

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **024954**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2016.11.30

(21) Номер заявки
201400072

(22) Дата подачи заявки
2009.05.27

(51) Int. Cl. **F04D 29/22** (2006.01)
F04D 7/04 (2006.01)
F04D 29/24 (2006.01)

(54) **РАБОЧЕЕ КОЛЕСО ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА И ЕГО КОМБИНАЦИЯ С
ВНУТРЕННИМ ВКЛАДЫШЕМ (ВАРИАНТЫ)**

(31) **2008902665; 2009901137**

(32) **2008.05.27; 2009.03.16**

(33) **AU**

(43) **2014.04.30**

(62) **201071360; 2009.05.27**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**УЭЙР МИНЕРАЛЗ ОСТРЭЙЛИА
ЛТД. (AU)**

(72) Изобретатель:
**Берджесс Кевин Эдвард, Лю Вэнь-Цзе,
Лаванья Луис Москозо (AU)**

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) US-A-4872809
US-A-3881840
US-A-5873697
US-A-5192193
WO-A2-2007126981
US-A-3167021
US-A-5609468
WO-A1-1988002820
GB-A-2092228
US-A-3837627
US-A-3285187
US-A-3953150
US-A-5368443
US-A-3986791

(57) Рабочее колесо (40) для использования в центробежном насосе (10), включающем кожух (12), имеющий внутри него камеру (20), вход для подачи материала, накачиваемого в камеру, и выход для выпуска материала из камеры, при этом рабочее колесо (40) установлено для вращения при использовании в камере вокруг оси X-X вращения и содержит передний кожух (50), задний кожух (51) и множество насосных лопастей (42) между ними с проходами между соседними насосными лопастями, при этом каждая насосная лопасть (42) имеет переднюю кромку (43) в области входа (48) рабочего колеса и заднюю кромку (44), передний кожух (50) имеет дугообразную внутреннюю поверхность в области входа рабочего колеса, которая имеет радиус R_s кривизны в диапазоне от 0,05 до 0,16 внешнего диаметра D_2 рабочего колеса, один или более проходов имеют одну или более выпускных направляющих лопастей (55), связанных с ними, при этом одна или каждая выпускная направляющая лопасть (55) расположена на основной поверхности по меньшей мере одного из кожухов (50, 51).

B1**024954****024954****B1**

Область техники

Настоящее изобретение относится, в целом, к центробежным насосам и, более конкретно, хотя не исключительно, к насосам для работы с абразивными материалами, например такими как шламы и т.п.

Предпосылки изобретения

Центробежные шламовые насосы, которые, в типичном случае, могут содержать вкладыши из твердого сплава или эластомера и/или оболочки, которые противостоят износу, широко используются в горнодобывающей промышленности. Обычно чем выше плотность шлама или чем больше или тверже частицы шлама, тем больше будут темпы износа и тем меньше будет срок службы насоса.

Центробежные шламовые насосы широко используются на обогатительных заводах от начала процесса, когда шлам крупнозернистый и вызывает высокую интенсивность изнашивания (например, в ходе измельчения), до конца процесса, когда шлам значительно тоньше, и интенсивности изнашивания значительно уменьшаются (например, когда производятся хвосты флотации). Например, шламовые насосы, работающие с подаваемыми крупными частицами, могут иметь срок службы изнашиваемых деталей, измеряемый неделями или месяцами, по сравнению с насосами в конце процесса, которые имеют изнашиваемые детали, которые могут работать от одного до двух лет.

Износ в центробежных шламовых насосах, которые используются для работы со шламами, содержащими крупные частицы, в типичном случае, наибольший на входе рабочего колеса, поскольку твердые частицы должны совершать поворот под прямым углом от осевого потока во впускной трубе к радиальному потоку в рабочем колесе насоса, и, таким образом, размер и инерция частиц приводят к большему количеству соударений и скольжения относительно стенок рабочего колеса и передних кромок лопастей рабочего колеса.

Износ рабочего колеса происходит главным образом на лопастях и переднем и заднем кожухах на входе рабочего колеса. Сильный износ в этих областях может также влиять на износ переднего вкладыша насоса. Небольшой зазор, который существует между вращающимся рабочим колесом и стационарным передним вкладышем (иногда называемой горловинным вкладышем), будет также влиять на срок службы и рабочие характеристики изнашиваемых деталей насоса. Этот зазор обычно довольно мал, но, в типичном случае, увеличивается вследствие износа на передней стороне рабочего колеса, кожухе рабочего колеса или вследствие износа и на рабочем колесе, и на передней облицовке.

Один способ уменьшения потока, который проходит из области высокого давления кожуха насоса через зазор между передней стороной рабочего колеса и передним вкладышем во вход насоса, предусматривает включение наклонного выступа на стационарном переднем вкладыше на входе рабочего колеса. Рабочее колесо имеет профиль, соответствующий этому выступу. Хотя поток через зазор можно уменьшить при помощи вытесняющих лопастей на передней части рабочего колеса, поток через зазор может также быть эффективно минимизирован посредством конструирования и поддержания этого узкого зазора.

Некоторые, но не все, насосы могут иметь средства для поддержания зазора между рабочим колесом и передним вкладышем настолько малым, насколько это практично, не вызывая избыточного износа истиранием. Небольшой зазор обычно улучшает срок службы переднего вкладыша, но износ на входе рабочего колеса все еще происходит и не уменьшается.

Высокий износ на входе рабочего колеса относится к степени турбулентности в потоке, когда он меняет направление от осевого к радиальному. Геометрия неудачно разработанного рабочего колеса и насосных лопастей может резко увеличить величину турбулентности и, следовательно, износ.

Различные описанные здесь аспекты могут применяться ко всем центробежным шламовым насосам и, в частности, к тем, которые испытывают высокие интенсивности изнашивания на входе рабочего колеса, или к тем, которые используются в вариантах применения с высокотемпературными шламами.

Сущность изобретения

Согласно аспекту настоящего изобретения предложено рабочее колесо для использования в центробежном насосе, включающем кожух, имеющий внутри него камеру, вход для подачи материала, накачиваемого в камеру, и выход для выпуска материала из камеры, при этом рабочее колесо установлено для вращения при использовании в камере вокруг оси вращения и содержит передний кожух, задний кожух и множество насосных лопастей между ними с проходами между соседними насосными лопастями, при этом каждая насосная лопасть имеет переднюю кромку в области входа рабочего колеса и заднюю кромку, передний кожух имеет дугообразную внутреннюю поверхность в области входа рабочего колеса, которая имеет радиус кривизны в диапазоне от 0,05 до 0,16 внешнего диаметра рабочего колеса, один или более проходов имеют одну или более выпускных направляющих лопастей, связанных с ними, при этом одна или каждая выпускная направляющая лопасть расположена на основной поверхности по меньшей мере одного из кожухов.

Предпочтительно внутренняя поверхность имеет радиус R_S кривизны в диапазоне от 0,08 до 0,15 внешнего диаметра D_2 рабочего колеса.

Предпочтительно внутренняя поверхность имеет радиус кривизны в диапазоне от 0,11 до 0,14 внешнего диаметра рабочего колеса.

Предпочтительно внутренняя поверхность имеет радиус кривизны в диапазоне от 0,12 до 0,14

внешнего диаметра рабочего колеса.

