

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **041918**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.12.15

(51) Int. Cl. **B01J 19/00** (2006.01)
B01F 7/16 (2006.01)

(21) Номер заявки
202190982

(22) Дата подачи заявки
2019.10.07

(54) **КАВИТАЦИОННЫЙ РЕАКТОР**

(31) **102018000009329**

(56) US-A1-2009184056
WO-A1-2016182903
WO-A1-2017184739

(32) **2018.10.10**

(33) **IT**

(43) **2021.09.06**

(86) **PCT/IB2019/058520**

(87) **WO 2020/075039 2020.04.16**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ТРИ ЭС С.Р.Л. (IT)

(72) Изобретатель:
Солдо Марко (IT)

(74) Представитель:
Махлина М.Г. (RU)

(57) Изобретение относится к кавитационному реактору (1), который может быть изготовлен из центробежного насоса. Реактор содержит статор (2) и ротор (3), имеющий по меньшей мере одну центробежную ступень (4), размещенную в камере (21) статора (2). Две стенки (41, 42) центробежной ступени (4) образуют между ними зазор (43), который разделен на секции (47), сообщающиеся с камерой (21) статора (2) в периферийной части (46) центробежной ступени (4). Стенка (41) центробежной ступени (4), которая находится рядом с входным отверстием (25) камеры (21) статора (2), закрыта в центральной части (45) центробежной ступени (4), чтобы тем самым предотвратить истечение потока жидкости из входного отверстия (25) в периферийную часть (46) центробежной ступени (4) через зазор (43).

B1

041918

041918
B1

Область техники

Изобретение относится к области кавитационных реакторов, в которых применяется кавитация для обработки жидкостей, включая, например, получение смеси жидкостей, смеси жидкостей и твердых веществ или жидкости и газов, для улучшения однородности жидкостей, вытекающих из реактора, или для уменьшения размера твердых частиц или пузырьков газа, диспергированных в жидкости. В частности, изобретение относится к кавитационному реактору, являющемуся эффективным и имеющему упрощенную конструкцию, а также к способу производства такого реактора.

Уровень техники

Кавитация возникает, когда жидкость, протекающая в канале, претерпевает значительные изменения давления, например, из-за резких изменений скорости или направления жидкости. В местах с минимальным давлением в канале равновесное давление жидкости может превышать внутреннее давление жидкости, что приводит к образованию пузырьков пара, особенно в областях, в которых жидкость подвергается воздействию высоких растягивающих сил. Когда давление жидкости снова увеличивается, например, из-за того, что жидкость выходит за пределы координаты минимального давления при входе в насос, пузырьки схлопываются, тем самым генерируя тепло и ультразвуковые гидродинамические ударные волны, которые, вероятно, приведут к значительному повреждению деталей насоса.

В этом случае кавитация оказывает разрушительное действие, поэтому насосы и гидравлические системы обычно сконструированы для предотвращения образования пузырьков, поддерживая давление жидкости всегда выше порогового значения и избегая резких изменений давления, которые подвергают жидкость напряжениям, ориентированным в области более высокого давления.

В других контекстах кавитация может контролироваться для использования ударных волн и тепла, генерируемого таким образом в обрабатываемой жидкости, без повреждения оборудования, в котором она возникает. Некоторые примеры применения управляемой кавитации включают смешивание, гомогенизацию, нагрев, пастеризацию, флотирование, эмульгирование, экстракцию, осуществление реакции и частичного или молекулярного восстановления для жидкостей, таких как смеси различных жидкостей, смеси жидкостей и твердых частиц или смеси жидкостей и газов. Во избежание повреждения оборудования кавитация должна происходить вдали от деталей оборудования, в жидкой среде.

