного кольцевого пространства (110), влияя на динамику потока внутри него. Когда поток в периферийном кольцевом пространстве

(110) становится более двумерным, он тяготеет к своей внутренней стороне, и из-за меньшего радиуса увеличивается скорость закрутки потока. Этот случай предполагает равномерную ширину кольцевого периферийного пространства (110). Наличие кольца (110А) может изменять ширину вдоль периферийного кольцевого пространства (110). В результате имеются три отдельные кольцевые области, изменяющиеся радиально до центра вращающейся машины. Самая дистальная часть кольцевой области (зона 1) является наиболее дистальной по отношению к кольцевому кольцу (110А), имеющему максимальную ширину и обеспечивающему наибольшую объемную площадь для нормализации потока. В зоне 1 более двумерный (равномерный) поток будет тяготеть к своему внутреннему радиусу. Область, радиально смежная с кольцевым кольцом (110А), определяет зону 2 с пошаговым уменьшением ширины, вызванным наличием кольцевого диска (110А). Результирующее сопротивление для проникновения жидкости в зону 2 "разжижает" поток в зоне 1, вызывая еще большую нормализацию искажений жидкости в зоне 1. В зоне 2 более двумерный (равномерный) поток тяготеет к своему внутреннему радиусу, имея большую тангенциальную скорость, чем объемная скорость жидкости в зоне 1. Зона 3 наиболее близка к центральной оси рабочего колеса, при этом ширина кольцевого кольца (110А) сужается от полной ширины до нуля на входе в кольцевой обходной канал (115). Это сужение увеличивает ширину периферийного кольцевого пространства (110), доступного для потока жидкости в его ближайшей кольцевой области, вызывая уменьшение скорости закрутки, когда жидкость приближается к кольцевому обходному каналу (115) и входит в кольцевой обходной канал с направляющими лопастями (115А). Подобные эффекты изменения скорости закрутки в периферийном кольцевом пространстве (110) путем изменения его ширины могут быть достигнуты путем изменения профиля другой стороны периферийного кольцевого пространства (110) (то есть левой стороны на фиг. 2), как показано более подробно на фиг. 3.

Что касается обеспечения более равномерного окружного распределения давления и скоростей потока в переднем уплотнении и в боковой полости рабочего колеса, то для улучшения ротор-динамических характеристик машины может быть предложена еще одна новая конструктивная особенность. Основной поток (117) обычно выходит из вращающегося рабочего колеса и входит в улитку (116), которая может быть не осесимметричной. Улитки имеют "язык" (обычно один, а иногда и два). Язык по своей природе вызывает изменение давления и скоростей потока по окружности на входе в улитку. Кольцевое периферийное пространство (110) и направляющие лопатки обходного канала (115А) являются неподвижными компонентами, подобными "языку" ("языкам") улитки. Они могут быть сконструированы так, чтобы они были неоднородными по окружности, чтобы компенсировать или исправлять окружные неоднородные воздействия "языка" ("языков"). Осуществления таких модификации конструкции могут включать в себя:

- а) окружное изменение плотности (на радиальный пролет) или шага направляющих лопастей обходного канала (115А), или
- б) окружное изменение размеров кольцевого периферийного пространства (ПО), например изменение соответствующих радиусов его дистальной и ближайшей стенок, или
- в) окружное изменение ширины или площади поперечного сечения кольцевого обходного канала (115),

где все такие модификации используются для изменения локального сопротивления потоку по окружности периферийного кольцевого пространства (110). Различные круговые изменения/изменения качества поверхности (шероховатость, травленные лопатки и т.д.) также могут быть использованы для компенсации кругового дисбаланса давления и скоростей потока в непосредственной близости от "языков" улиток.

#### **Подробное описание второго варианта осуществления изобретения**

Вид в поперечном разрезе второго варианта осуществления настоящего изобретения, показывающий фрагмент машины рядом с выходом рабочего колеса, изображен на фиг. 3. Преимущества второго варианта включают в себя: (1) улучшенную динамику потока, (2) более компактную конструкцию и (3) более низкие производственные затраты.

