

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036287**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.10.22

(21) Номер заявки
201890569

(22) Дата подачи заявки
2016.08.26

(51) Int. Cl. **F04D 29/24** (2006.01)
F04D 29/18 (2006.01)
F04D 7/04 (2006.01)

(54) ВРАЩАЮЩИЕСЯ ЧАСТИ ШЛАМОВОГО НАСОСА

(31) 2015903450

(32) 2015.08.26

(33) AU

(43) 2018.08.31

(86) PCT/AU2016/050798

(87) WO 2017/031550 2017.03.02

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ВЕЙР МИНЕРАЛС АВСТРАЛИЯ
ЛТД (AU); ВЕЙР МИНЕРАЛС ЮРОП
ЛИМИТЕД (GB)**

(72) Изобретатель:
**Лодерер Паволь (GB), Уокер Крейг Ян
(AU)**

(74) Представитель:
**Угрюмов В.М., Лыу Т.Н., Гизатуллина
Е.М., Глухарёва А.О., Карпенко О.Ю.,
Строкова О.В., Христофоров А.А.
(RU)**

(56) WO-A2-2012012622
US-A1-20040136825
US-A-5984629
GB-A-896366
WO-A1-2006097908
GB-A-535747
US-A-3384026

(57) Настоящим изобретением предложена вращающаяся часть, представляющая собой рабочее колесо или экспеллер насоса, которая может вращаться в прямом направлении вокруг оси X-X вращения. Вращающаяся часть содержит диск с наружной периферийной кромкой и первыми и вторыми лицевыми поверхностями, расположенными напротив друг друга; и множество вытесняющих лопаток, выступающих за плоскость одной или более второй лицевой поверхности диска; при этом каждая вытесняющая лопатка характеризуется внутренней стороной и наружной стороной, которая располагается на уровне наружной периферийной кромки диска или вблизи этой кромки; при этом вытесняющие лопатки отходят в сторону от оси X-X вращения в направлении наружной периферийной кромки диска; при этом каждая вытесняющая лопатка дополнительно характеризуется наличием передней грани, обращенной вперед и имеющей внутреннюю кромку и наружную кромку, задней грани, обращенной назад, и верхней грани, отстоящей на определенное расстояние от наружной лицевой поверхности диска. Передняя грань содержит наклоненный вперед участок, который наклонен вперед от радиальной линии Y-Y, отходящей от оси X-X вращения и проходящей через внутреннюю кромку передней грани.

036287 B1

036287 B1

Область техники

Настоящее изобретение в общем относится к вращающимся частям центробежных шламовых насосов. Вращающиеся части могут представлять собой, например, рабочие колеса или экспеллеры, которые используются в гидродинамических уплотнениях. Шламами обычно называют смеси жидкости с измельченными твердыми частицами, которые обычно встречаются при переработке полезных ископаемых, в ходе производства песчано-гравийных и/или землечерпательных работ.

Уровень техники

Центробежные шламовые насосы одного из типов обычно включают в себя наружный корпус насоса, внутри которого заключена футеровка, охватывающая нагнетательную камеру, имеющую спиральную, полуспиральную или концентрическую форму. В нагнетательной камере насоса установлено рабочее колесо с возможностью вращения. С рабочим колесом насоса функционально связан приводной вал, обеспечивающий вращение этого рабочего колеса; при этом указанный приводной вал заходит в корпус насоса с одной стороны. Насос дополнительно содержит всасывающий патрубок, расположенный на одной оси с приводным валом на стороне корпуса насоса, противоположной приводному валу. Предусмотрен также напорный патрубок, обычно расположенный на периферии корпуса насоса. Футеровка включает в себя основную футеровку (иногда называемую улиткой), а также переднюю и заднюю боковые футеровки, заключенные в наружный корпус насоса.

Рабочее колесо обычно содержит ступицу, с которой функционально связан приводной вал, и по меньшей мере один диск. С одной стороны диска расположены насосные лопасти с нагнетательными каналами между соседними лопастями. Может быть предусмотрено рабочее колесо закрытого типа с двумя дисками, снабженными насосными лопастями, которые располагаются между указанными дисками. Эти диски часто именуют передним диском, примыкающим к всасывающему патрубку, и задним диском. В некоторых сферах применения может быть предусмотрено рабочее колесо открытого типа, снабженное лишь одним диском.

Одними из наиболее подверженных износу участков в шламовом насосе являются передняя и задняя боковые футеровки. Шлам поступает на рабочее колесо по центру или через входную воронку, после чего он выбрасывается на периферию рабочего колеса и в корпус насоса. Поскольку между корпусом и входной воронкой образуется перепад давления, шлам стремится проникнуть в зазор между боковыми футеровками и рабочим колесом, в результате чего боковые футеровки быстро изнашиваются.

Для снижения вытесняющего давления, действующего на шлам в зазоре, и создания поля центробежных сил с целью выталкивания частиц общераспространенной практикой является снабжение шламовых насосов вспомогательными или вытесняющими лопатками, которые устанавливаются на переднем диске рабочего колеса. Вспомогательные или вытесняющие лопатки могут быть также предусмотрены на заднем диске. Вытесняющие лопатки вращают шлам в зазоре, создавая поле центробежных сил, снижая тем самым вытесняющее давление восходящего потока, что уменьшает скорость потока и соответственно износ боковой футеровки. Назначение этих вспомогательных лопаток заключается в уменьшении рециркуляции потока через зазор. Эти вспомогательные лопатки также уменьшают засасывание относительно крупных твердых частиц в указанный зазор. Наружный профиль этих вспомогательных лопаток порождает течение жидкостей с большими завихрениями, что приводит к возникновению эрозии на самих лопатках, а также на поверхности футеровки, прямо напротив лопаток. Современные вспомогательные лопатки обычно имеют четырехугольную форму поперечного сечения. Углы этого четырехугольного сечения обуславливают резкие изменения направления движения потока, что приводит к образованию завихрений.

Основная проблема, с которой сталкиваются шламовые насосы, заключается в износе боковой футеровки. Во многих сферах применения боковая футеровка является самым слабым звеном насоса, который изнашивается раньше других частей. В большой степени износ является следствием воздействия потока, создаваемого вращающимися вспомогательными лопатками. В частности, причиной износа становится законцовка или наружная кромка вспомогательных лопаток вследствие возникновения завихрений жидкости и воздействия унесенных частиц.

Еще одним примером вращающейся части насоса служит экспеллер (иногда также называемый репеллером). Экспеллеры используются в гидродинамических центробежных уплотнительных узлах. Обычно экспеллер состоит из внутренней части, установленной с возможностью вращения приводным валом, и наружной части или бандажа, имеющего дискообразную форму. Экспеллер располагается в уплотнительной камере, которая сообщается с нагнетательной камерой насоса посредством перепускного канала.

Экспеллер содержит множество вытесняющих лопаток, отходящих от внутренней части и заканчивающихся на внешней периферийной кромке наружной части. Лопатки отстоят друг от друга на определенное расстояние по окружности.

Центробежный уплотнительный узел обычно используется совместно с главным уплотнением, которое может быть представлено в виде сальников, или манжет, или уплотнений иного типа.

Уплотнительные узлы вала этого общего типа, предназначенные для центробежных насосов, известны в данной области техники. Вращающийся экспеллер создает динамическое давление на своей

периферии. Во время вращения жидкость в уплотнительной камере принудительно приводится в движение, вращаясь вместе с устройством. Это давление помогает уравновесить давление, создаваемое рабочим колесом насоса. Уменьшенное давление на приводном валу позволяет главному уплотнению выполнять функцию уплотнения низкого давления, что продлевает срок его службы. Назначение главного уплотнения вала состоит в предотвращении протечек жидкости после останова насоса.

Надлежащим образом установленные центробежные уплотнительные узлы могут создавать достаточное давление для полного уравновешивания давления в насосе. В этой ситуации перекачиваемая жидкость не будет контактировать с валом насоса, и в таких идеальных условиях главное уплотнение вала может оставаться "сухим". Для обеспечения охлаждения и смазывания может потребоваться использование смазки определенного типа, которая может представлять собой консистентную или водяную смазку, подаваемую из внешнего источника.

Во время работы вращающийся экспеллер создает в уплотнительной камере область вращающейся жидкости. Если вращающаяся жидкость представлена шламом, то она может вызывать износ различных компонентов уплотнения.