Предпочтительно отношение расстояние от плоскости, содержащей внутреннюю основную поверхность заднего кожуха, до вершины выпуклой части под прямым углом относительно центральной оси, и ширины насосной лопасти составляет от 0,25 до 0,75.

Предпочтительно отношение расстояние от плоскости, содержащей внутреннюю основную поверхность заднего кожуха, до вершины выпуклой части под прямым углом относительно центральной оси, и ширины насосной лопасти составляет от 0,4 до 0,65, предпочтительно от 0,48 до 0,56.

Предпочтительно каждая насосная лопасть имеет основную часть между ее передней и задней кромочными частями, суженный переходный участок передней кромочной части лопасти и переднюю кромку, имеющую радиус R_V в диапазоне от 0,09 до 0,45 толщины T_V основной части лопасти.

Предпочтительно передняя кромка лопасти имеет радиус в диапазоне от 0,125 до 0,31 толщины основной части.

Предпочтительно передняя кромка лопасти имеет радиус в диапазоне от 0,18 до 0,19 толщины основной части.

Предпочтительно толщина основной части находится в диапазоне от 0,03 до 0,11 внешнего диаметра рабочего колеса.

Предпочтительно толщина основной части насосной лопасти находится в диапазоне от 0,055 до 0,10 внешнего диаметра рабочего колеса.

Предпочтительно каждая лопасть имеет переходный участок между передней кромкой и полной толщиной лопасти, причем длина переходного участка находится в диапазоне от 0,5 до 3 толщины основной части.

Предпочтительно толщина основной части является, по существу, постоянной по всей ее длине.

Предпочтительно каждая насосная лопасть имеет переднюю кромку лопасти, имеющую радиус в диапазоне от 0,09 до 0,45 толщины основной части.

Предпочтительно передняя кромка лопасти имеет радиус в диапазоне от 0,125 до 0,31 толщины основной части.

Предпочтительно передняя кромка лопасти имеет радиус в диапазоне от 0,18 до 0,19 толщины основной части.

Предпочтительно толщина основной части каждой лопасти находится в диапазоне от 0,03 до 0,11 внешнего диаметра рабочего колеса.

Предпочтительно толщина основной части каждой лопасти находится в диапазоне от 0,055 до 0,10 внешнего диаметра рабочего колеса.

Предпочтительно каждая лопасть имеет переходный участок между передней кромкой и полной толщиной лопасти, причем длина переходного участка находится в диапазоне от 0,5 до 3 толщины основной части.

Предпочтительно одна или каждая выпускная направляющая лопасть выступает из основной поверхности кожуха, с которой она связана, и выступает в соответствующий проход.

Предпочтительно одна или каждая выпускная направляющая лопасть имеет удлиненную форму.

Предпочтительно одна или каждая выпускная направляющая лопасть имеет внешний конец, смежный с периферийной кромкой кожуха, а выпускная направляющая лопасть проходит внутрь и заканчивается на внутреннем конце, расположенным между центральной осью и периферийной кромкой кожуха, с которым она связана.

Предпочтительно каждый кожух имеет выпускную направляющую лопасть, выступающую из его основной поверхности.

Предпочтительно каждая выпускная направляющая лопасть имеет высоту, составляющую от 5 до 50% ширины насосной лопасти.

Предпочтительно одна или каждая выпускная направляющая лопасть, в целом, имеет такую же форму и ширину, как и основные насосные лопасти, при взгляде в горизонтальном сечении.

Предпочтительно каждая выпускная направляющая лопасть сужается по высоте.

Предпочтительно каждая выпускная направляющая лопасть сужается по ширине.

Предпочтительно угол передней кромки относительно центральной оси рабочего колеса составляет от 20 до 35°.

Предпочтительно диаметр входа рабочего колеса находится в диапазоне от 0,25 до 0,75 наружного диаметра рабочего колеса.

Согласно другому аспекту изобретения предложена комбинация рабочего описанного колеса и переднего вкладыша, имеющего выступ, который образует угол относительно центральной оси рабочего колеса в диапазоне от 10 до 80°.

Согласно еще одному аспекту изобретения предложена комбинация описанного рабочего колеса и переднего вкладыша, имеющего внутренний конец и внешний конец, при этом диаметр внутреннего конца находится в диапазоне от 0,55 до 1,1 диаметра внешнего конца.

Также согласно другому аспекту изобретения предложена комбинация описанного рабочего колеса и переднего вкладыша, в которой угол между параллельными поверхностями рабочего колеса и передне-

го вкладыша и плоскостью, перпендикулярной оси вращения, находится в диапазоне от 0 до 20°.

Более низкие уровни турбулентности в области входа рабочего колеса будут приводить к общему снижению износа. Срок службы имеет первостепенное значение для насосов, работающих с тяжелыми и грубыми шламами в обогащительных отраслях. Как описано выше, для достижения более низкого износа на входе рабочего колеса требуется комбинация определенных размерных отношений для получения определенной геометрии с низкой турбулентностью. Неожиданно изобретатели обнаружили, что эта предпочтительная геометрия в значительной степени независима от отношения наружного диаметра рабочего колеса к диаметру входа (обычно называемого отношением рабочего колеса).

Было установлено, что различные отношения, описанные выше или в комбинации, обеспечивают оптимальную геометрию, во-первых, для получения плавной структуры потока и минимизации ударных потерь на входе канала рабочего колеса и, во-вторых, для контроля величины турбулентности в максимально возможной степени на протяженности канала рабочего колеса. Различные отношения важны, поскольку они регулируют поток от осевого направления в рабочее колесо с поворотом на девяносто градусов для формирования радиального потока, и также выравнивают поток, прошедший передние кромки основных насосных лопастей в каждый из выпускных каналов рабочего колеса (т.е. проходов между всеми основными насосными лопастями).

Усовершенствования рабочих характеристик включают следующее:

меньшее падение давления, создаваемого насосом, при увеличении потоков, т.е. меньшие потери энергии при увеличении потока, при этом следует отметить, что у традиционных рабочих колес более резкая потеря характеристик с таким же количеством основных насосных лопастей;

увеличение эффективности на 7-8% в абсолютных значениях;

снижение кавитационных характеристик насоса и поддержание их более ровными даже при больших потоках (обычные рабочие колеса имеют более крутые характеристики);

увеличение срока службы рабочего колеса на 50% по сравнению с традиционной конструкцией рабочего колеса.

Согласно существующим традиционным протоколам конструирования всегда полагалось, что один параметр рабочих характеристик может быть увеличен, но за счет другого, например более высокой эффективности, но при более низком сроке службы. Настоящее изобретение опровергает это представление, достигая лучших рабочих характеристик для всех параметров.

В результате лучших разносторонних рабочих характеристик, рабочее колесо может быть произведено с использованием "стандартных" материалов без потребности в специальных сплавах, которые требовались бы иначе для решения проблем локального высокого износа.

Экспериментальные испытания продемонстрировали, что эти конструктивные параметры и спецификация определенных размерных отношений могут произвести относительно низкий или, по существу, оптимальный износ рабочего колеса, особенно вокруг выпуклости (входной области) рабочего колеса.