Во время работы роторной машины рабочее колесо (включая передний диск рабочего колеса (123)) продвигает поток рабочего колеса (127) в направлении диффузора/улитки (126), который может окружным образом охватывать рабочее колесо. Транзитная утечка, имеющая высокую тангенциальную скорость, протекает через кольцевой зазор (129) и далее перемещается в радиально более дистальную или отдаленную область периферического кольцевого пространства (120), которое ограничено кольцом (120А). Жидкость в боковой полости рабочего колеса (124) центрифугируется наружу и тангенциально вследствие вращения переднего диска рабочего колеса (123). Через торец рабочего колеса жидкость перетекает в радиально более дистальную область периферического кольцевого пространства (120) и выходит в кольцевой обводной канал (125), а затем движется в радиальном направлении к области втулки в центре вращающейся машины (не показана). Направляющие лопасти кольцевого обходного канала (125А) могут находиться внутри кольцевого обходного канала (125). Они также могут использовать одну и ту же кольцевую полость и направлять тангенциальный поток радиально в направлении ступицы.

Динамика потока в периферическом кольцевом пространстве (120) развивается следующим образом. Кольцевой разделительный диск (122) продолжается радиально наружу за пределы точки, где он

может быть жестко прикреплен к направляющим лопаткам (125А) кольцевого обходного канала, образуя выступ (122') в периферическом кольцевом пространстве (120). Такой выступ кольцевого разделительного диска (122) вызывает образование двух соседних кольцевых зон, которые частично отделены друг от друга диском (122). Область внутри периферического кольцевого пространства (120) и справа от самой дистальной поверхности кольцевого разделительного диска (122) на фиг. 3 определяет зону А. Область слева от самой дистальной поверхности кольцевого разделительного диска (122) определяет зону В. Зона А получает жидкость, поступающую в периферическое кольцевое пространство (120). Эта жидкость выходит из периферийного кольцевого пространства (120) через зону В. Жидкость, поступающая в зону А из кольцевой боковой полости (124), центрифугируется радиально наружу вращающимся передним диском (123) рабочего колеса и имеет высокую тангенциальную и радиальную скорость, а жидкость, поступающая через кольцевой зазор (129), имеет высокую тангенциальную скорость. Импульс этих двух поступающих потоков жидкости переносится в самую дистальную часть периферийного кольцевого пространства (120), где он смешивается с жидкостью, уже присутствующей в зоне В.

Несколько особенностей, показанных на фиг. 3, может использоваться для облегчения перемещения жидкости из зоны А в зону В в их дистальной (наиболее периферийной) области. Во-первых, кольцевое кольцо (120В) может быть вставлено и сформировано таким образом, чтобы постепенно уменьшать ширину зоны А с большим радиусом, в результате чего наиболее дистальная область периферийного кольцевого пространства (120) становится преимущественно занятой зоной В (такая дистальная область имеет самый неоднородный поток). Во-вторых, левая внешняя стенка зоны В может быть сконструирована так, чтобы проходить слева от кольцевого обходного канала (125), увеличивая объем зоны В, особенно в ее наиболее удаленной области. Это может иметь эффект аналогичного дальнейшего увеличения дистальной области периферического кольцевого пространства, которое занято зоной В. И, в-третьих, выступающая часть (122') кольцевого разделяющего диска может быть скошена так, чтобы его самый дистальный край был на его правой стороне, как показано на рисунке, для дальнейшего увеличения относительной доли дистальной стороны периферического кольцевого пространства (120), которое образует зону В.

Могут быть и другие преимущества, связанные с частичным разделением периферийного кольцевого пространства (120) на две зоны А и В. По сравнению с первым вариантом осуществления, показанным на фиг. 2, радиально ближайшая область периферийного кольцевого пространства (120) в области зоны А этого варианта осуществления имеет гораздо большую эффективную ширину, чем кольцевой канал, образованный кольцевым кольцом (110В) и кольцевым разделительным диском (112) на фиг. 2. Эта область большей ширины имеет три преимущества:

а) имеется большее пространство для слияния поступающих потоков жидкости (поток через кольцевой зазор (129) и жидкость, центрифугируемая вращающимся передним диском (123)), тем самым уменьшая турбулентность потока, вызванную их слиянием,

б) эта большая ширина, которая занята входящим потоком жидкости, в действительности позволяет также осуществлять нормализацию потока по окружности, в то время как жидкость все еще течет в направлении наружу, тем самым запуская процесс нормализации потока раньше, и

в) выравнивание давления по окружности облегчается за счет того, что осредненная окружная скорость области/дуги в зоне А отличается от скорости в зоне В в той же области/дуге.