Сущность изобретения

Согласно первому аспекту настоящего изобретения раскрыты варианты осуществления вращающейся части насоса, которая может вращаться в прямом направлении вокруг оси X-X вращения; при этом указанная вращающаяся часть содержит диск с наружной периферийной кромкой и первыми и вторыми лицевыми поверхностями, расположенными напротив друг друга; и множество вытесняющих лопаток, выступающих за плоскость одной или более второй лицевой поверхности диска; при этом каждая вытесняющая лопатка характеризуется внутренней стороной и наружной стороной, которая располагается на уровне наружной периферийной кромки диска или вблизи этой кромки; при этом вытесняющие лопатки отходят в сторону от оси X-X вращения в направлении наружной периферийной кромки диска; при этом каждая вытесняющая лопатка дополнительно характеризуется наличием передней грани, обращенной вперед и имеющей внутреннюю кромку и наружную кромку, задней грани, обращенной назад, и верхней грани, отстоящей на определенное расстояние от наружной лицевой поверхности диска; при этом передняя грань содержит наклоненный вперед участок, который наклонен вперед от радиальной линии Y-Y, отходящей от оси X-X вращения и пересекающей внутреннюю кромку передней грани.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения наклоненный вперед участок характеризуется, по существу, линейным профилем.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения наклоненный вперед участок характеризуется наличием внутреннего конца и наружного конца, и отходит от внутренней кромки в сторону наружной периферийной кромки диска.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения наклоненный вперед участок отходит от внутренней кромки и заканчивается у наружной кромки передней грани.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения наклоненный вперед участок отходит от внутренней кромки и заканчивается у наружного конца, который располагается в промежуточной области, отстоящей от наружной периферийной кромки диска. Передняя грань дополнительно включает в себя сбегающий участок, который отходит назад от наружного конца в промежуточной области наклоненного вперед участка. Сбегающий участок заканчивается у наружной периферийной кромки диска. В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения сбегающий участок содержит изогнутую часть, которая загибается назад от наружного конца. В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения передняя сторона сбегающего участка изогнута. В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения наружная кромка сбегающего участка заканчивается у наружной периферийной кромки диска, хотя в некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения наружная кромка может отстоять на определенное расстояние от наружной периферийной кромки диска.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения передняя сторона сбегающего участка выполнена прямолинейной; при этом она проходит от наружного конца к наружной периферийной кромке диска.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения на сбегающем участке дополнительно предусмотрено множество отстоящих друг от друга выступов, отходящих назад от задней грани.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения наружный конец располагается ближе к наружной периферийной кромке диска, чем к центральной оси.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения наклоненный вперед участок наклонен под углом до 30° относительно радиальной линии Y-Y.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения угол наклона равен 4-15°.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения вращающейся частью является рабочее колесо. Конкретно в этом варианте осуществления настоящего изобретения угол наклона равен 4-8°, а в некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения - около 4°.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения вращающейся частью является рабочее колесо, которое содержит два диска, один из которых представляет собой передний диск, а другой -

задний диск; при этом между указанными дисками проходят насосные лопасти; при этом каждый диск характеризуется наличием внутренней лицевой поверхности и наружной лицевой поверхности; при этом на наружной лицевой поверхности переднего и/или заднего диска располагаются вытесняющие лопасти.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения вращающейся частью является экспеллер, используемый в гидродинамическом уплотнении. В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения угол наклона равен $4-8^\circ$, а в некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения - примерно 4° .

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения верхняя грань имеет основную поверхность, расстояние между которой и лицевой поверхностью диска составляет $0,1-0,3$ величины D , где величина D обозначает диаметр диска.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения наклоненный вперед участок проходит от внутренней кромки до промежуточной области на расстояние от $0,65$ до $0,95$ величины D , где величина D обозначает диаметр диска.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения насосные лопасти наклонены назад.

Прочие аспекты, признаки и преимущества настоящего изобретения станут очевидными после ознакомления с последующим подробным описанием в привязке к прилагаемым чертежам, которые являются неотъемлемой частью настоящего документа и на которых представлены, исключительно в качестве примера, принципы раскрытых изобретений.

Краткое описание чертежей

Несмотря на возможность иных вариантов осуществления заявленного изобретения, которые могут входить в объем способа и устройства согласно краткому раскрытию настоящего изобретения, ниже будут описаны конкретные варианты осуществления способа и устройства согласно настоящему изобретению, исключительно в качестве примера и в привязке к прилагаемым чертежам, где

на фиг. 1 схематически представлен вид сбоку одного из вариантов осуществления насосного агрегата в частичном поперечном разрезе;

на фиг. 2 схематически представлен более детальный вид сбоку в частичном разрезе насосного агрегата, аналогичного показанному на фиг. 1;

на фиг. 3 показан вертикальный вид сзади рабочего колеса насоса согласно одному из вариантов осуществления настоящего изобретения со стрелкой, указывающей направление вращения;

на фиг. 4 показан вертикальный вид спереди рабочего колеса насоса согласно другому варианту осуществления настоящего изобретения со стрелкой, указывающей направление вращения;

на фиг. 5 представлен вид изображения, показанного на фиг. 4, в поперечном разрезе, выполненном по линии А-А;

на фиг. 6 схематически показан частичный разрез насоса со стандартным центробежным или гидродинамическим уплотнительным узлом;

на фиг. 7 представлен вертикальный вид сбоку в разрезе экспеллера для гидродинамического уплотнительного узла, показанного на фиг. 5;

на фиг. 8 показан вертикальный вид спереди экспеллера согласно еще одному из вариантов осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 9 представлено изометрическое изображение рабочего колеса насоса согласно другому варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 10 представлен вертикальный вид сзади рабочего колеса насоса, показанного на фиг. 9;

на фиг. 11 представлено изометрическое изображение рабочего колеса насоса согласно другому варианту осуществления настоящего изобретения с одной стороны;

на фиг. 12 представлено изометрическое изображение рабочего колеса насоса, показанного на фиг. 11, с другой стороны;

на фиг. 13 представлен вертикальный вид сзади рабочего колеса, показанного на фиг. 11 и 12;

на фиг. 14 представлен вид, аналогичный виду, показанному на фиг. 13, где проиллюстрированы некоторые углы и размеры.

Подробное описание изобретения

В частности, на фиг. 1 проиллюстрирован в общих чертах насосный агрегат 100, содержащий насос 10 и опору для корпуса насоса в виде пьедестала или основания 112, на котором смонтирован насос 10. Пьедесталы в насосной промышленности часто именуются рамами. Насос 10 в общем содержит наружный корпус 22, который состоит из двух боковых частей или секций 23 и 24 (которые иногда называются рамной плитой и крышкой), которые соединяются друг с другом по наружному краю двух боковых частей или секций 23 и 24 корпуса. Насос 10 выполнен с двумя боковыми отверстиями, одно из которых представляет собой входное отверстие 28, а другое - выходное отверстие 29; и при использовании насоса в составе технологической установки к входному отверстию 28 и выходному отверстию 29 подсоединяются трубопроводы, например, чтобы способствовать перекачке неорганического шлама.

Насос 10 также содержит внутреннюю футеровку 11 насоса, которая располагается внутри наруж-

ного корпуса 22 и которая включает в себя основную футеровку 12 и две боковые футеровки 14 и 30. Боковая футеровка (или задняя футеровка) 14 располагается вблизи заднего конца насоса 10 (то есть ближе к пьедесталу или основанию 112), а другая боковая футеровка (или передняя футеровка) 30 располагается ближе к переднему концу насоса. Боковая футеровка 14 иногда называется задним бронедиском, а боковая футеровка 30 иногда называется передним бронедиском. В основной футеровке выполнено два боковых отверстия.

Как показано на фиг. 1, две боковые секции 23 и 24 наружного корпуса 22 соединены друг с другом болтами 27 по наружному краю частей 23 и 24 корпуса, когда насос собран и готов к применению. В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения основная футеровка 12 также может состоять из двух отдельных частей, которые собираются внутри каждой из двух секций 23 и 24 корпуса и сводятся вместе, образуя единую основную футеровку, хотя в примере, приведенном на фиг. 1, основная футеровка 12 изначально выполнена цельной в форме автопокрышки. Футеровка 11 может выполняться из таких материалов как резина, эластомеры или металлы.

По окончании сборки насоса боковые отверстия в основной футеровке 12 закрываются или заполняются двумя боковыми футеровками 14 и 30, вследствие чего образуется нагнетательная камера 42 со сплошной футеровкой, расположенная внутри наружного корпуса 22 насоса. Кожух 114 уплотнительной камеры закрывает боковую футеровку (или заднюю футеровку) 14; при этом он установлен с возможностью герметизации полости или камеры 118 между приводным валом 116 и пьедесталом или основанием 112, предотвращая протечки жидкости из задней области наружного корпуса 22. Кожух уплотнительной камеры принимает в поперечном сечении форму круглого диска и кольца с центральным отверстием, и в одной из конфигураций он называется сальниковой коробкой 117. Сальниковая коробка 117 примыкает к боковой футеровке 14 и проходит между пьедесталом 112 и защитной втулкой с уплотнением, которая охватывает вал 116.

Как показано на фиг. 1 и 2, рабочее колесо 40 установлено в пределах основной футеровки 12; при этом оно соединено или функционально связано с приводным валом 116, который выполнен с возможностью вращения вокруг оси Х-Х вращения. Электропривод (не показан) обычно соединяется с выступающим концом вала 116 посредством шкивов в области за пьедесталом или основанием 112. Вращение рабочего колеса 40 заставляет перекачиваемую рабочую жидкость (или смесь жидкости с твердыми частицами) выходить из патрубка, соединенного с входным отверстием, проходить через нагнетательную камеру 42, заключенную в основную футеровку 12 и боковые футеровки 14 и 30, после чего выходить из насоса через выходное отверстие.

Как показано, в частности, на фиг. 2, передняя футеровка (или передний бронедиск) 30 содержит приемную секцию 32 цилиндрической формы, через которую шлам поступает в нагнетательную камеру 42 во время работы насоса. Приемная секция 32 образует канал 33; при этом ее первый, наиболее удаленный от центра конструкции конец 34 функционально связан с питающим трубопроводом (не показан), а ее второй, наиболее близкий к центру конструкции конец 35 примыкает к камере 42. Передняя футеровка 30 также содержит боковую секцию 15, которая во время работы сопрягается с основной футеровкой 12, образуя и охватывая камеру 42; при этом указанная боковая секция 15 характеризуется наличием внутренней поверхности 37. На втором конце 35 передней футеровки 30 предусмотрена приподнятая кромка 38, которая тесно взаимосвязана своей лицевой стороной с рабочим колесом 40 в собранном положении. Задняя футеровка 14 представляет собой дискообразное тело, которое характеризуется наличием внутренней поверхности 16 и наружной кромки, сопрягаемой с основной футеровкой.