Краткое описание чертежей

Далее изобретение будет пояснено более подробно со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых:

фиг. 1 - типичный схематичный вид сбоку с частичным сечением насоса, включающего рабочее колесо и комбинацию рабочего колеса и вкладыша согласно одному варианту осуществления изобретения;

фиг. 1А - подробный вид части рабочего колеса, показанного на фиг. 1;

фиг. 2 - типичный схематичный вид сверху в сечении насосной лопасти рабочего колеса согласно другому варианту осуществления изобретения;

фиг. 3-12 - типичные виды в целом и с частичным сечением рабочего колеса и входного вкладыша, где некоторые виды показывают комбинацию рабочего колеса и входного вкладыша, соответствующих некоторым вариантам осуществления изобретения;

фиг. 13А - типичный схематичный вид сбоку в сечении комбинации рабочего колеса и вкладыша согласно одному варианту осуществления изобретения, показывающий различные области входного вкладыша (1), переднего кожуха (2) рабочего колеса, выхода (3) переднего кожуха рабочего колеса и выпуклой части (4) заднего кожуха рабочего колеса;

фиг. 13В - типичный схематичный вид сбоку в сечении комбинации рабочего колеса и вкладыша согласно одному варианту осуществления изобретения, где измерительные точки произведены аппроксимацией кривой и моделированием линейной регрессии для показа внутреннего профиля различных областей, показанных на фиг. 13А.

Подробное описание конкретных вариантов осуществления изобретения

На фиг. 1 и 1А показан типичный насос 10, соответствующий некоторым вариантам осуществления изобретения, включающий кожух 12, задний вкладыш 14, передний вкладыш 30 и выход 18 насоса. Внутренняя камера 20 приспособлена для размещения рабочего колеса 40 для вращения вокруг оси Х-Х вращения.

Передний вкладыш 30 включает цилиндрическую подающую секцию 32, через которую шлам поступает в насосную камеру 20. Подающая секция 32 имеет канал 33 с первым внешним концом 34, в рабочем положении соединенным с питающей трубой (не показана), и вторым, внутренним концом 35,

смежным с камерой 20. Передний вкладыш 30 также включает боковую стеночную секцию 15, которая сопрягается с кожухом 12 насоса для формирования и ограждения камеры 20, причем боковая стеночная секция 15 имеет внутреннюю поверхность 37. Второй конец 35 переднего вкладыша 30 имеет выступ 38, который приспособлен для сопряжения с рабочим колесом 40.

Рабочее колесо 40 включает ступицу 41, от которой проходит множество разнесенных по окружности насосных лопастей 42. Выступающая или выпуклая часть 47 проходит вперед от ступицы к каналу 33 в переднем вкладыше. Насосные лопасти 42 включают переднюю кромку 43, находящуюся в области входа рабочего колеса 48, и заднюю кромку 44, находящуюся в области выхода рабочего колеса 49. Рабочее колесо также включает передний кожух 50 и задний кожух 51 и лопасти 42, расположенные между ними.

В конкретном варианте выполнения рабочего колеса 10А, частично показанном на фиг. 2, показана только одна типичная насосная лопасть 42, которая проходит между противоположными основными внутренними поверхностями кожухов 50, 51. Обычно такое рабочее колесо 10А имеет множество таких насосных лопастей, равномерно расположенных вокруг области между упомянутыми кожухами 50, 51, например три, четыре или пять насосных лопастей, что типично для шламовых насосов. На этом чертеже показана только одна насосная лопасть для удобства иллюстрирования признаков. Как показано на фиг. 2, типичная насосная лопасть 42 является, в целом, дугообразной в сечении и включает внутреннюю переднюю кромку 43 и внешнюю заднюю кромку 44 и противоположные боковые поверхности 45 и 46, причем боковая поверхность 45 является стороной накачивания или повышенного давления. Лопасти обычно упоминаются как загнутые назад лопасти при взгляде в направлении вращения. Ссылочные позиции, обозначающие описанные выше различные признаки, обозначены только на показанных лопастях 42 для ясности. Важные основные размеры L_t , R_v и T_v показаны на фигуре и определены ниже в этом описании.

В соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения, типичное рабочее колесо показано на фиг. 3-12. Для удобства теперь будут использоваться одинаковые ссылочные позиции для обозначения одинаковых частей, описанных в отношении фиг. 1, 1А и 2. В конкретном варианте осуществления изобретения, показанном на фиг. 3-12, рабочее колесо 40 имеет множество выпускных направляющих лопастей. Выпускные направляющие лопасти имеют форму удлиненных выступов 55 с плоской вершиной, которые, в целом, имеют колбасовидное сечение. Эти выступы 55 проходят, соответственно, от основной поверхности заднего кожуха 51 и расположены между двумя смежными насосными лопастями 42. Выступы 55 имеют соответствующий внешний конец 58, который расположен смежно с внешней периферийной кромкой кожуха 51, на котором они расположены. Выпускные направляющие лопасти также имеют внутренний конец 60, который расположен приблизительно в середине соответствующего канала. Внутренние концы 60 соответствующих выпускных направляющих лопастей 55 отнесены на некоторое расстояние от центральной оси Х-Х вращения рабочего колеса 40. В типичном случае, хотя не обязательно, выпускные направляющие лопасти могут быть связаны с каждым каналом.

Каждая выпускная направляющая лопасть в форме выступа 55 показана на чертежах с высотой приблизительно 30-35% ширины насосной лопасти 42, где ширина насосной лопасти определена как расстояние между передним и задним кожухами рабочего колеса. В других вариантах осуществления изобретения высота направляющей лопасти может быть между 5 и 50% упомянутой ширины насосной лопасти 42. Каждая направляющая лопасть имеет, в целом, постоянную высоту вдоль ее длины, хотя в других вариантах осуществления изобретения направляющая лопасть может быть сужена по высоте и также сужена по ширине. Как можно видеть на чертежах, лопасти имеют скошенные периферийные кромки.

В варианте осуществления изобретения, показанном на фиг. 3-12, каждая выпускная направляющая лопасть может быть расположена ближе к нагнетающей поверхности или поверхности стороны повышенного давления ближайшей смежной насосной лопасти. Расположение выпускной направляющей лопасти ближе к одной смежной насосной лопасти может полезно улучшить рабочие характеристики насоса. Такие варианты осуществления изобретения также описаны в заявке РСТ/AU2009/000661 настоящего заявителя, озаглавленной "Рабочее колесо шламового насоса", которая была зарегистрирована одновременно с заявкой на данное изобретение и содержание которой включено сюда в качестве перекрестной ссылки.

В других вариантах осуществления изобретения выпускные направляющие лопасти могут проходить в выпускной канал на меньшее или большее расстояние, чем показано в вариантах осуществления изобретения на фиг. 3-12, в зависимости от перекачиваемой жидкости или шлама.

В других вариантах осуществления изобретения может быть больше одной выпускной направляющей лопасти на каждой внутренней основной поверхности кожуха или, в некоторых случаях, на одной из противоположных внутренних основных поверхностей любого из двух кожухов, которые определяют выпускной канал, может не быть выпускной направляющей лопасти.

В других вариантах осуществления изобретения выпускные направляющие лопасти могут иметь ширину поперечного сечения, отличающуюся от ширины основных насосных лопастей, и они даже могут не быть удлиненными, если достигается желательное воздействие на поток шлама на выходе рабочего колеса.

Выпускные направляющие лопасти снижают вероятность формирования высокоскоростных потоков вихревого типа в слабых потоках. Это снижает вероятность износа твердыми частицами переднего или заднего кожуха, приводящего к образованию износных раковин, в которых могут образовываться и развиваться потоки вихревого типа. Направляющие лопасти также будут уменьшать смешивание разделенных областей потока непосредственно у выхода рабочего колеса с уже вращающимся потоком в спиральной камере. Выпускные направляющие лопасти будут выравнивать и уменьшать турбулентность потока от рабочего колеса в кожух насоса или спиральную камеру.