#### **Подробное описание третьего варианта осуществления изобретения**

Несколько поперечных сечений альтернативных вариантов осуществления третьего варианта осуществления настоящего изобретения изображены на фиг. 4А, 4В и 4С. Преимущества третьего варианта осуществления настоящего изобретения включают в себя: (1) еще более компактную конструкцию, (2) дополнительные возможности снижения затрат.

Основной поток жидкости (137) через роторную машину продвигается лопастями рабочего колеса, имеющего передний диск (133), который образует на периферии зазор (139) с периферийным кольцом (130А), которое жестко прикреплено или сформировано вместе со стационарным корпусом (138). Кольцевой разделительный диск (132) вместе с кольцевым обводным каналом (135), который частично или полностью занят направляющими лопатками (135А), которые могут быть жестко прикреплены к корпусу (138), вместе образуют возвратный канал для вторичного потока.

Во время работы рабочее колесо, включающее передний диск рабочего колеса (133), направляет основной поток (137) рабочего колеса в диффузор/улитку (136), которая может окружным образом охватывать рабочее колесо. Транзитная утечка протекает через кольцевой зазор (139) с высокой тангенциальной скоростью. Эта утечка происходит в радиально более дистальную область периферического кольцевого пространства (130). Жидкость в боковой полости рабочего колеса (134) центрифугируется наружу и тангенциально с помощью вращающегося переднего диска рабочего колеса (133) и попадает в радиально более дистальную область периферического кольцевого пространства (130). Жидкость в периферийном кольцевом пространстве (130) выходит в лопатки кольцевого обходного канала (135А), а затем движется в радиальном направлении к центральной области ступицы. Перемычки (135А) для направления кольцевого обходного канала могут содержаться в кольцевом обводном канале (135), поскольку они могут совместно использовать одну и ту же область кольцевой полости, тем самым преобразуя поступающий по-

ток с высокой тангенциальной скоростью в радиальный поток в направлении центральной ступицы.

Варианты осуществления, показанные на фиг. 4А, фиг. 4В и фиг. 4С, - примеры возможных конструкций, сконфигурированных для изменения степени однородности окружности жидкости, достигаемой в периферийном кольцевом пространстве (130, 140 или 150) до того, как жидкость входит в направляющие лопатки кольцевого обходного канала (135А, 145А или 155А).

В вариантах осуществления, показанных на фиг. 4А, направляющие лопатки (135А) продолжают до самой периферийной области кольцевого пространства (130), в то время как кольцевой разделительный диск (132) заканчивается на более коротком радиусе, чтобы позволить потоку поступать из периферийного кольцевого пространства (130) в канал (135).

В вариантах осуществления, показанных на фиг. 4В, как кольцевой разделительный диск (142), так и перенаправляющие лопатки (145) продолжают радиально до одной и той же точки в периферийном кольцевом пространстве (140).

В вариантах осуществления, показанных на фиг. 4С, кольцевой разделительный диск (152) выступает дальше наружу в периферийном кольцевом пространстве (150) по сравнению с направляющими лопатками (155А).

Конструкция, показанная на фиг. 4А, может создавать меньшую однородность по окружности, чем конструкция по фиг. 4В, что, в свою очередь, может быть менее эффективным в достижении круговой однородности, чем конструкция по фиг. 4С. Это связано с тем, что выход жидкости из периферийного кольцевого пространства (130) в направляющие лопасти кольцевого обходного канала (135А) находится более удаленно от оси ротора, чем периферийного кольцевого пространства (140), и даже в большей степени от периферийного кольцевого пространства (150). Жидкость, имеющая наибольший компонент скорости, нормальный к линиям тока потока, может находиться снаружи потока или протекать вдоль дистальной части периферического кольцевого пространства (130), поэтому жидкость, выходящая из периферийного кольцевого пространства на меньшем радиусе, может иметь меньший компонент скорости, нормальный к линиям тока потока и, следовательно, имеет более двумерный и равномерный по окружности поток. Как правило, чем меньше дистальный радиус на входе в направляющие лопатки кольцевого обходного канала (135А, 145А или 155А), тем больше окружная однородность жидкости может быть достигнута.