Рабочее колесо содержит ступицу 41, от которой отходит множество насосных лопастей 43, отстоящих друг от друга по окружности на определенное расстояние. Входная воронка 47 выступает вперед от ступицы 41 в направлении канала 33 в передней футеровке 30. Рабочее колесо 40 также содержит передний диск 50 и задний диск 51; лопасти 43, расположенные и проходящие между указанными дисками; и вход 48 рабочего колеса. Ступица 41 проходит через отверстие 17 в задней футеровке 14.

Передний диск 50 характеризуется наличием внутренней лицевой поверхности 55, наружной лицевой поверхности 54 и наружной периферийной кромки 56. Задний диск 51 характеризуется наличием внутренней лицевой поверхности 53, наружной лицевой поверхности 52 и наружной периферийной кромки 57. Передний диск 50 включает в себя впускное отверстие 48, представляющее собой вход рабочего колеса, и лопасти 42, проходящие между внутренними лицевыми поверхностями дисков 50 и 51. Диски обычно имеют круглую или дискообразную форму, если смотреть на них спереди, т.е. вдоль оси Х-Х вращения.

Как показано на фиг. 2, каждый диск снабжен множеством вспомогательных или вытесняющих лопаток, установленных на наружных лицевых поверхностях 52 и 54; при этом на наружной лицевой поверхности 54 переднего диска 50 располагается первая группа вспомогательных лопаток 60, а на наружной лицевой поверхности 52 заднего диска 51 располагается вторая группа вспомогательных лопаток 61.

На фиг. 3 и 4 проиллюстрировано два варианта осуществления рабочего колеса 40. На фиг. 3 показаны вспомогательные или вытесняющие лопатки 61, установленные на заднем диске 51; а на фиг. 4 показаны вспомогательные или вытесняющие лопатки 60, установленные на переднем диске 50. В последующем описании одни и те же признаки лопаток 60 и 61 обозначены одними и теми же номерами пози-

ций. Вспомогательные или вытесняющие лопатки 60 на переднем диске и лопатки 61 на заднем диске характеризуются наличием передней грани 66 и задней грани 67 относительно направления вращения, а также верхней грани 69, внутренней стороны 63 и наружной стороны 65. Верхняя грань 69 имеет основную поверхность 71. Основная поверхность 71 выполнена, по существу, плоской или планарной и, по существу, лежит в плоскости, параллельной наружным лицевым поверхностям 52 и 54 дисков. На фиг. 3 проиллюстрированы вытесняющие лопатки 61, установленные на заднем диске рабочего колеса 40; а на фиг. 3 проиллюстрированы вытесняющие лопатки 60, установленные на переднем диске 50. Как показано на фиг. 4 и 5, задняя грань 67 может характеризоваться наклонной поверхностью или стенкой 73, наклоненной относительно как верхней поверхности 71 верхней грани 69, так и наружной лицевой поверхности 54 переднего диска 50. Передняя грань 66 содержит внутреннюю кромку 62 и наружную кромку 64, а также основную поверхность 77, которая идет, по существу, под прямым углом к верхней поверхности 71 и наружным лицевым поверхностям 52 и 54. Наружная кромка 64 идет вровень с наружной периферийной кромкой 57 заднего диска и повторяет ее дугообразный контур. В других вариантах осуществления настоящего изобретения наружная кромка вытесняющих лопаток может не доходить до наружной периферийной кромки диска. Передняя и задняя грани 66 и 67 вспомогательных лопаток 60, по существу, параллельны друг другу в вариантах осуществления настоящего изобретения, проиллюстрированных на фиг. 3, но в варианте, который показан на фиг. 4, они наклонены относительно друг друга.

Передняя грань 66 содержит наклоненный вперед участок 68, который отходит от внутренней кромки 62 вытесняющих лопаток 60 и 61. Наклоненный вперед участок 68 характеризуется, по существу, линейным профилем. В вариантах осуществления настоящего изобретения, проиллюстрированных на фиг. 2 и 3, наклоненный вперед участок 68 проходит от внутренней кромки 62 до наружной кромки 64, которая располагается вровень с наружной периферийной кромкой 57. В варианте осуществления настоящего изобретения, который проиллюстрирован на фиг. 3, вытесняющие лопатки 61 установлены на наружной лицевой поверхности 54 заднего диска 51. В варианте осуществления настоящего изобретения, который показан на фиг. 4, вытесняющие лопатки установлены на наружной лицевой поверхности 54 переднего диска 50. В других вариантах осуществления настоящего изобретения наружная кромка 64 отстоит на определенное расстояние от наружной периферийной кромки 57 диска.

Еще один вариант осуществления насосного агрегата частично показан на фиг. 6. В частности, на фиг. 6 проиллюстрирован насосный агрегат 100, содержащий насос 10, который включает в себя корпус 22 насоса и футеровку 11, охватывающую нагнетательную камеру 42. Насос 10 также содержит рабочее колесо 40; при этом указанное рабочее колесо выполнено с возможностью вращения на приводном валу 116 и расположено в нагнетательной камере 42.

С одной стороны к корпусу 22 насоса примыкает центробежный уплотнительный узел 82, который включает в себя вращающееся уплотнительное устройство или экспеллер 83. Указанный экспеллер проиллюстрирован на фиг. 7.

Уплотнительное устройство или экспеллер 83 представляет собой, по существу, круглое (или дискообразное) тело 84, характеризующееся наличием основной поверхности 81 и противоположной поверхности 93; внутренней части 85, через которую проходит приводной вал 116; и наружной части или диска 86, который выполнен в виде дискообразной конструкции с наружной периферийной кромкой 91. Экспеллер 83 установлен на приводном валу 116 с возможностью вращения вместе с ним. Экспеллер 83 располагается в уплотнительной камере 87 (фиг. 6), которая сообщается по текучей среде с нагнетательной камерой 42 посредством перепускного канала 88.

Экспеллер 83 содержит множество вытесняющих лопаток 89, установленных на поверхности 81 тела 84, которые отходят от внутренней части 85 тела 84 и заканчиваются у наружной периферийной кромки 91 наружной части или диска 86. Вытесняющие лопатки 89 отстоят друг от друга на определенное расстояние по окружности. Вытесняющие лопатки четко проиллюстрированы на фиг. 8.

Центробежный уплотнительный узел 82 используется совместно с главным уплотнением 90, которое может быть представлено в виде сальников, как это показано в данном случае, или манжет, или уплотнений иного типа.

Один из вариантов осуществления вытесняющих лопаток показан на фиг. 8 и описан ниже.

Вытесняющие лопатки 89 экспеллера 83 описаны в привязке, в частности, к фиг. 8. Лопатки 89 характеризуются наличием передней грани 166 и задней грани 167 относительно направления вращения, а также верхней грани 169, внутренней стороны 163 и наружной стороны 165. Верхняя грань 169 имеет основную поверхность 171. Основная поверхность 171 обычно выполнена, по существу, плоской или планарной и, по существу, лежит в плоскости, параллельной поверхности 81 тела 84. Верхняя грань 166 содержит внутреннюю кромку 162 и наружную кромку 164, а также основную поверхность 177, которая идет, по существу, под прямым углом к верхней поверхности 171 и поверхности 81. Наружная кромка 164 идет вровень с наружной периферийной кромкой 91 тела 84. В других вариантах осуществления настоящего изобретения наружная кромка вытесняющих лопаток может не доходить до наружной периферийной кромки 91. Передняя и задняя грани 166 и 167 вспомогательных лопаток 89, по существу, параллельны друг другу.

Передняя грань 166 содержит наклоненный вперед участок 168, который отходит от внутренней

кромки 162 вытесняющих лопаток 89. Наклоненный вперед участок 168 характеризуется, по существу, линейным профилем. В варианте осуществления настоящего изобретения, который проиллюстрирован на фиг. 8, наклоненный вперед участок 168 проходит от внутренней кромки 162 до наружной кромки 164, которая располагается вровень с наружной периферийной кромкой 91.

Как показано на фиг. 4, 5 и 8, угол A наклоненного вперед участка 169 передней грани относительно радиальной линии $Y-Y$, отходящей от оси вращения в направлении линии $Z-Z$ и проходящей через внутреннюю кромку передней грани, может варьироваться. Угол наклона обеспечивает баланс между уменьшением износа и эффективностью уплотнения. В варианте осуществления настоящего изобретения, который проиллюстрирован на фиг. 4, угол A равен 15° . В варианте осуществления настоящего изобретения, который проиллюстрирован на фиг. 8, угол A равен 4° . Более того, наклоненные вперед участки передней грани и задней грани могут быть наклонены относительно друг друга под углом B . Как показано на фиг. 4, угол B равен 5° . В варианте осуществления настоящего изобретения, который проиллюстрирован на фиг. 4 и 5, задняя грань характеризуется наклонной поверхностью, которая наклонена под углом C , равным в проиллюстрированном варианте 30° . Лучше всего это видно на фиг. 5.