Как показано на фиг. 8-12, рабочее колесо 10 также включает вытесняющие или вспомогательные лопасти 67, 68, 69 на соответствующих внешних поверхностях кожухов. Некоторые из лопастей 67, 68 на заднем кожухе имеют разную ширину. Как показано на фигурах, все лопасти, включая выпускные направляющие лопасти, имеют скошенные кромки.

Фиг. 1 и 2 показывают следующие параметры:

D_1 - диаметр входа рабочего колеса в точке пересечения переднего кожуха и передней кромки насосной лопасти;

D_2 - наружный диаметр рабочего колеса, который является внешним диаметром насосных лопастей, который в некоторых типичных вариантах осуществления изобретения равен диаметру заднего кожуха рабочего колеса;

D_3 - диаметр первого конца переднего вкладыша;

D_4 - диаметр второго конца переднего вкладыша;

A_1 - угол между передней кромкой лопасти и центральной осью вращения рабочего колеса;

A_2 - угол между параллельными поверхностями рабочего колеса и переднего вкладыша и плоскостью, перпендикулярной оси вращения;

A_3 - угол выступа переднего вкладыша относительно центральной оси вращения рабочего колеса;

R_s - радиус кривизны переднего кожуха рабочего колеса в точке, где горловинный вкладыш и передний кожух рабочего колеса совмещены, т.е. где поток проходит горловинный вкладыш и входит в рабочее колесо;

R_v - радиус передней кромки лопасти;

T_v - толщина основной части насосной лопасти;

L_t - длина переходного участка лопасти;

B_2 - ширина выхода рабочего колеса;

I_{nr} - радиус кривизны изогнутого профиля выпуклой части рабочего колеса у ступицы;

I_{nose} - расстояние от плоскости, содержащей внутреннюю основную поверхность заднего кожуха, до вершины выпуклой части под прямым углом относительно центральной оси;

F_r - радиус кривизны переходной области между внутренней основной поверхностью и выпуклой частью.

Предпочтительно один или больше из этих параметров имеет размерные отношения в следующих диапазонах:

$D_4 = 0,55 D_3 - 1,1 D_3$;

более предпочтительно $D_1 = 0,25 D_2 - 0,75 D_2$;

более предпочтительно $0,25 D_2 - 0,5 D_2$;

более предпочтительно $0,40 D_2 - 0,75 D_2$;

$R_s = 0,05 D_2 - 0,16 D_2$;

более предпочтительно $0,08 D_2 - 0,15 D_2$;

более предпочтительно $0,11 D_2 - 0,14 D_2$;

$R_v = 0,09 T_v - 0,45 T_v$;

более предпочтительно $0,125 T_v - 0,31 T_v$;

более предпочтительно $0,18 T_v - 0,19 T_v$;

$T_v = 0,03 D_2 - 0,11 D_2$;

более предпочтительно $0,055 D_2 - 0,10 D_2$;

$L_t = 0,5 T_v - 3 T_v$;

$B_2 = 0,08 D_2 - 0,2 D_2$;

$I_{nr} = 0,02 D_2 - 0,50 D_2$;

более предпочтительно $= 0,10 D_2 - 0,33 D_2$;

более предпочтительно $= 0,17 D_2 - 0,22 D_2$;

$I_{nose} = 0,25 B_2 - 0,75 B_2$;

более предпочтительно $= 0,40 B_2 - 0,65 B_2$;

более предпочтительно $= 0,48 B_2 - 0,56 B_2$;

$F_r = 0,20 D_2 - 0,75 D_2$;

более предпочтительно $= 0,32 D_2 - 0,65 D_2$;

более предпочтительно $= 0,41 D_2 - 0,52 D_2$.

И имеет углы в диапазонах:

$A_2 = 0 - 20^\circ$;

$$A_3 = 10-80^\circ;$$

$$A_1 = 20-35^\circ$$

Примеры

Были проведены сравнительные испытания с обычным насосом и насосом согласно типичному варианту осуществления изобретения.

Различные соответствующие размеры двух насосов приведены ниже.

| Рабочее колесо обычного насоса | Рабочее колесо нового насоса |
|---|------------------------------|
| $D_1 = 203$ мм | = 226 мм |
| $D_2 = 511$ мм | = 550 мм |
| $R_s = 156$ мм | = 60 мм |
| $R_v = 2$ мм | = 6 мм |
| $T_v =$ Изменяется (до максимума 76 мм) | = 32 мм |
| $L_t =$ Нет | = 67 мм |
| $B_2 = 76$ мм | = 72 мм |
| $F_r = 232$ мм | = 228 мм |
| $I_{nr} = 95$ мм | = 95 мм |
| $A_1 = 0$ (параллельно оси входа) | = 25° |
| Передний вкладыш | Передний вкладыш |
| $A_2 = 0$ (перпендикулярно оси входа) | = то же |
| $A_3 = 60^\circ$ | = 60° |
| $D_3 = 203$ мм | = 203 мм |
| $D_4 = 200$ мм | = 224 мм |

Для типичного нового рабочего колеса насоса, описанного здесь выше, отношение R_s/D_2 составляет 0,109, отношение F_r/D_2 составляет 0,415, отношение I_{nr}/D_2 составляет 0,173 и отношение R_v/T_v составляет 0,188.

Пример 1.

Новый и обычный насосы работали с одинаковой производительностью и скоростью с золотосодержащей рудой. Срок службы рабочего колеса обычного насоса составил 1600-1700 ч, и срок службы переднего вкладыша составил 700-900 ч. Срок службы нового рабочего колеса и переднего вкладыша составил 2138 ч.

Пример 2.

Новый и обычный насосы работали с одинаковой производительностью и скоростью с золотосодержащей рудой, что привело к быстрому износу вследствие высокого содержания кремниевых песка в шламе. В результате трех испытаний новое рабочее колесо и передний вкладыш показали, соответственно, в 1,4 и в 1,6 раза большие сроки службы, чем обычные металлические части в таком же материале.

Обычное рабочее колесо, в типичном случае, выходило из строя из-за значительного износа на лопастях насоса и образования раковин на заднем кожухе. Новое рабочее колесо показало очень небольшой износ этого же типа.

Пример 3.

Новый и обычный насосы работали с одинаковой производительностью и скоростью на заводе для очистки глинозема с нагрузкой, которая была критической для снабжения завода. Эта нагрузка была при высокой температуре и, таким образом, предполагала конструкцию рабочего колеса с низкими кавитационными характеристиками.

Средний срок службы обычного рабочего колеса и переднего вкладыша составлял 4875 ч с некоторым износом рабочего колеса, но, в типичном случае, передний вкладыш повреждался из-за образования раковин во время использования.

Срок службы нового рабочего колеса и переднего вкладыша превысил 6000 ч без образования раковин.

Пример 4.

Новый и обычный насосы работали с одинаковой производительностью и скоростью на заводе для очистки глинозема, где отложения на внутренних стенках трубы и резервуара могут влиять на производительность насоса вследствие кавитации.

На основе экспериментов было вычислено, что новое рабочее колесо и передний вкладыш обеспечили дополнительное увеличение на 12,5% производительности, оставаясь не поврежденными кавитацией.

Экспериментальное моделирование.