Аналогичным образом может быть достигнута повышенная однородность по окружности, если направляющие лопасти кольцевого обходного канала (145А) не занимают самую дистальную часть кольцевого обходного канала (145), как показано на фиг. 4В и фиг. 4С. Фактически эта дистальная область без лопастей кольцевого обходного канала (155) обеспечивает смежное открытое периферийное кольцевое пространство в параллельном кольцевом сообщении с периферийным кольцевым пространством (150), что приводит к менее удаленному входу в кольцевой обходной канал направляющих лопаток (155А), чем (145А) и, следовательно, достижению более равномерного по окружности потока.

#### **Способы изобретения**

Основная цель настоящего изобретения состоит в том, чтобы уменьшить дисбаланс локального давления во вторичных потоках центробежных вращающихся машин, и способы изобретения для достижения этой цели включают в себя предоставление дополнительной отдельной кольцевой области или пространства, обеспечивающих круговую балансировку давления (периферическое кольцевое пространство). Способы включают предоставление этого периферического кольцевого пространства с низким сопротивлением потоку, чтобы стимулировать миграцию жидкости из областей высокого давления в области низкого давления, реализуя функцию круговой балансировки. Способы включают этапы создания этого кольцевого пространства на периферии боковых полостей рабочего колеса, в области с наибольшей степенью искажения потока и давления и, следовательно, в области, где может быть оказано наибольшее влияние. Способы также включают этап обеспечения того, чтобы внешняя радиальная поверхность периферийного кольцевого пространства была расположена радиально более дистально, чем торец рабочего колеса, в результате чего поступающая жидкость (утечка и жидкость, центрифугируемая вращающимся кожухом крыльчатки) естественным образом поступала в периферийное кольцевое пространство. Способы дополнительно включают в себя этапы обеспечения возможности изменять сопротивление обтеканию периферического кольцевого пространства в попытках отрегулировать или компенсировать периферические окружные дисбалансы, вызванные "языком" ("языками") диффузора/улитки.

Способы также включают в себя этапы, обеспечивающие возможность изменения усредненной скорости вращающейся жидкости в различных радиальных диапазонах внутри периферического кольцевого пространства путем изменения его ширины. Способы дополнительно включают в себя этапы, на которых обеспечивают возможность изменения степени уменьшения окружного дисбаланса в периферийном кольцевом пространстве и лопатках обходного канала путем изменения радиальной разности между периферийной поверхностью периферийного кольцевого пространства и входом в обходные лопатки перенаправляющего канала. Это в действительности позволяет варьировать степень нормализации жидкости до входа в обводной канал. Способы дополнительно включают в себя этапы создания параллельного двухзонного периферийного кольцевого пространства, расположенного рядом друг с другом, имеющего сообщение по периметру для обеспечения стратификации поступающей текущей среды и квазиизоляции

от вытекающей жидкости. Это, в свою очередь, позволяет осуществлять балансировку по окружности с учетом изменяющихся качеств потока жидкости, выходящей наружу (поступающей жидкости), по сравнению с тяготеющей жидкости в направлении меньшего радиуса (вытекающей жидкости), что позволяет адаптировать (то есть ширину, направление потока и т.д.) каждое пространство, имеющее различные гидродинамические качества, для его собственной функции.

Предполагается, что любой вариант осуществления, обсуждаемый в этом описании, может быть реализован в отношении любого способа изобретения и наоборот. Также будет понятно, что конкретные варианты осуществления, описанные в данном документе, показаны в качестве иллюстрации, а не в качестве ограничений изобретения. Основные признаки этого изобретения могут использоваться в различных вариантах осуществления без отклонения от формулы изобретения. Специалисты в данной области техники распознают или смогут установить, используя обычные эксперименты, многочисленные эквиваленты конкретных процедур, описанных здесь. Такие эквиваленты считаются находящимися в рамках данного изобретения и охватываются формулой изобретения.

Все публикации и патентные заявки, упомянутые в описании, указывают на уровень квалификации специалистов в данной области техники, к которой относится данное изобретение. Все публикации и патентные заявки включены в настоящий документ посредством ссылки в той же степени, как если бы каждая отдельная публикация или патентная заявка была специально и индивидуально указана для включения в качестве ссылки.