На фиг. 9 и 10 проиллюстрирован еще один вариант осуществления рабочего колеса, где показаны вспомогательные лопатки 61, которые установлены на заднем диске 51 и которые характеризуются наличием передней грани 66 и задней грани 67 относительно направления вращения, а также верхней грани 69, внутренней стороны 63 и наружной стороны 65. Верхняя грань 69 имеет основную поверхность 71. Основная поверхность 71 выполнена, по существу, плоской или планарной и, по существу, лежит в плоскости, параллельной наружной лицевой поверхности 52 диска. Передняя грань 66 содержит внутреннюю кромку 62 и наружную кромку 64, а также основную поверхность 77, которая идет, по существу, под прямым углом к верхней поверхности 71 и наружной лицевой поверхности 52. Наружная кромка 64 идет вровень с наружной периферийной кромкой 57 заднего диска 51 и повторяет ее дугообразный контур. В других вариантах осуществления настоящего изобретения наружная кромка вытесняющих лопаток может не доходить до наружной периферийной кромки диска. Передняя и задняя грани 66 и 67 вспомогательных лопаток 61, по существу, параллельны друг другу.

Передняя грань 66 содержит наклоненный вперед участок 68, отходящий от внутренней кромки 62 вытесняющих лопаток 61, и сбегающий участок 75. Наклоненный вперед участок 68 характеризуется, по существу, линейным профилем. У наклоненного вперед участка 68 имеется внутренний конец 77 на внутренней кромке 62 и наружный конец 78.

В варианте осуществления настоящего изобретения, который проиллюстрирован на фиг. 9 и 10, наклоненный вперед участок 68 отходит от внутренней кромки 62 и заканчивается у наружного конца 78, удаленного от внутренней кромки 62 и отстоящего на определенное расстояние от наружной периферийной кромки 57 диска 51. В этом варианте осуществления сбегающий участок 75 проходит от наружного конца 78 в промежуточной области 74 до наружной периферийной кромки 57. Промежуточная область 74 представляет собой область перехода наклоненного участка 68 в сбегающий участок 75. Как показано на фиг. 2-4, наклоненный вперед участок 68 выполнен прямым; при этом он вытянут в направлении линии $Z-Z$, которая наклонена вперед относительно радиальной линии $Y-Y$, проходящей через внутреннюю кромку 62.

Сбегающий участок содержит изогнутый отрезок 76, на котором передняя грань 66 изгибается назад от наружного конца 69 в промежуточной области 74 в направлении наружной периферийной кромки 57.

На фиг. 9 и 10 показаны лопатки 61, установленные на заднем диске 51, но следует понимать, что лопатки могут располагаться и на переднем диске. Лопатки могут быть предусмотрены только на одном диске или на обоих дисках.

В проиллюстрированных вариантах осуществления настоящего изобретения на заднем диске 51 предусмотрено восемь лопаток 61. Угол наклона вперед наклоненного вперед участка 68 равен примерно 15° . Ширина лопатки между передней гранью и задней гранью составляет около $0,03D$, где величина D обозначает наружный диаметр диска рабочего колеса. Лопатки характеризуются определенной высотой, которая представляет собой расстояние от лицевой поверхности диска до верхней грани лопатки и составляет около $0,01D$. Радиус кривизны изогнутого отрезка 76 составляет около $0,8D$. Промежуточная зона 74 занимает около $0,9D$.

На фиг. 11 и 12 проиллюстрирован еще один вариант осуществления рабочего колеса. В этом варианте осуществления настоящего изобретения на наружной лицевой поверхности 52 заднего диска 51 расположено множество вспомогательных лопаток 61. В этом варианте осуществления настоящего изобретения каждая лопатка характеризуется наличием передней грани 66 и задней грани 67 относительно направления вращения рабочего колеса. Каждая лопатка дополнительно характеризуется наличием верхней грани 69, внутренней стороны 63 и наружной стороны 65; при этом верхняя грань 69 имеет основную поверхность 71. Основная поверхность 71 выполнена, по существу, плоской или планарной и, по существу, лежит в плоскости, параллельной наружной лицевой поверхности 52 диска. Передняя грань 66 содержит внутреннюю кромку 62 и наружную кромку 64, а также основную поверхность 71, которая идет, по существу, под прямым углом к верхней поверхности 71 и наружной лицевой поверхности 52. Наруж-

ная кромка 64 идет вровень с наружной периферийной кромкой 57 заднего диска 51. В других вариантах осуществления настоящего изобретения наружная кромка вытесняющих лопаток может не доходить до наружной периферийной кромки диска. Передняя и задняя грани 66 и 67 вспомогательных лопаток 61, по существу, параллельны друг другу.

Передняя грань 66 содержит наклоненный вперед участок 68, отходящий от внутренней кромки 62 вытесняющих лопаток 61, и наклоненный назад участок 75, который наклонен назад относительно участка 68, наклоненного вперед. Наклоненный вперед участок 68 характеризуется, по существу, линейным профилем. У наклоненного вперед участка 68 имеется внутренний конец 77 на внутренней кромке 62 и наружный конец 78. В этом варианте осуществления настоящего изобретения наклоненный вперед участок 68 отходит от внутренней кромки 62 и заканчивается у наружного конца 78, удаленного от внутренней кромки 62 и отстоящего на определенное расстояние от наружной периферийной кромки 57 диска 51. В этом варианте осуществления настоящего изобретения сбегающий участок 75 проходит от наружного конца 78 в промежуточной области 74 до наружной периферийной кромки 57. Промежуточная область 74 представляет собой область перехода наклоненного участка 68 в сбегающий участок 75. Как показано на фиг. 2-4, наклоненный вперед участок 68 выполнен прямым; при этом он вытянут в направлении линии Z-Z, которая наклонена вперед относительно радиальной линии Y-Y, проходящей через внутреннюю кромку 62.

В этом варианте осуществления настоящего изобретения сбегающий участок 75 характеризуется прямой передней гранью, которая проходит от наружного конца 69 в промежуточной области 74 до наружной периферийной кромки 57 диска.

Как показано на фиг. 11 и 12, вспомогательные лопатки 60 характеризуются наличием множества выступов 95 и 96, которые отходят, по существу, вбок от задней грани 67 вспомогательных лопаток 60; при этом указанные выступы отстоят друг от друга на определенное расстояние по длине лопатки. Выступы 95 и 96 могут проходить под прямым углом к задней грани 67 или радиальной линии, отходящей от оси X-X вращения. Выступы этого типа раскрыты в описании патента WO 2016/040999, содержание которого включено в настоящий документ посредством ссылки.

Как можно видеть, выступы имеют, по существу, продолговатую форму и характеризуются наличием внутренней и наружной граней, верхней грани и торцевой грани. Поверхности каждой из граней выполнены, по существу, плоскими или планарными. Выступы характеризуются высотой, измеряемой от наружной лицевой поверхности 52 диска до верхней грани 99 выступа; а вспомогательные лопатки характеризуются высотой, измеряемой от наружной лицевой поверхности 52 диска до основной поверхности 71 верхней грани вспомогательной лопатки. Выступы характеризуются длиной, измеряемой от задней грани 67 вспомогательной лопатки 60, от которой отходит выступ, до его торцевой грани 86. Как можно видеть, длина выступов вспомогательных лопаток, по существу, одинакова. В проиллюстрированном варианте осуществления настоящего изобретения выступы 95 и 96 отстоят друг от друга на определенное расстояние; при этом они оба располагаются на задней грани 67 вспомогательной лопатки 60 ближе к наружной кромке 65, чем к внутренней кромке 63. В этом варианте осуществления настоящего изобретения верхняя грань 94 выступов отстоит внутрь от основной поверхности 71 верхней грани 69 вспомогательной лопатки 60.

Как можно видеть, в этом варианте осуществления настоящего изобретения передняя грань имеет, по существу, V-образную форму, хотя один конец буквы V длиннее другого. Кроме того, как явствует из фиг. 11, диск 51 характеризуется наклонной поверхностью или поверхностью 59 усеченно-конической формы во внутренней области, которая охватывает ступицу 41. Лопатки в этой области сходят на конус по высоте, сливаясь с этой поверхностью 59. Наличие выступающего назад участка уменьшает интенсивность завихрения, возникающего на наружной кромке или законцовке лопатки. Во время работы стандартных вспомогательных лопаток вытекающий радиальный поток в области задней грани вспомогательной лопатки пересекается с тангенциальным потоком на наружной кромке или законцовке вспомогательной лопатки. Именно эти пересекающиеся потоки и создают интенсивное концевое завихрение. А это концевое завихрение приводит к сильному износу соответствующего рабочего колеса, когда оно подвергается воздействию определенного шламового материала, содержащего твердые частицы, во время работы рабочего колеса в насосе.

Выступы обеспечивают распределение радиального выходящего потока по диску или его отведение, вследствие чего уменьшается расход. При этом снижается интенсивность завихрения, возникающего на наружной кромке или законцовке лопатки, в сравнении с обычными вытесняющими лопатками. Это приводит к снижению скорости входящего потока и уменьшению интенсивности износа на законцовке лопатки.

На фиг. 14 обозначены различные углы и размеры, относящиеся к вариантам осуществления настоящего изобретения, которые проиллюстрированы на фиг. 11-13. Ниже представлены подробные данные об этих размерах и углах, а также о диапазонах некоторых размеров.

P обозначает угол наклона наклоненного вперед участка.

R обозначает угол наклона наклоненного назад участка.

N обозначает расстояние от передней грани сбегающего участка до удаленного конца выступов.

М обозначает ширину выступов.

Г обозначает ширину лопатки.