Один из аналогов кавитатора или кавитационного реактора является устройство, раскрытое в патентном документе EP 3278868. Этот реактор содержит статор и ротор, причем последний размещен в цилиндрической полости статора. Жидкость вводится в полость, приводится в движение вращательным движением ротора, обтекает его и выводится из полости. Ротор имеет усеченную форму, а на его боковой поверхности образованы глухие отверстия, которые способствуют образованию и схлопыванию пузырьков.

Другие известные кавитационные реакторы включают цилиндрические роторы, которые также имеют глухие отверстия на боковой поверхности. Примеры таких реакторов описаны в патентных документах: US 7 354 227, US 2009184056 и DE 2016182903.

Раскрытие сущности изобретения

Целью настоящего изобретения является создание кавитационного реактора, имеющего упрощенную конструкцию, что позволяет снизить производственные затраты. Еще одной задачей изобретения является создание кавитационного реактора, обладающего высокой эффективностью.

Эти и другие задачи реализуются кавитационным реактором и способом изготовления кавитационного реактора, как раскрыто в любом из прилагаемых пунктов формулы изобретения. В частности, заявитель неожиданно установил, что известный центробежный насос с закрытым рабочим колесом может быть модифицирован при низких затратах для получения кавитационного реактора, который может быть использован с преимуществами и без причинения значительных повреждений насосу/реактору или даже без причинения ему какого-либо ущерба вообще.

Кавитационный реактор в соответствии с настоящим изобретением, как и центробежный насос, содержит статор и ротор, имеющий центробежную ступень, размещенную в камере внутри статора. Жидкость может входить и выходить из камеры через первое и второе отверстия статора. В частности, первое отверстие содержит направляющую для продольного потока жидкости, подобно входным отверстиям для жидкости в известных насосах. Центробежная ступень состоит из двух стенок, расположенных поперек направления оси вращения ротора. Зазор образован в виде паза в центробежной ступени между двумя стенками, продольно ограничен внутренними поверхностями двух стенок, обращенными друг к другу, и разделен на секции перегородками, расположенными по окружности, состоящими, например, из лопастей центробежного насоса. Зазор находится в сообщении посредством жидкости с камерой статора, внешней по отношению к центробежной ступени, в периферийной части центробежной ступени.

В известных из уровня техники центробежных насосах жидкость, как известно, течет через зазор после входа в него через отверстие, расположенное в центре одной из двух стенок, которые ограничивают зазор, в частности стенку, которая находится рядом с первым отверстием, через которое жидкость входит, а затем для выхода из зазора в периферийной части центробежной ступени. В отличие от предшествующего уровня техники согласно изобретению эта стенка закрыта в своей центральной части.

Поэтому, хотя жидкость в любом случае присутствует в зазоре, она не принудительно входит в за-

зор, чтобы течь между первым отверстием и вторым отверстием статора, но может течь, например, вокруг центробежной ступени.

Предпочтительно, перепад давления достигается между жидкостью вне зазора, которая имеет скорость потока в статоре, поскольку она вращается с помощью центробежной ступени, и жидкостью внутри зазора, которая статична по отношению к центробежной ступени, которая ее вмещает. Поэтому жидкость подвергается воздействию напряжения растяжения, которое вызывает желаемую кавитацию. Заявитель также обнаружил, что кавитация имеет тенденцию сосредотачиваться в пространстве между двумя секциями, вдали от них, где жидкость имеет меньшее трение, что позволяет избежать повреждения центробежной ступени.

В предпочтительном варианте осуществления секции зазора сообщаются друг с другом в центральной части центробежной ступени. Поэтому жидкость в этой области подвергается воздействию противоположных растягивающих сил, направленных из центробежной ступени, что дополнительно способствует возникновению кавитации вдали от предохраняемых от негативного воздействия схлопывающихся пузырьков частей реактора.

Этот реактор может быть изготовлен из подходящего центробежного насоса с использованием хорошо зарекомендовавших себя конструкций насосов, которые оптимизированы с точки зрения производственных затрат, при этом осуществляется закрытие центрального отверстия для доступа к зазору. Естественно, в результате такого изменения значительно снижается способность по перекачиванию жидкости, в результате чего основным применением становится обработка с применением кавитации.