Были выполнены вычислительные эксперименты для определения уравнений для различных конструкций описанного здесь рабочего колеса с использованием коммерчески доступного программного обеспечения. Это программное обеспечение применяет нормализованную линейную регрессию или методы аппроксимации кривой для определения многочлена, который описывает кривизну внутренних поверхностей кожухов рабочего колеса для определенных описанных здесь вариантов осуществления изобретения.

Каждый выбранный вариант выполнения рабочего колеса при взгляде в сечении в плоскости, проходящей через ось вращения, имеет четыре основные области профиля, каждая из которых имеет явные признаки формы, как показано на фиг. 13А. На фиг. 13В показан профиль с признаками формы определенного рабочего колеса, которые были получены при помощи многочлена. Вдоль оси X, которая является линией, которая проходит от ступицы рабочего колеса через центр выпуклой части рабочего колеса и соосна с осью X-X вращения, взяты фактические размеры рабочего колеса и разделены на B_2 (ширина выхода рабочего колеса) для получения нормализованной величины X_n . Вдоль оси Y (которая является линией, которая проходит под прямым углом к оси X-X вращения и в плоскости основной внутренней поверхности заднего кожуха) взяты фактические размеры рабочего колеса и разделены на $0,5 \times D_2$ (половина наружного диаметра рабочего колеса) для получения нормализованной величины Y_n . Величины X_n и Y_n затем регрессируются для вычисления многочлена для описания профиля области 2, который является острой внутренней поверхностью в области входа рабочего колеса, и профиля области 4, который является изогнутым профилем выпуклой части рабочего колеса.

В одном варианте осуществления изобретения, где D_2 составляет 550 мм и B_2 составляет 72 мм, область 2 профиля определена как

$$Y_n = -2,3890009903x_n^5 + 19,4786939775x_n^4 - 63,2754154980x_n^3 + 102,6199259524x_n^2 - 83,4315403428x + 27,7322233171$$

В одном варианте осуществления изобретения, где D_2 составляет 550 мм и B_2 составляет 72 мм, область 4 профиля определена как

$$y = -87,6924201323x_n^5 + 119,7707929717x_n^4 - 62,3921978066x_n^3 + 16,0543468684x_n^2 - 2,7669594052x + 0,5250083657.$$

В одном варианте осуществления изобретения, где D_2 составляет 1560 мм и B_2 составляет 190 мм, область 2 профиля определена как

$$y_n = -7,0660920862x_n^5 + 56,8379443295x_n^4 - 181,1145997000x_n^3 + 285,9370452104x_n^2 - 223,9802206897x + 70,2463717260.$$

В одном варианте осуществления изобретения, где D_2 составляет 1560 мм и B_2 составляет 190 мм, область 4 профиля определена как

$$y_n = -52,6890959578x_n^5 + 79,4531495101x_n^4 - 45,7492175031x_n^3 + 13,0713205894x_n^2 - 2,5389732284x + 0,5439201928.$$

В одном варианте осуществления изобретения, где D_2 составляет 712 мм и B_2 составляет 82 мм, область 2 профиля определена как

$$Y_n = -0,8710521204x_n^5 + 7,8018806610x_n^4 - 27,9106218350x_n^3 + 50,0122747105x_n^2 - 45,1312740213x + 16,9014790579.$$

В одном варианте осуществления изобретения, где D_2 составляет 712 мм и B_2 составляет 82 мм, область 4 профиля определена как

$$Y_n = -66,6742503139x_n^5 + 103,3169809752x_n^4 - 60,6233286019x_n^3 + 17,0989215719x_n^2 - 2,9560300900x + 0,5424661895.$$

В одном варианте осуществления изобретения, где D_2 составляет 776 мм и B_2 составляет 98 мм, область 2 профиля определена как

$$Y_n = -0,2556639974x_n^5 + 2,6009971578x_n^4 - 10,5476726720x_n^3 + 21,4251116716x_n^2 - 21,9586498788x + 9,5486465528.$$

В одном варианте осуществления изобретения, где D_2 составляет 776 мм и B_2 составляет 98 мм, область 4 профиля определена как

$$Y_n = -74,2097253182x_n^5 + 115,5559502836x_n^4 - 67,8953477381x_n^3 + 19,1100516593x_n^2 - 3,2725057764x + 0,5878323997.$$

В предшествующем описании определенных типичных вариантов осуществления изобретения для ясности применена специальная терминология. Однако изобретение не ограничено избранными специальными терминами, и следует понимать, что каждый специальный термин включает все технические эквиваленты, которые работают подобным образом для достижения подобной технической цели. Такие термины, как "передний" и "задний", "выше" и "ниже" и т.п. использованы как слова для удобства определения опорных точек и не должны рассматриваться как ограничивающие термины.

Ссылка в этом описании на любую предшествующую публикацию или полученную из нее информацию, или любой известный материал не должна рассматриваться как признание или допущение или какая-либо форма указания, что эта предшествующая публикация или полученная из нее информация, или известный материал формирует часть общеизвестного знания в области, к которой относится это описание.

Наконец, следует понимать, что различные изменения, модификации и/или добавления могут быть включены в различные конструкции и расположение частей, не отступая от сущности или объема изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Рабочее колесо для использования в центробежном насосе, включающем кожух, имеющий внутри него камеру, вход для подачи материала, накачиваемого в камеру, и выход для выпуска материала из камеры, при этом рабочее колесо установлено для вращения при использовании в камере вокруг оси вращения и содержит передний кожух, задний кожух и множество насосных лопастей между ними с проходами между соседними насосными лопастями, при этом каждая насосная лопасть имеет переднюю кромку в области входа рабочего колеса и заднюю кромку, передний кожух имеет дугообразную внутреннюю поверхность в области входа рабочего колеса, которая имеет радиус (R_s) кривизны в диапазоне от 0,05 до 0,16 внешнего диаметра (D_2) рабочего колеса, один или более проходов имеют одну или более выпускных направляющих лопастей, связанных с ними, при этом одна или каждая выпускная направляющая лопасть расположена на основной поверхности по меньшей мере одного из кожухов.

2. Рабочее колесо по п.1, в котором внутренняя поверхность имеет радиус R_s кривизны в диапазоне от 0,08 до 0,15 внешнего диаметра D_2 рабочего колеса.

3. Рабочее колесо по п.1, в котором внутренняя поверхность имеет радиус R_s кривизны в диапазоне от 0,11 до 0,14 внешнего диаметра D_2 рабочего колеса.

4. Рабочее колесо по п.1, в котором внутренняя поверхность имеет радиус R_s кривизны в диапазоне от 0,12 до 0,14 внешнего диаметра D_2 рабочего колеса.

5. Рабочее колесо по любому из пп.1-4, в котором I_{nose} - это расстояние от плоскости, содержащей внутреннюю основную поверхность заднего кожуха, до вершины выпуклой части под прямым углом относительно центральной оси, и B_2 - это ширина насосной лопасти, и отношение I_{nose}/B_2 составляет от 0,25 до 0,75.

6. Рабочее колесо по п.5, в котором отношение I_{nose}/B_2 составляет от 0,40 до 0,65.

7. Рабочее колесо по п.5, в котором отношение I_{nose}/B_2 составляет от 0,48 до 0,56.