Г обозначает расстояние от наружного конца до центральной оси.

К обозначает расстояние от внутренней грани внутреннего выступа до центральной оси.

Л обозначает расстояние от внутренней грани внешнего выступа до центральной оси.

Д обозначает диаметр диска.

Н обозначает радиус кривизны сопряжения между наружным концом передней грани наклоненного вперед участка и сбегающим участком.

Е обозначает расстояние от внутренней кромки передней грани наклоненного вперед участка до центральной оси.

Ј обозначает радиус кривизны наружной кромки передней грани лопатки.

$$P = 15^\circ$$

$$R = 6^\circ$$

$$N = 0,04D$$

$$M = 0,012D$$

$$F = 0,03D$$

$$K = 0,85 D/2$$

$$G = 0,75 D/2$$

$$L = 0,92 D/2$$

Величина Р может варьироваться в пределах от 4 до 30°.

Величина G может варьироваться в пределах от 0,6 до 0,9 D/2.

Величина R может варьироваться в пределах от 3 до 10°.

Отношение длины наклоненного вперед участка к длине наклоненного назад участка может составлять от 1,33:1 до 3:1.

В варианте осуществления рабочего колеса, который проиллюстрирован на фиг. 3, вспомогательные лопатки представленного типа располагаются на заднем диске рабочего колеса. В варианте осуществления рабочего колеса, который проиллюстрирован на фиг. 4, вспомогательные лопатки представленного типа располагаются на переднем диске рабочего колеса. Далее на фиг. 9 и 12 вспомогательные лопатки представленного типа располагаются на заднем диске рабочего колеса. Следует понимать, что различные типы показанных вспомогательных лопаток могут располагаться как на заднем, так и на переднем диске. Также предполагается, что вспомогательные лопатки могут располагаться лишь на одном из дисков без вспомогательных лопаток или стандартных вспомогательных лопаток на другом диске. Кроме того, на одном из дисков могут располагаться вспомогательные лопатки одного типа из числа описанных выше, тогда как на другом диске могут располагаться вспомогательные лопатки такого же или иного типа. Что касается экспеллера, описанного в привязке к фиг. 7 и 8, то в нем могут использоваться вспомогательные лопатки любого типа из числа лопаток, описанных выше.

Эксперименты и испытания показали, что вспомогательные или вытесняющие лопатки 60, 61 и 89, показанные на фиг. 3, 4, 8 и 9, могут обеспечивать больший напор за счет наличия наклоненного вперед участка. Это приводит к повышению давления в зазоре между передней боковой футеровкой и передним диском рабочего колеса, что в свою очередь уменьшает перепад давления между зазором и остальной частью нагнетательной камеры, а это приводит к уменьшению рециркуляционного потока в зазоре и, следовательно, к уменьшению количества твердых частиц, проходящих через зазор. Это может уменьшить износ диска и передней боковой футеровки рабочего колеса и продлить срок службы этих компонентов. Экспериментальным путем было установлено, что наклоненные вперед вытесняющие лопатки на заднем диске рабочего колеса снижают давление в камере заднего уплотнения насоса. Такое снижение давления в уплотнительной камере обусловлено повышенным напором, создаваемым наклоненными вперед лопатками в зазоре между задним диском рабочего колеса и задней боковой футеровкой насоса, что приводит к уменьшению перепада давления между зазором и основной нагнетательной камерой. Снижение давления в уплотнительной камере обеспечивает более надежное уплотнение насоса с учетом уменьшенного потока уплотняющей воды и ее сниженного давления. Аналогичные улучшенные рабочие характеристики могут быть получены за счет реализации наклоненных вперед лопаток на экспеллере в уплотнительном узле насоса экспеллерного типа. В этом случае, когда экспеллер спарен с рабочим колесом, снабженным традиционными радиальными или наклоненными назад вытесняющими лопатками на заднем диске, экспеллер с наклоненными вперед лопатками может быть использован для повышения эффективности своего уплотнения на величину до 20% и более. В этом случае наклоненные вперед лопатки уменьшают перепад давления между камерой экспеллера и основной нагнетательной камерой. Это увеличивает диапазон рабочего давления, на которое может быть рассчитано экспеллерное уплотнение в насосе с конкретной производительностью.

В предшествующем описании предпочтительных вариантов осуществления настоящего изобретения во избежание двусмысленного толкования была использована специальная терминология. Однако заявленное изобретение не претендует на то, чтобы ограничиваться выбранными специальными терминами; при этом следует понимать, что каждый специальный термин включает в себя все технические эквиваленты, которые функционируют аналогичным образом для выполнения аналогичной технической задачи. Такие термины как "верхний", "нижний", "передний", "задний", "внутренний", "наружный", "вы-

ше", "ниже", "верх", "низ" и прочие термины подобного рода используются в качестве слов-ориентиров и не должны рассматриваться как термины, носящие ограничительный характер.

Ссылка в представленном описании на любую предшествующую публикацию (или извлеченную из нее информацию) или на любой известный предмет не рассматривается и не должна рассматриваться как подтверждение, или признание, или предположение в той или иной форме того факта, что предшествующая публикация (или извлеченная из нее информация) или известный предмет образует часть общедоступного известного знания в той области техники, к которой относится настоящее изобретение.

В представленном описании слово "содержащий" следует понимать в широком смысле, то есть в смысле "включающий в себя"; и, таким образом, оно не ограничено узким смыслом, то есть значением "состоящий лишь из". Это же относится к его производным "содержит", "содержат" и "содержал" везде, где они встречаются.

Кроме того, выше описаны только некоторые варианты осуществления настоящего изобретения/изобретений, и в него/в них могут быть внесены различные дополнения, исправления, модификации и/или изменения без отступления от объема и сущности раскрытых вариантов его/их осуществления, которые носят исключительно иллюстративный, а не ограничительный характер.

Более того, хотя настоящее изобретение/изобретения описаны на примере вариантов своего осуществления, которые в настоящее время считаются наиболее предпочтительными и применимыми с практической точки зрения, следует понимать, что настоящее изобретение/изобретения не ограничены раскрытыми вариантами своего осуществления, а на самом деле охватывают различные модификации и эквивалентные схемы, входящие в объем заявленного изобретения/изобретений и соответствующие его/их сущности. Кроме того, различные варианты осуществления настоящего изобретения/изобретений, описанные выше, могут быть реализованы совместно с другими вариантами осуществления; например, аспекты одного варианта могут быть объединены с аспектами другого варианта для реализации дополнительных вариантов. Более того, каждый независимый признак или компонент любого данного узла может представлять собой дополнительный вариант осуществления настоящего изобретения.

Номера позиций в последующей формуле ни в коем случае не ограничивают объем ее соответствующих пунктов.

Перечень деталей:

насосный агрегат - 100;
насос - 10;
пьедестал - 112;
наружный корпус - 22;
боковые секции корпуса - 23, 24;
входное отверстие - 28;
выходное отверстие - 29;
внутренняя футеровка - 11;
основная футеровка - 12;
боковые футеровки (передняя и задняя) - 14, 30;
болты - 27;
нагнетательная камера - 42;
кожух уплотнительной камеры - 114;
приводной вал - 116;
сальниковая коробка - 117;
камера - 118;
рабочее колесо - 40;
приемная секция - 32;
канал - 33;
наружный конец - 34;
внутренний конец - 35;
боковая секция - 15;
внутренняя поверхность - 37;
внутренняя поверхность - 16;
приподнятая кромка - 38;
ступица - 41;
насосные лопасти - 43;
входная воронка - 47;
вход рабочего колеса - 48;
передний диск - 50;
задний диск - 51;
наружная периферийная кромка - 57;
внутренняя лицевая поверхность - 55;
наружная лицевая поверхность - 54;

внутренняя лицевая поверхность - 53;
 наружная лицевая поверхность - 52;
 вспомогательные лопатки - 60;
 вспомогательные лопатки - 61;
 внутренняя сторона - 63;
 наружная сторона - 65;
 передняя грань - 66;
 внутренняя кромка - 62;
 наружная кромка - 64;
 задняя грань - 67;
 наклоненный вперед участок - 68;
 верхняя грань - 69;
 основная поверхность - 71;
 наклонная поверхность - 73;
 промежуточная область - 74;
 сбегаящий участок - 75;
 промежуточный изогнутый отрезок - 76;
 приводной вал - 80;
 центробежный уплотнительный узел - 82;
 экспеллер - 83;
 тело - 84;
 поверхность - 81;
 поверхность - 93;
 внутренняя часть - 85;
 наружная часть - 86;
 наружная периферийная кромка - 91;
 уплотнительная камера - 87;
 перепускной канал - 88;
 вытесняющие лопатки - 89;
 главное уплотнение - 90;
 внутренняя сторона - 163;
 наружная сторона - 165;
 передняя грань - 166;
 внутренняя кромка - 162;
 наружная кромка - 164;
 задняя грань - 167;
 верхняя грань - 169;
 основная поверхность - 171;
 наклонная поверхность - 173.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Рабочее колесо (40) насоса, которое может вращаться в прямом направлении вокруг оси X-X вращения; при этом указанное рабочее колесо содержит два диска (50, 51), один из которых представляет собой передний диск (50), а другой - задний диск (51); при этом между указанными дисками (50, 51) проходят насосные лопасти (42); при этом каждый диск характеризуется наличием внутренней лицевой поверхности (55, 53) и наружной лицевой поверхности (54, 52); при этом передний и задний диски (50, 51) имеют наружную периферийную кромку (57); при этом множество вытесняющих лопаток (60, 61) проходят вдоль наружной лицевой поверхности (54, 52) переднего и/или заднего диска (50, 51); при этом каждая вытесняющая лопатка (60, 61) характеризуется внутренней стороной (63) и наружной стороной (65), которая располагается на уровне наружной периферийной кромки (57) переднего и/или заднего диска (50, 51) или вблизи этой кромки; при этом вытесняющие лопатки (60, 61) отходят в сторону от оси X-X вращения в направлении наружной периферийной кромки (57) переднего и/или заднего диска (50, 51); при этом каждая вытесняющая лопатка (60, 61) дополнительно характеризуется наличием передней грани (66), обращенной вперед и имеющей внутреннюю кромку (62), которая является наиболее близкой к центру кромкой вытесняющей лопатки, и наружную кромку (64), которая является наиболее удаленной от центра кромкой вытесняющей лопатки, задней грани (67), обращенной назад, и верхней грани (69), отстоящей на определенное расстояние от наружной поверхности (52, 54) переднего и/или заднего диска (50, 51); отличающееся тем, что передняя грань (66) содержит наклоненный вперед участок (68), который наклонен вперед от радиальной линии Y-Y, отходящей от оси X-X вращения и пересекающей внутреннюю кромку (62) передней грани (66); при этом наклоненный вперед участок (68) отходит от внутренней кромки (62) в направлении наружной периферийной кромки (57) переднего и/или заднего диска и наклон-