Следует отметить, что кавитационный реактор в соответствии с настоящим изобретением может использоваться как с жидкостью, текущей по продольной направляющей первого отверстия ко второму отверстию, так и с жидкостью, текущей из второго отверстия к первому отверстию, в отличие от центробежных насосов, которые обеспечивают только односторонний поток.

Краткое описание чертежей

Дальнейшие характеристики и преимущества настоящего изобретения будут более четко раскрыты в иллюстративных материалах, не ограничивающих объем правовой охраны, кавитационный реактор отобран на прилагаемых следующих чертежах:

фиг. 1 - изображение кавитационного реактора в поперечном разрезе в соответствии с первым вариантом осуществления изобретения;

фиг. 2 - изображение кавитационного реактора в поперечном разрезе в соответствии с другим вариантом осуществления изобретения;

фиг. 3 - изображение кавитационного реактора в поперечном разрезе в соответствии с еще одним вариантом осуществления изобретения;

фиг. 4 - вид спереди кавитационного реактора, отобранного на фиг. 3, с отобраннным запорным элементом реактора.

Осуществление изобретения

Ссылаясь на сопроводительные рисунки, кавитационный реактор в соответствии с одним вариантом осуществления изобретения обычно обозначается цифрой 1. Реактор 1 содержит статор 2 и ротор 3, соединенный со статором 2 с возможностью вращения.

Статор 2 ограничивает камеру 21, которая, по крайней мере частично, содержит ротор 3. Более подробно камера 21 статора 2 ограничена передней стенкой 22, задней стенкой 23 и периферийной стенкой 24 статора 2. Передняя стенка 22 и задняя стенка 23 расположены на расстоянии друг от друга в продольном направлении X-X. Периферийная стенка 24 соединяет переднюю стенку 22 и заднюю стенку 23 и предпочтительно выполнена в виде центробежной или цилиндрической спирали.

Статор 2 имеет первое отверстие 25 и второе отверстие 26 для жидкости, которая вводится в камеру 21 и выводится из камеры 21. В частности, первое отверстие 25 может выполнять функцию входа для жидкости, а второе отверстие 26 может выполнять функцию выхода для жидкости или, наоборот, первое отверстие 25 может выполнять функцию выхода для жидкости, а второе отверстие 26 может выполнять функцию входа для жидкости.

Первое отверстие 25 имеет направляющую часть 27, форма которой обеспечивает направление потока жидкости в продольном направлении X-X. Например, в вариантах осуществления изобретения, отобранных на иллюстрациях, первое отверстие 25 образовано в передней стенке 22 статора 2. В других вариантах осуществления первое отверстие 25 может иметь в направляющей части 27 канал, не обязательно прямой, соединенный с ним и заканчивающийся внутри камеры 21.

В варианте осуществления изобретения, который отобран на иллюстрациях, второе отверстие 26 образовано в периферийной стенке 24 статора 2, чтобы позволить текучей среде течь в направлении, перпендикулярном продольному направлению X-X, например в радиальном направлении R-R, которое простирается от продольной центральной оси статора 2. Тем не менее, могут быть также предусмотрены варианты осуществления изобретения, в которых второе отверстие 26 образовано в задней стенке 23 статора 2.

Ротор 3 содержит приводной вал 31, который в основном проходит в продольном направлении X-X. Приводной вал 31 соединен со статором 2 и приспособлен для вращения относительно статора 2 вокруг

оси вращения А-А, которая проходит в продольном направлении Х-Х и предпочтительно совпадает с продольной центральной осью статора 2.

Приводной вал 31 может быть выполнен с возможностью соединения с электродвигателем (не показано на иллюстрациях) как внутри, так и снаружи камеры 21 статора 2 для обеспечения вращения ротора 3 относительно статора 2.