8. Рабочее колесо по любому из пп.1-7, в котором каждая насосная лопасть имеет основную часть между ее передней и задней кромочными частями, суженный переходный участок передней кромочной части лопасти и переднюю кромку, имеющую радиус R_v в диапазоне от 0,09 до 0,45 толщины T_v основной части лопасти.

9. Рабочее колесо по п.8, в котором передняя кромка лопасти имеет радиус R_v в диапазоне от 0,125 до 0,310 толщины T_v основной части.

10. Рабочее колесо по п.8 или 9, в котором передняя кромка лопасти имеет радиус R_v в диапазоне от 0,18 до 0,19 толщины T_v основной части.

11. Рабочее колесо по любому из пп.8-10, в котором толщина T_v основной части находится в диапазоне от 0,03 до 0,11 внешнего диаметра рабочего колеса.

12. Рабочее колесо по п.11, в котором толщина T_v основной части насосной лопасти находится в диапазоне от 0,055 до 0,100 внешнего диаметра D_2 рабочего колеса.

13. Рабочее колесо по любому из пп.1-12, в котором каждая лопасть имеет переходный участок L_t между передней кромкой и полной толщиной лопасти, причем длина переходного участка находится в диапазоне от 0,5 до 3,0 T_v .

14. Рабочее колесо по любому из пп.1-13, в котором толщина основной части является, по существу, постоянной по всей ее длине.

15. Рабочее колесо по п.1, в котором каждая насосная лопасть имеет переднюю кромку лопасти, имеющую радиус R_v в диапазоне от 0,09 до 0,45 толщины T_v основной части.

16. Рабочее колесо по п.15, в котором передняя кромка лопасти имеет радиус R_v в диапазоне от 0,125 до 0,310 толщины T_v основной части.

17. Рабочее колесо по п.15 или 16, в котором передняя кромка лопасти имеет радиус R_v в диапазоне от 0,18 до 0,19 толщины T_v основной части.

18. Рабочее колесо по любому из пп.15-17, в котором толщина T_v основной части каждой лопасти находится в диапазоне от 0,03 до 0,11 внешнего диаметра D_2 рабочего колеса.

19. Рабочее колесо по п.18, в котором толщина T_v основной части каждой лопасти находится в диапазоне от 0,055 до 0,100 внешнего диаметра D_2 рабочего колеса.

20. Рабочее колесо по любому из пп.15-19, в котором каждая лопасть имеет переходный участок L_t между передней кромкой и полной толщиной лопасти, причем длина переходного участка находится в диапазоне от 0,5 до 3,0 T_v .

21. Рабочее колесо по п.1, в котором одна или каждая выпускная направляющая лопасть выступает из основной поверхности кожуха, с которой она связана, и выступает в соответствующий проход.

22. Рабочее колесо по п.21, в котором одна или каждая выпускная направляющая лопасть имеет удлиненную форму.

23. Рабочее колесо по п.22, в котором одна или каждая выпускная направляющая лопасть имеет внешний конец, смежный с периферийной кромкой кожуха, а выпускная направляющая лопасть проходит внутрь и заканчивается на внутреннем конце, расположенном между центральной осью и периферийной кромкой кожуха, с которым она связана.

24. Рабочее колесо по любому из пп.21-23, в котором каждый кожух имеет выпускную направляющую лопасть, выступающую из его основной поверхности.

25. Рабочее колесо по любому из пп.21-24, в котором каждая выпускная направляющая лопасть имеет высоту, составляющую от 5 до 50% ширины насосной лопасти.

26. Рабочее колесо по любому из пп.21-25, в котором одна или каждая выпускная направляющая лопасть в целом имеет такую же форму и ширину, как и основные насосные лопасти, при взгляде в горизонтальном сечении.

27. Рабочее колесо по любому из пп.21-26, в котором каждая выпускная направляющая лопасть сужается по высоте.

28. Рабочее колесо по любому из пп.21-27, в котором каждая выпускная направляющая лопасть сужается по ширине.

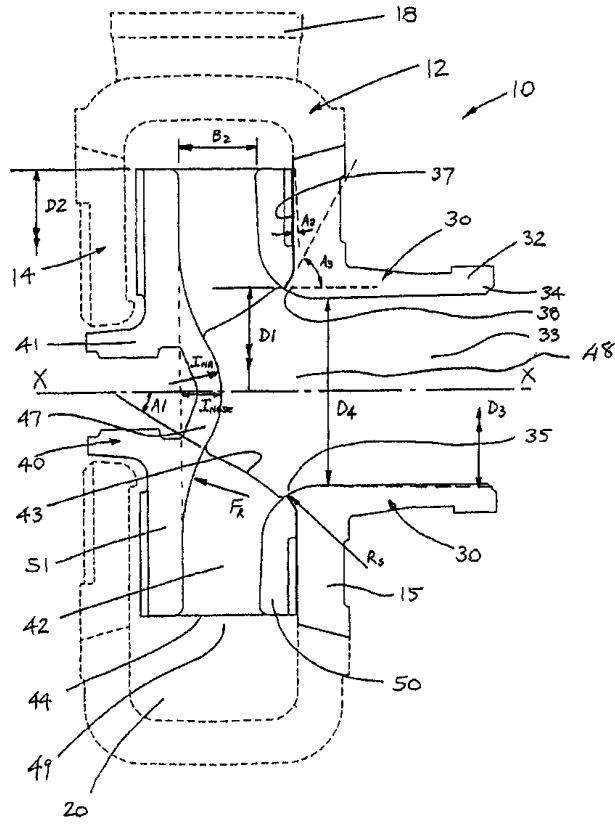
29. Рабочее колесо по любому из пп.1-28, в котором угол A_1 передней кромки относительно центральной оси рабочего колеса составляет от 20 до 35°.

30. Рабочее колесо по любому из пп.1-29, в котором диаметр D_1 входа рабочего колеса находится в диапазоне от 0,25 до 0,75 наружного диаметра D_2 рабочего колеса.

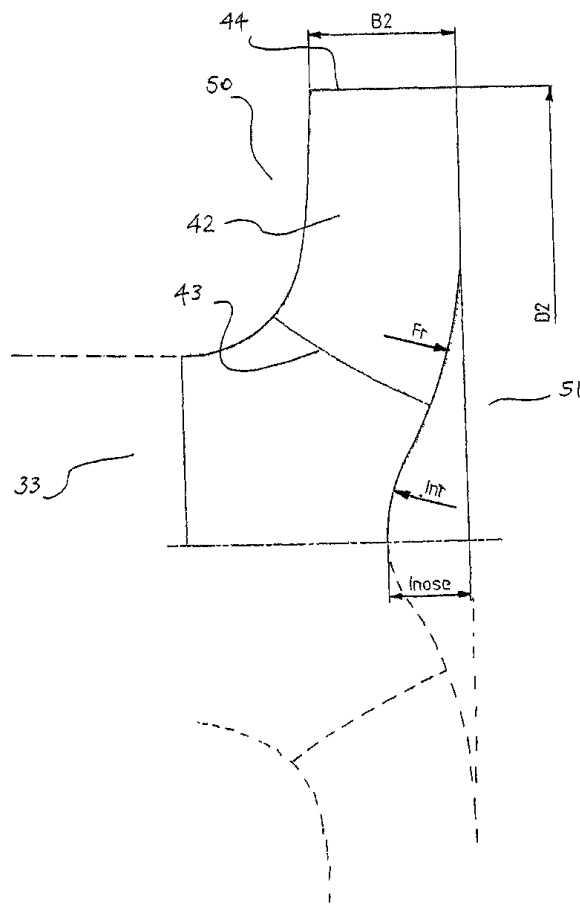
31. Передний вкладыш (30), сопрягающийся с кожухом (12) центробежного насоса, в камере (20) которого установлено рабочее колесо (40) по любому из пп.1-30, и имеющий стеночную секцию (15), формирующую и ограждающую камеру (20) кожуха (12) насоса и имеющий внутреннюю поверхность (37), на которой выполнен выступ (38), образующий угол (A_3) относительно центральной оси (X-X) рабочего колеса (40) в диапазоне от 10 до 80°.