ненный вперед участок характеризуется линейным профилем.

2. Рабочее колесо по п.1, в котором наклоненный вперед участок (68) отходит от внутренней кромки (62, 63) и заканчивается у наружной кромки (64) передней грани (66).

3. Рабочее колесо по п.1, в котором наклоненный вперед участок (68) отходит от внутренней кромки (62) и заканчивается в промежуточной области (74), которая отстоит на определенное расстояние от наружной периферийной кромки (57) переднего и/или заднего диска (50, 51); при этом передняя грань (66) дополнительно содержит сбегающий участок (75), который отходит назад от промежуточной области (74) наклоненного вперед участка (68).

4. Рабочее колесо по п.3, в котором передняя грань (66) содержит промежуточный изогнутый отрезок (76), изогнутый и расположенный между сбегающим участком (75) и наклоненным вперед участком (68).

5. Рабочее колесо по п.4, в котором передняя сторона сбегающего участка (75) изогнута.

6. Рабочее колесо по п.4 или 5, в котором наружная кромка сбегающего участка (75) заканчивается у наружной периферийной кромки (57) переднего и/или заднего диска (50, 51).

7. Рабочее колесо по любому из пп.1-6, в котором наклоненный вперед участок (68) наклонен под углом до 30° относительно радиальной линии Y-Y.

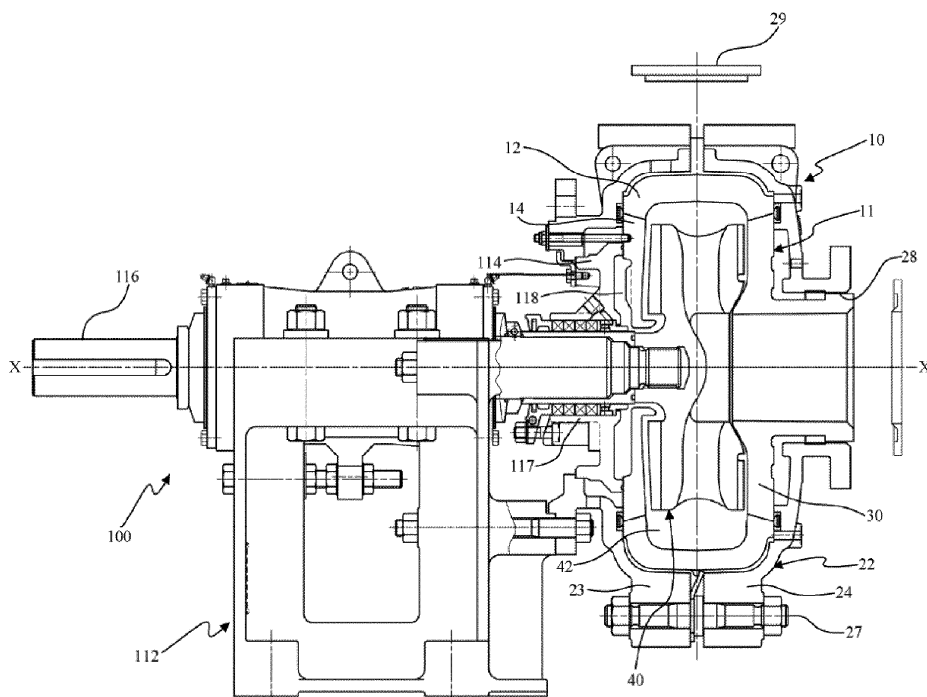
8. Рабочее колесо по п.7, в котором угол наклона равен $4-15^\circ$.

9. Рабочее колесо по п.7, в котором угол наклона равен $4-8^\circ$.

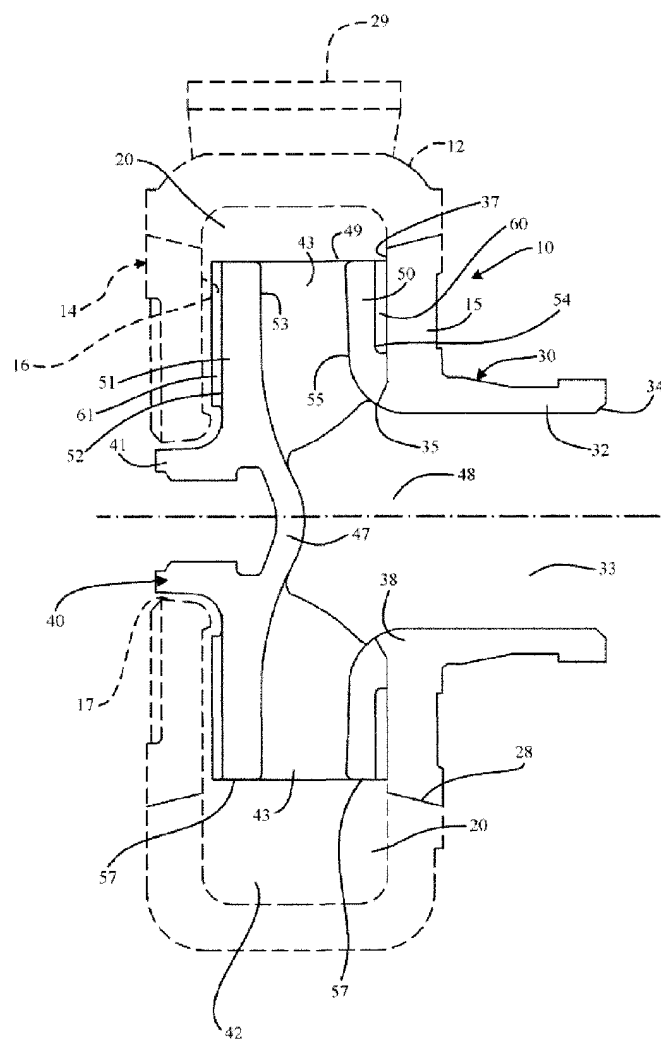
10. Рабочее колесо по п.7, в котором угол наклона равен примерно 4° .

11. Рабочее колесо по любому из предшествующих пунктов, в котором верхняя грань (69) имеет основную поверхность (71), расстояние между которой и наружной лицевой поверхностью переднего и/или заднего диска составляет $0,1-0,3$ величины D, где величина D обозначает диаметр переднего и/или заднего диска.

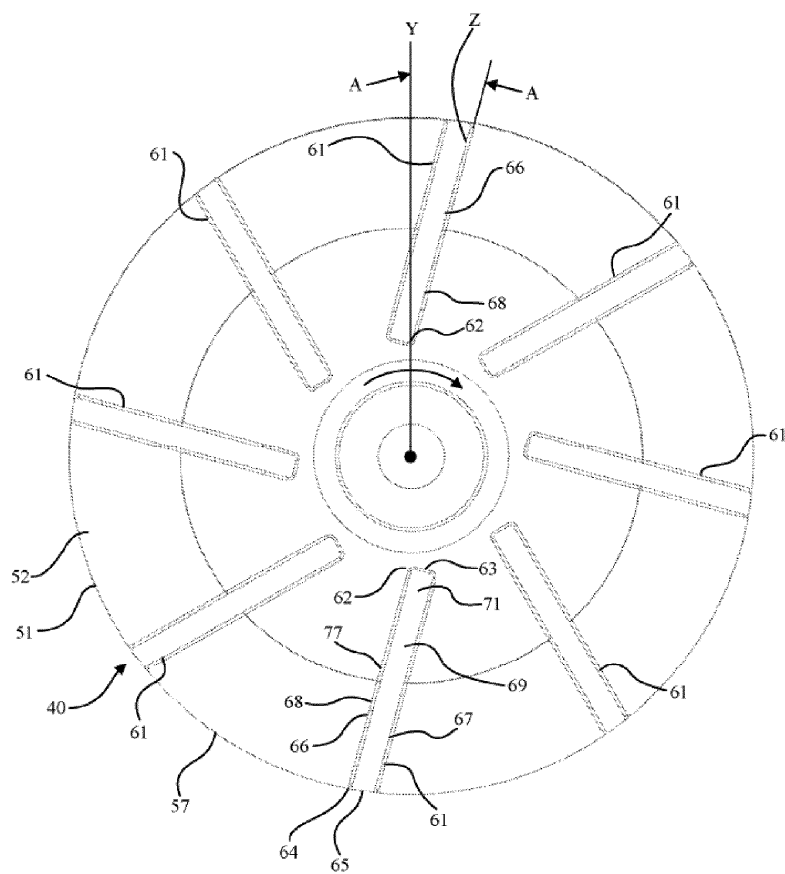
12. Рабочее колесо по любому из предшествующих пунктов, в котором насосные лопасти (42) наклонены назад.