Ротор 3 содержит по меньшей мере одну центробежную ступень 4, закрепленную на приводном валу 31. Поэтому центробежная ступень 4 выполнена с возможностью вращения относительно статора 2 вместе с приводным валом 31 вокруг оси вращения А-А.

Как более четко описано далее, ротор 3 может содержать множество центробежных ступеней 4, закрепленных на приводном валу 31 и расположенных на расстоянии друг от друга в продольном направлении Х-Х, как в известных многоступенчатых центробежных насосах. Первоначально будут описаны особенности одной центробежной ступени 4, но следует понимать, что они применимы ко всем ступеням 4, если не указано иное. В частности, следующие особенности предпочтительно применяются, по меньшей мере, к центробежной ступени 4, которая находится ближе всего к первому отверстию 25 статора 2, т. е. ближе всего к передней стенке 22 статора 2.

Центробежная ступень 4 размещена в камере 21 статора 2 и окружена периферийной стенкой 24 статора 2. Таким образом, камера 21 статора 2 имеет трубчатую область, которая радиально окружает всю центробежную ступень 4 и расположена между центробежной ступенью 4 и периферийной стенкой 24 статора 2. Трубчатая область также окружает ось вращения А-А и предпочтительно проходит в продольном направлении от передней стенки 22 до задней стенки 23 статора 2.

Направляющая часть 27 первого отверстия 25 статора 2 обращена к центробежной ступени 4 в продольном направлении Х-Х, а, в частности, ось вращения А-А проходит через направляющую часть 27.

Центробежная ступень 4 содержит первую стенку 41 и вторую стенку 42. Первая и вторая стенки 41, 42 расположены на расстоянии друг от друга в продольном направлении Х-Х, чтобы обеспечить зазор 43 между ними.

Первая стенка 41 расположена рядом с первым отверстием 25 статора 30, а вторая стенка 42 расположена на расстоянии от первого отверстия 25. Другими словами, первая стенка 41 расположена между второй стенкой 42 и первым отверстием 25. Более подробно, каждая из первой и второй стенок 41, 42 имеет внутреннюю поверхность и внешнюю поверхность. Внутренние поверхности первой и второй стенок 41, 42 обращены друг к другу и обращены к зазору 43.

Поэтому зазор 43 представляет собой паз, образованный в центробежной ступени 4 между первой и второй стенками 41, 42. Другими словами, зазор 43 ограничен в продольном направлении Х-Х внутренними поверхностями первой и второй стенок 41, 42. Кроме того, зазор 43 распространяется в радиальном направлении до трубчатой области камеры 21.

Вместо этого внешняя поверхность первой стенки 41 лежит напротив соответствующей внутренней поверхности и обращена к первому отверстию 25 статора 2. Аналогично, внешняя поверхность второй стенки 42 лежит напротив соответствующей внутренней поверхности, но обращена в противоположную сторону от первого отверстия 25 статора 2.

Первая и вторая стенки 41, 42 расположены поперек продольного направления Х-Х, это относится к их соответствующим внутренним и внешним поверхностям. Кроме того, первая и вторая стенки 41, 42 распространяются в радиальном направлении от приводного вала 31. Например, в вариантах осуществления изобретения, отображенных на иллюстрациях, первая и вторая стенки 41, 42 являются распространяющимися в радиальном направлении стенками. Поэтому ротор 3 является радиальным ротором, подобно тем, что обычно известны для радиальных рабочих колес некоторых центробежных насосов. Другими словами, первая и вторая стенки 41, 42 могут иметь форму дисков или колец, с осью вращения А-А в центре, и они могут быть расположены перпендикулярно к продольному направлению Х-Х. Соответственно, зазор 43 в основном существенно распространяется в радиальном направлении R-R.