32. Передний вкладыш (30) по п.31, который имеет внутренний конец (35) и внешний конец (34), при этом диаметр (D_4) внутреннего конца (35) находится в диапазоне от 0,55 до 1,10 диаметра (D_3) внешнего конца (34).

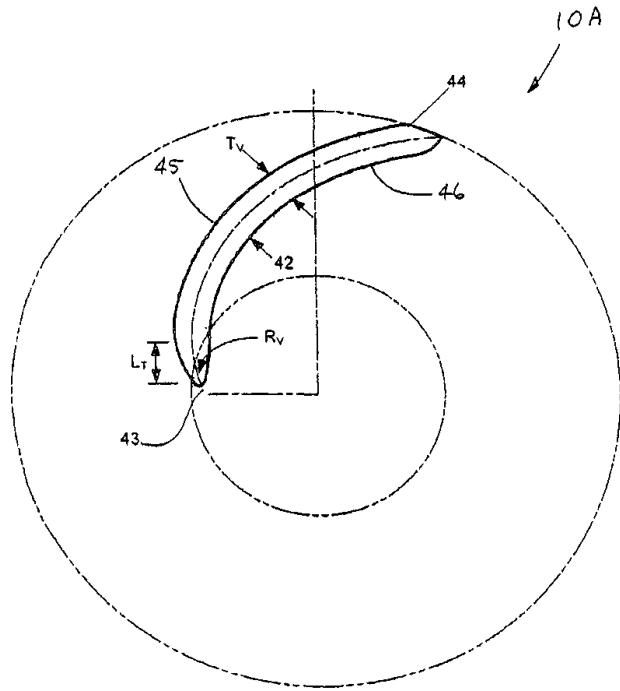
33. Передний вкладыш (30) по п.31 или 32, в котором угол (A_2) между параллельными поверхностями рабочего колеса (40) и переднего вкладыша (30) и плоскостью, перпендикулярной оси вращения, находится в диапазоне от 0 до 20°.