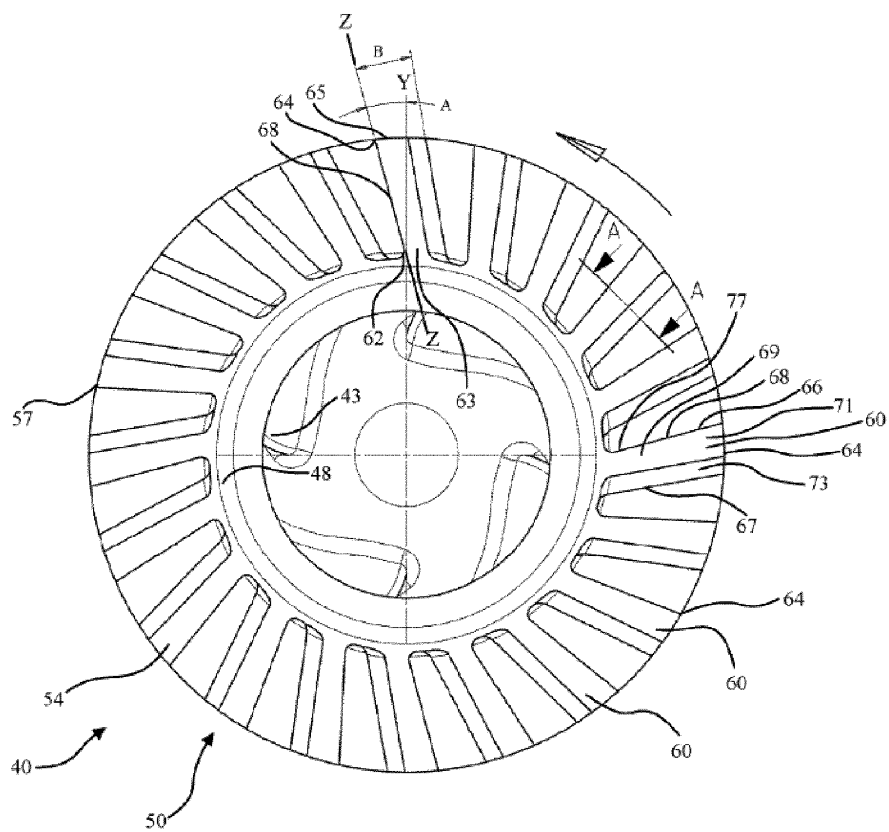
Фиг. 1



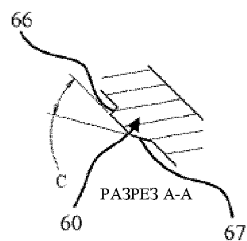
Фиг. 2



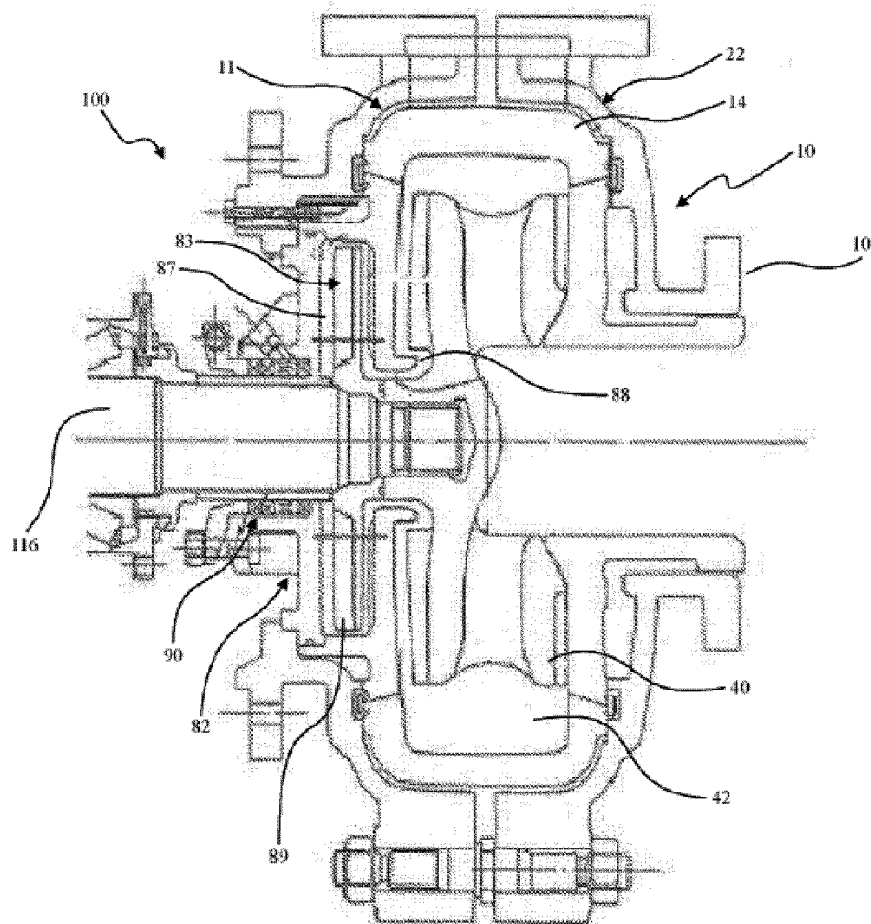
Фиг. 3



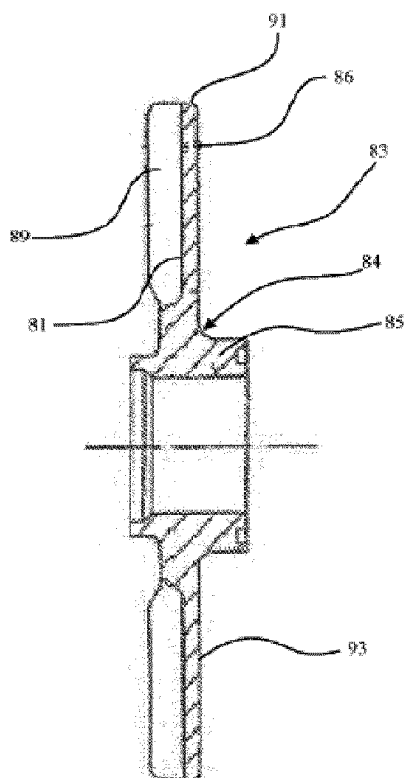
Фиг. 4



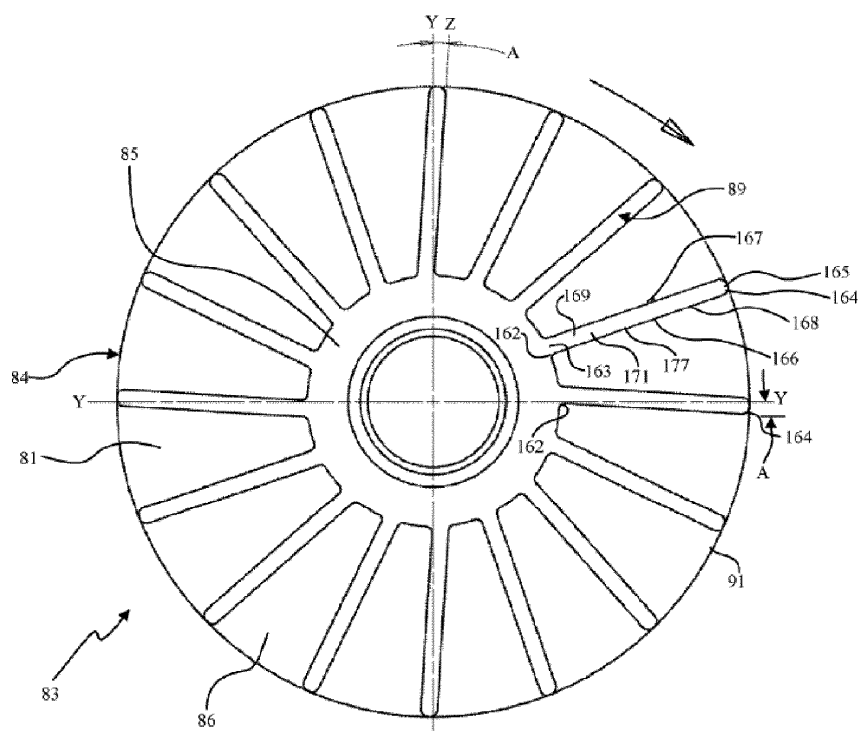
Фиг. 5



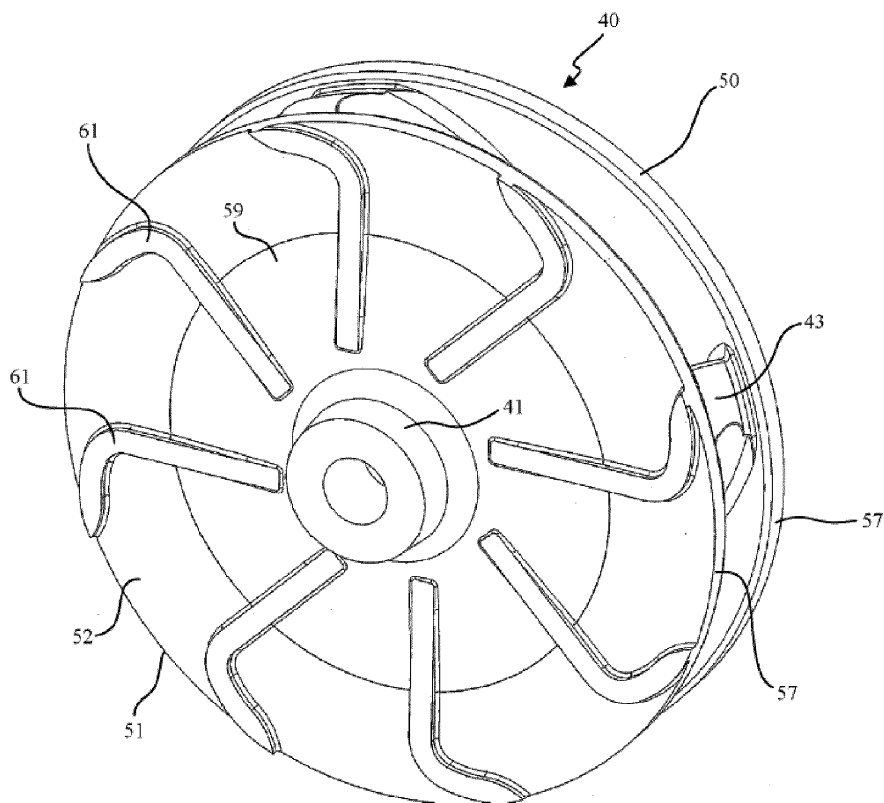
Фиг. 6