Термин "или их комбинации", используемый в данном описании, относится ко всем перестановкам и комбинациям перечисленных элементов. Например, "А, В, С или их комбинации" включает в себя, по меньшей мере, одно из: А, В, С, АВ, АС, ВС или АВС и, если порядок важен в конкретном контексте, также ВА, СА, СВ, СВА, ВСА, АВС, ВАС или САВ. Продолжая этот пример, явно включены комбинации, которые содержат повторы одного или нескольких элементов или терминов, таких как ВВ, ААА, АВ, ВВС, АААВСССС, СВВААА, САВАВВ и т.д. Специалист в данной области поймет, что обычно не существует ограничений на количество предметов или терминов в любой комбинации, если иное не очевидно из контекста.

Степень, в которой описание может варьироваться, будет зависеть от того, насколько велики могут быть изменения, и все же специалист в данной области техники признает, что модифицированный признак все еще обладает требуемыми характеристиками и возможностями неизменного признака. В целом, но с учетом предыдущего обсуждения, числовое значение в данном документе, которое модифицируется словом приближения, таким как "примерно", может отличаться от заявленного значения по меньшей мере на  $\pm 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 20$  или 25%.

Все устройства и/или способы, раскрытые и заявленные в данном документе, могут быть выполнены без чрезмерных экспериментов в свете настоящего описания. Хотя устройства и способы этого изобретения были описаны в терминах предпочтительных вариантов осуществления, специалистам в данной области техники должно быть очевидно, что к устройствам и/или способам и на этапах или в последовательности этапов могут применяться изменения способа, описанного в данном документе, без отступления от концепции, сущности и объема изобретения. Все такие аналогичные заменители и модификации, очевидные для специалистов в данной области техники, считаются находящимися в пределах сущности, объема и концепции изобретения, как определено в прилагаемой формуле изобретения.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Роторная машина с улучшенным балансом вращения, содержащая корпус, поддерживающий вращающийся центральный вал, при этом указанный корпус содержит вход и выход для жидкости и смежное с выходом периферийное кольцо, расположенное концентрически и радиально удаленно от центрального вала, роторная машина также содержит рабочее колесо, установленное на центральном валу, которое имеет по меньшей мере одну радиальную поверхность, а указанный корпус имеет по меньшей мере одну поверхность внутренней стенки, расположенную рядом с указанной радиальной поверхностью рабочего колеса, тем самым образуя полость между ними, причем указанное рабочее колесо, образует торцевой зазор между торцом рабочего колеса и периферийным кольцом корпуса, и указанная роторная машина содержит:

разделительный диск для разделения потока жидкости в указанной полости на первый поток жидкости между разделительным диском и радиальной поверхностью рабочего колеса и второй поток жидкости между разделительным диском и внутренней стенкой корпуса; при этом разделительный диск жестко прикреплен к корпусу, и

открытое периферийное кольцевое пространство, образованное в корпусе как продолжение указанной полости в еще более отдаленном периферийном направлении от центрального вала и за указанный разделительный диск,

открытое периферийное кольцевое пространство расположено между продолжением поверхности внутренней стенки корпуса еще дальше в периферийном направлении и продолжением радиальной поверхности рабочего колеса еще дальше в периферийном направлении от торцевого зазора рабочего коле-

са, посредством чего периферийное кольцо разделяет открытое периферийное кольцевое пространство и выход для жидкости,

открытое периферийное кольцевое пространство имеет сторону внешнего периметра, расположенную дальше в радиальном направлении от указанного центрального вала, чем указанный торцовый зазор рабочего колеса,

открытое периферийное кольцевое пространство гидравлически сообщается с указанным первым потоком жидкости и вторым потоком жидкости в указанной полости,

открытое периферийное кольцевое пространство примыкает к торцовому зазору рабочего колеса и гидравлически сообщается с ним посредством рабочей жидкости, принимая от него тангенциальный поток жидкости с локальными импульсами, вызванными лопастями рабочего колеса,

открытое периферийное кольцевое пространство имеет форму и размеры, позволяющие жидкости перемещаться тангенциально по всему объему кольцевого пространства до вхождения во второй поток жидкости в указанной полости, в результате чего уменьшаются локальные импульсы жидкости и происходит усреднение давления и потока жидкости по окружности,

причем указанный второй поток жидкости в указанной полости характеризуется уменьшенными колебаниями давления по окружности вращающейся машины, чтобы улучшить ее вращательный баланс.