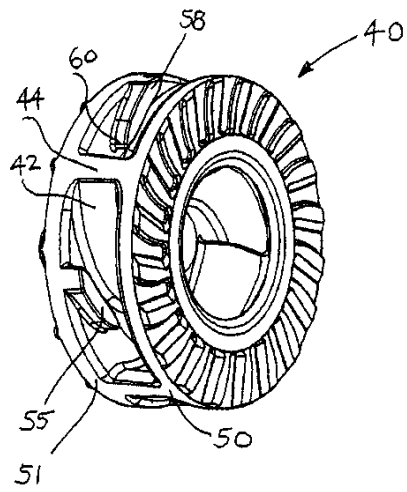
Фиг. 1



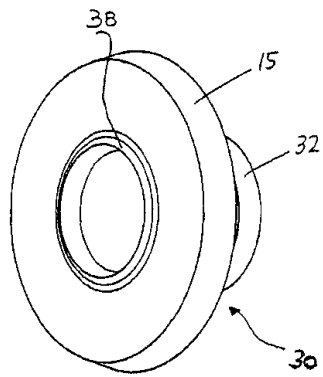
Фиг. 1А



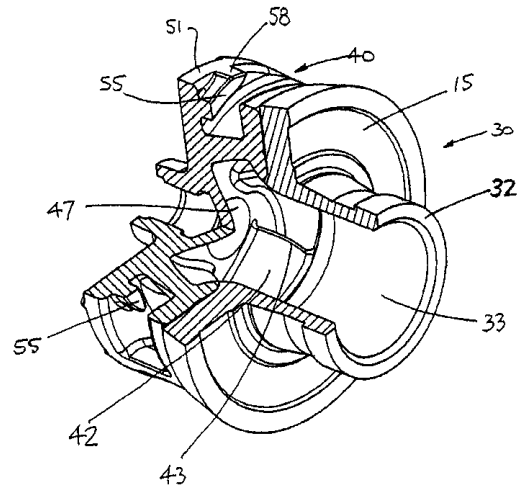
Фиг. 2



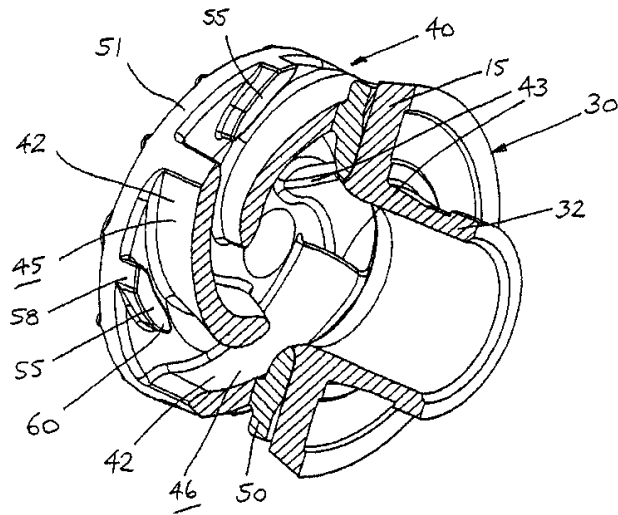
Фиг. 3



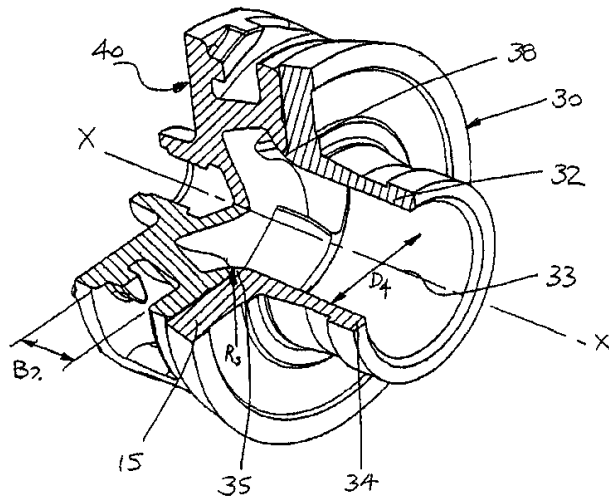
Фиг. 4



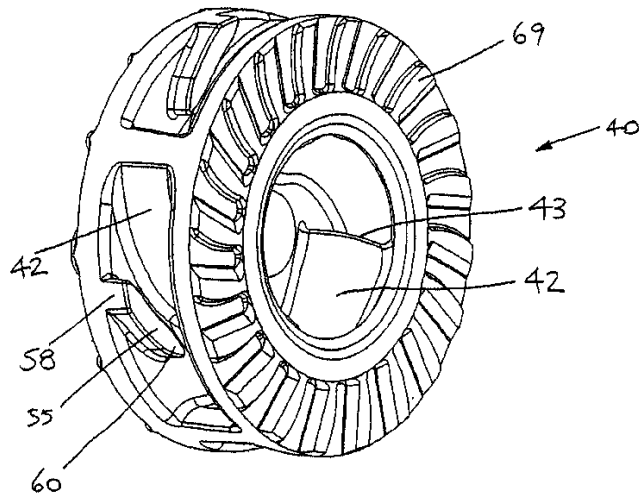
Фиг. 5



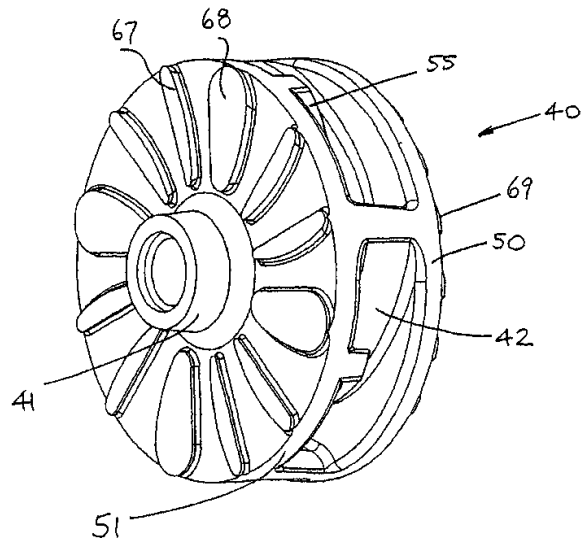
Фиг. 6



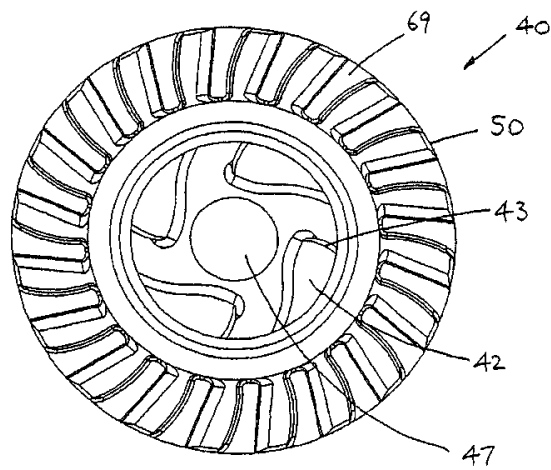
Фиг. 7



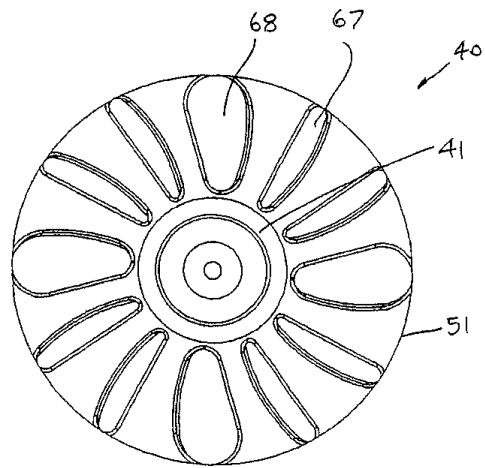
Фиг. 8



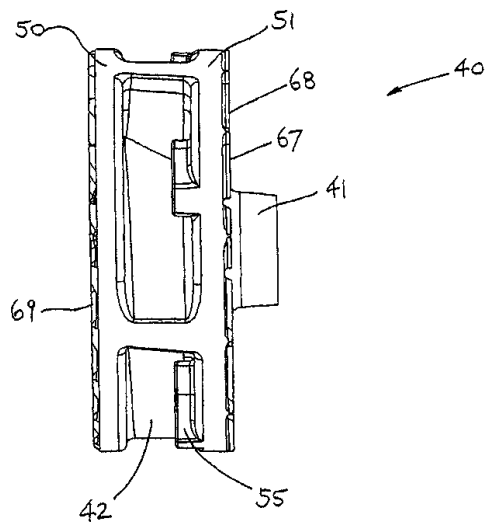
Фиг. 9



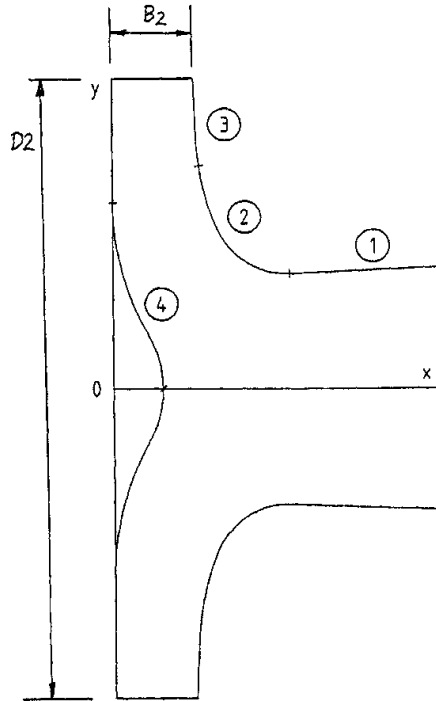
Фиг. 10



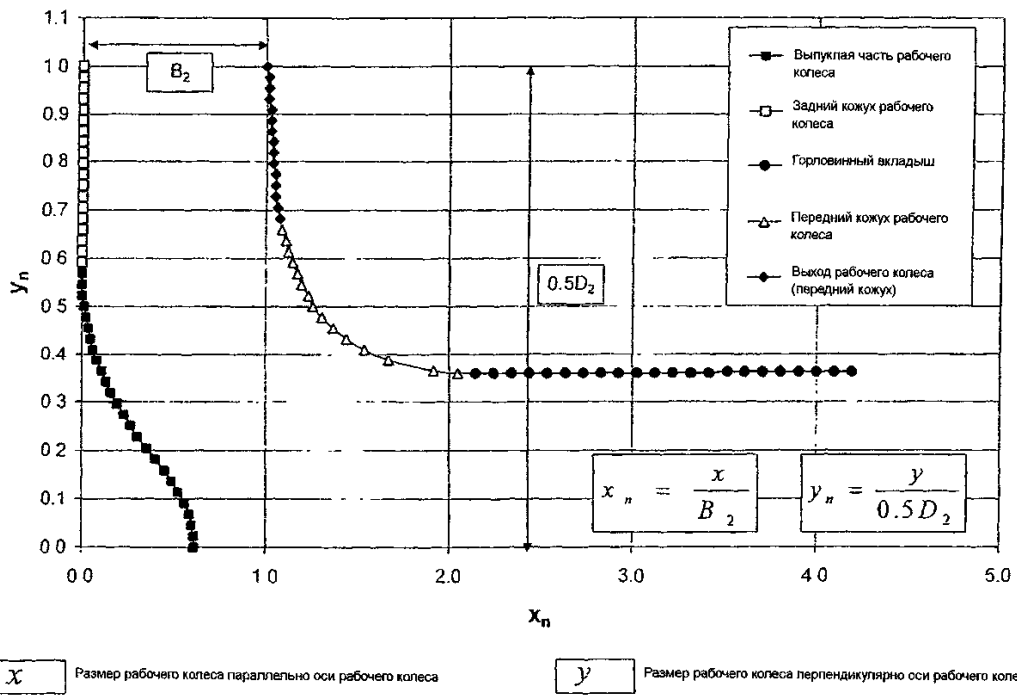
Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13А



Фиг. 13В