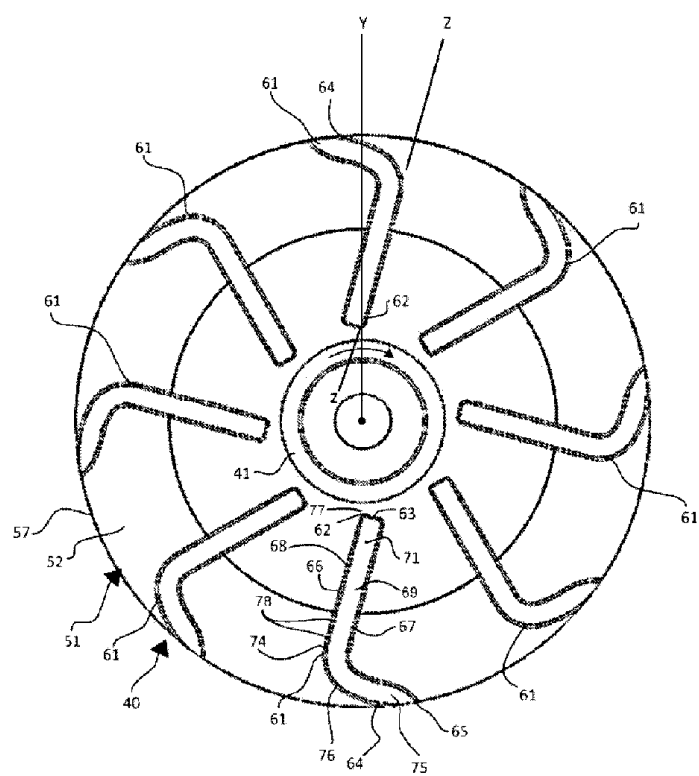
ФИГ. 7



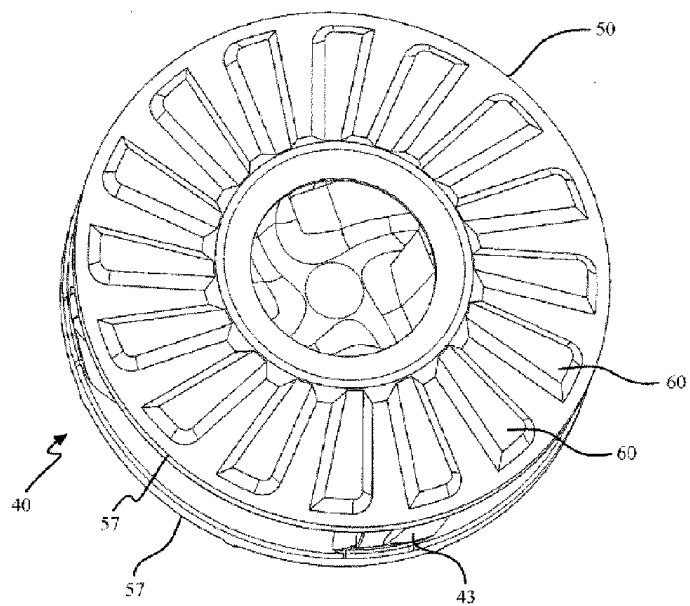
ФИГ. 8



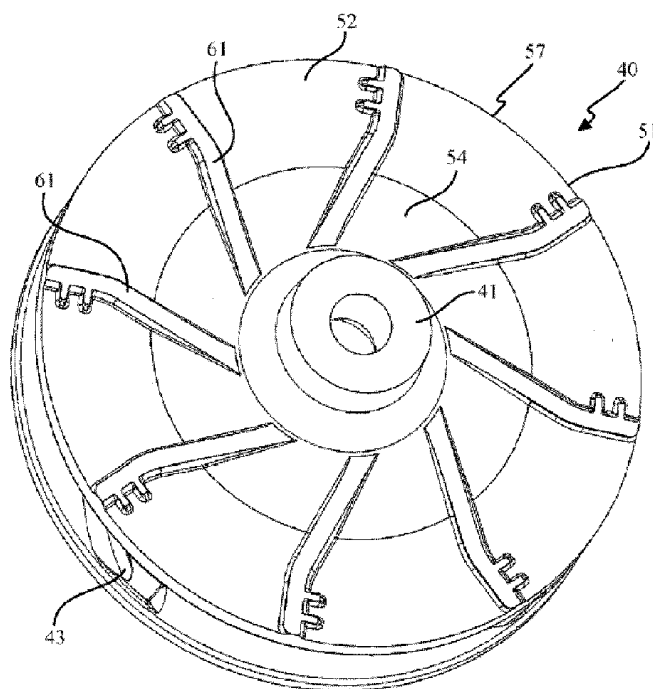
Фиг. 9



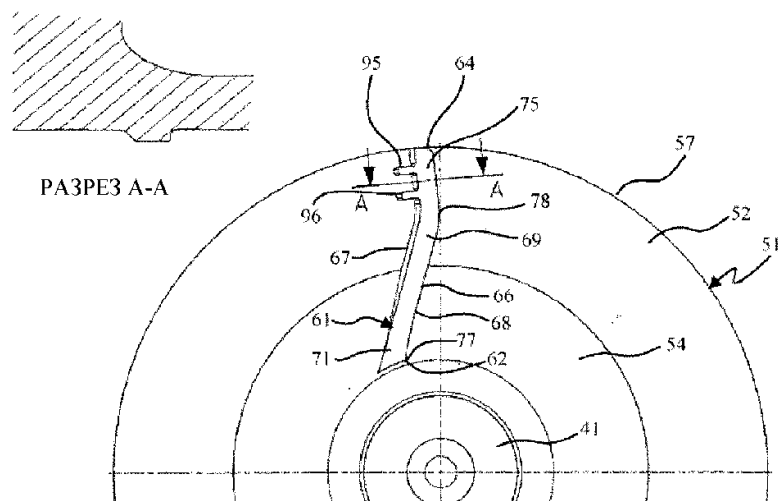
Фиг. 10



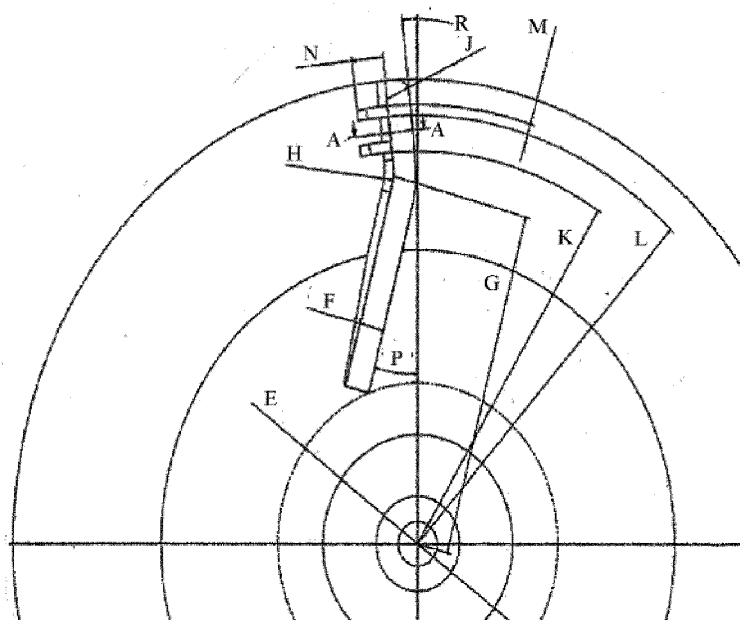
Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14