2. Роторная машина по п.1, дополнительно содержащая лопасти для перенаправления потока, расположенные между разделительным диском и корпусом.

3. Роторная машина по п.1, в которой указанное кольцевое периферийное пространство образовано с увеличенной шириной на его периферийной поверхности, превышающей ширину указанной полости.

4. Роторная машина по п.1, в которой разделительный диск содержит выступающий участок, проходящий в указанное периферийное кольцевое пространство, чтобы частично разделить его и образовать в нем по меньшей мере две смежные периферийные кольцевые зоны.

5. Роторная машина по п.1, в которой площадь поперечного сечения указанного периферийного кольцевого пространства изменена рядом с одним или несколькими спиральными выходами роторной машины.

6. Роторная машина по п.1, дополнительно содержащая кольцо уплотнения, расположенное рядом со входом для жидкости, причем указанная полость переходит в открытое периферийное кольцевое пространство с его внутренним радиусом, выбранным

равным или больше половины расстояния между кольцом уплотнения и торцом рабочего колеса и равным или меньше радиуса торца рабочего колеса.

7. Роторная машина по п.1, дополнительно содержащая спиральную камеру дальше по потоку от рабочего колеса и выхода для жидкости, причем открытое периферийное кольцевое пространство определяется его наружным радиусом, выбранным равным или меньшим, чем радиус указанной спиральной камеры.

8. Роторная машина по п.1, в которой открытое периферийное кольцевое пространство определяется шириной, выбранной в один-три раза больше, чем сумма

расстояния между разделительным диском и радиальной поверхностью рабочего колеса и расстояния между разделительным диском и внутренней стенкой корпуса.

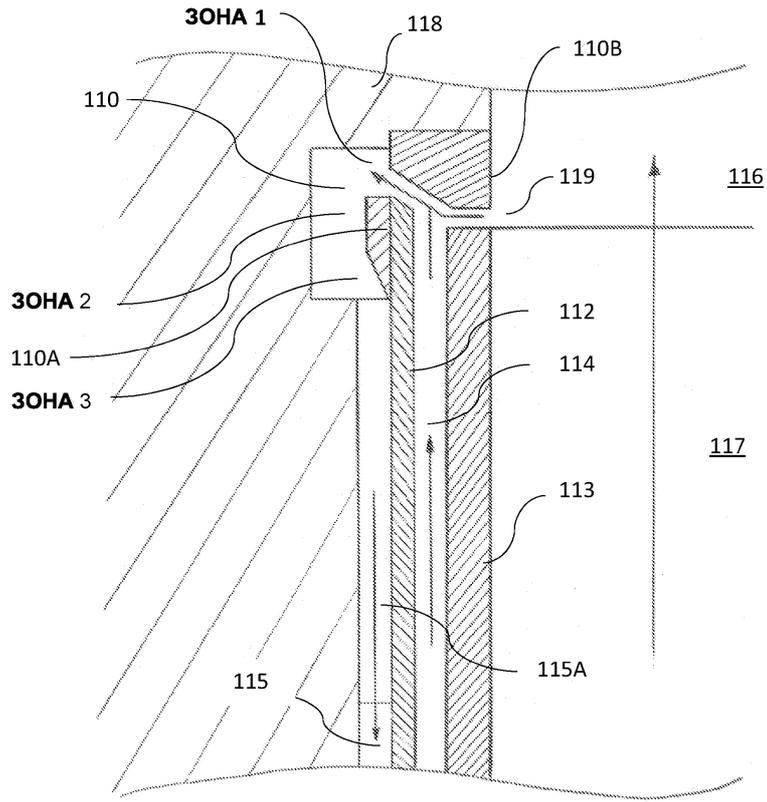
9. Способ улучшения вращательного баланса роторной машины, включающий следующие этапы:

а) предоставление роторной машины с корпусом, поддерживающим вращающийся центральный вал, при этом указанный корпус содержит вход и выход для жидкости и смежное с выходом периферийное кольцо, расположенное концентрически и радиально удаленно от центрального вала, роторная машина также содержит рабочее колесо, установленное на центральном валу, которое имеет по меньшей мере одну радиальную поверхность, а указанный корпус имеет по меньшей мере одну поверхность внутренней стенки, расположенную рядом с указанной радиальной поверхностью рабочего колеса, тем самым образуя полость между ними, причем указанное рабочее колесо, образует торцовый зазор между торцом рабочего колеса и периферийным кольцом корпуса,

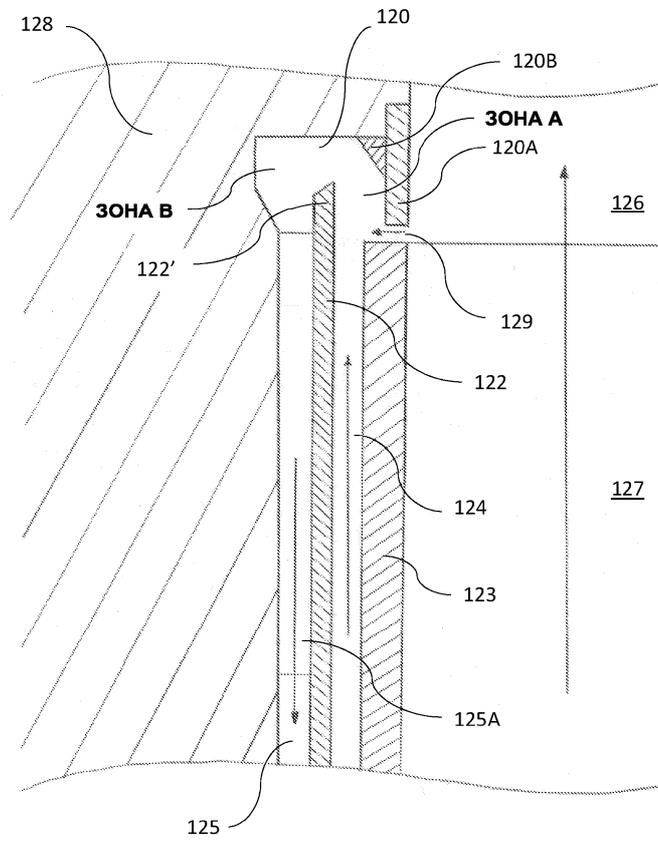
б) разделение потока жидкости в указанной полости с использованием разделительного диска на первый поток жидкости между разделительным диском и радиальной поверхностью рабочего колеса и вторым потоком жидкости между разделительным диском и внутренней стенкой корпуса,

в) формирование открытого периферийного кольцевого пространства в корпусе в качестве продолжения указанной полости в еще более отдаленном периферийном направлении от центрального вала и за разделительный диск; открытое периферийное кольцевое пространство расположено между продолжением поверхности внутренней стенки корпуса в еще более отдаленном периферийном направлении и продолжением радиальной поверхности рабочего колеса в еще более отдаленном периферийном направлении от торцового зазора рабочего колеса, посредством которого указанное периферийное кольцо разделяет открытое периферийное кольцевое пространство и выход для жидкости; открытое периферийное кольцевое пространство имеет сторону внешнего периметра, расположенную дальше в радиальном направлении от указанного центрального вала, чем указанный торцовый зазор рабочего колеса, периферийное кольцевое пространство гидравлически сообщается с указанным первым потоком жидкости и вторым потоком жидкости в указанной полости; открытое периферийное кольцевое пространство при-

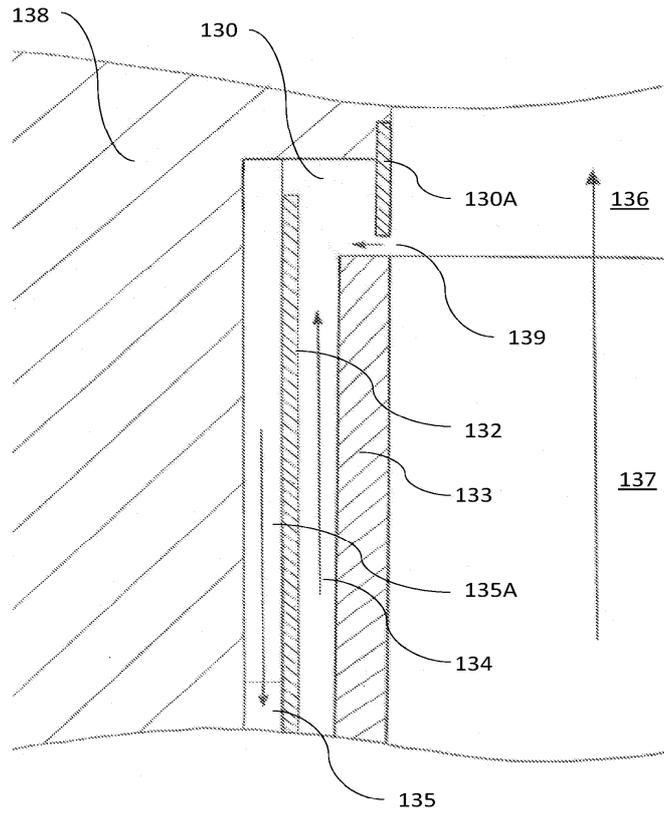




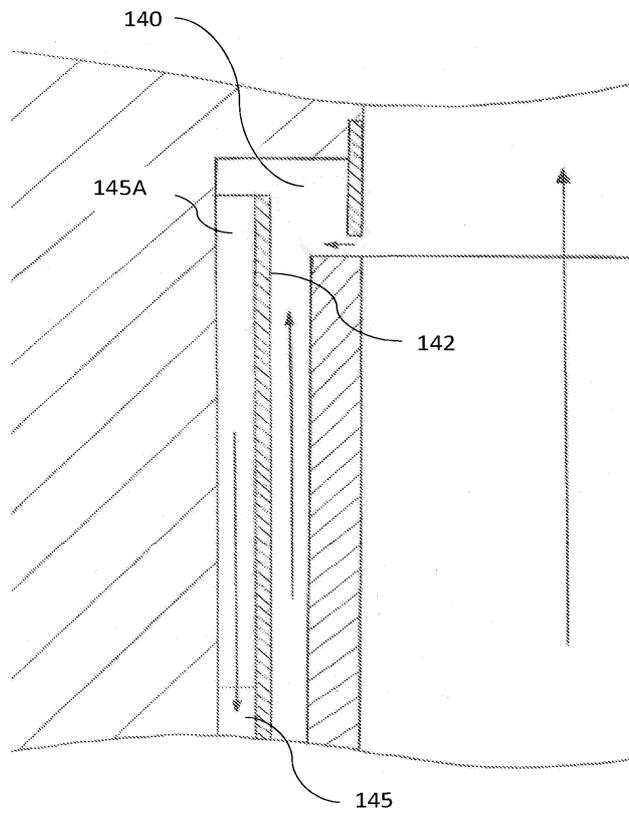
Фиг. 2



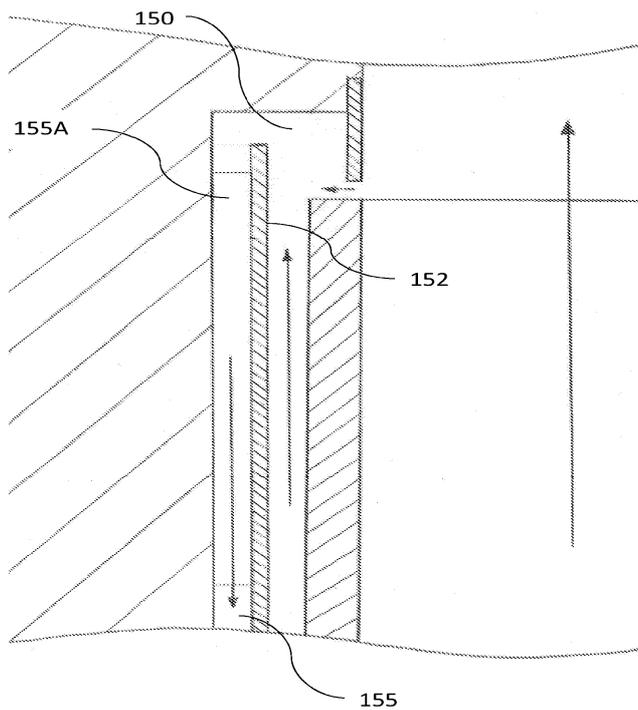
Фиг. 3



Фиг. 4А



Фиг. 4В



Фиг. 4С