Первая и вторая стенки 41, 42 по необходимости имеют плоскую форму, как это схематично отображено на иллюстрациях. Поэтому в других вариантах осуществления изобретения первая и вторая стенки 41, 42 также могут иметь объемную форму, пригодную для получения конического или воронкообразного ротора 3, подобно коническим рабочим колесам известных центробежных насосов. Другими словами, в этих стенках центральная часть, расположенная в средней части 45 центробежной ступени 4, расположенной вблизи оси вращения А-А, выступает в сторону первого отверстия 25 статора 2 относительно периферийной части стенки, расположенной в периферийной части 46 центробежной ступени 4, расположенной на расстоянии от оси вращения А-А.

Центробежная ступень 4 содержит множество перегородок 44, расположенных в зазоре 43. Перегородки 44 могут иметь форму лопастей центробежного насоса и, следовательно, могут иметь прямые или изогнутые профили, тем самым обеспечивая острые или тупые углы с направлением по окружности С-С, которое проходит вокруг оси вращения А-А, ориентированной в направлении вращения ротора 3. Тем не менее, следует отметить, что управляемый кавитационный эффект может быть получен в обоих возможных направлениях вращения ротора 3 вокруг оси вращения А-А.

Каждая перегородка 44 проходит между внутренним торцом 44а, расположенным вблизи к оси

вращения А-А, и периферийным торцом 44b, расположенным на расстоянии от оси вращения А-А. Кроме того, перегородки 44 расположены по окружности на расстоянии друг от друга вокруг оси вращения А-А. Поэтому перегородки 44 разделяют зазор 43 на множество секций 47, которые распространяются между средней частью 45 центробежной ступени 4 и периферийной частью 46 центробежной ступени 4.

Перегородки 44 предназначены для вращательного перемещения жидкости в зазоре 43 при вращении приводного вала 31 относительно статора 2. Это обеспечивает перепад давления между жидкостью в зазоре 43 в средней части 45 центробежной ступени 4 и жидкостью в периферийной части 46 центробежной ступени 4. Этот перепад давления, вызванный центробежными силами при вращении, приводит к тому, что жидкость течет через секции 47 из средней части 45 в периферийную часть 46 центробежной ступени 4. Другими словами, давление в средней части 45 ниже, чем в периферийной части 46.

Зазор 43, и, в частности, секции 47, находятся в сообщении посредством жидкости с трубчатой областью камеры 21 статора 2 в периферийной части 46 центробежной ступени 4. Другими словами, свободный периферийный край первой стенки 41 расположен на расстоянии от свободного периферийного края второй стенки 42, предпочтительно в продольном направлении X-X. Поэтому жидкость в камере 21 может поступать и выходить из зазора 43 между свободными периферийными краями первой и второй стенок 41, 42.

В одном варианте изобретения первая стенка 41 закрыта в центральной части 45 центробежной ступени 4, тем самым предотвращая наличие потока жидкости между первым отверстием 25 и периферийной частью 46 центробежной ступени 4 через зазор 43, а именно через его секции 47. Более подробно, в средней части 45 предотвращается сообщение посредством жидкости между камерой 21 статора 2, находящейся вне центробежной ступени 4, и зазором 43. Кроме того, в предпочтительном варианте осуществления изобретения зазор 43 находится в сообщении посредством жидкости с остальной частью камеры 21, а именно с трубчатой областью камеры 21, только в периферийной части 46 центробежной ступени 4, между свободными периферийными краями первой и второй стенок 41, 42.

Следует отметить, что, как и в известных из уровня техники центробежных насосах, вторая стенка 42 также закрыта в центральной части 45 центробежной ступени 4, тем самым предотвращая наличие потока жидкости между вторым отверстием 26 и периферийной частью 46 центробежной ступени 4 через зазор 43.

В некоторых вариантах осуществления изобретения первая стенка 41 закрывается запорным элементом 48 центробежной ступени 4, как показано, например, на фиг. 2-4. Более подробно, первая стенка 41 центробежной ступени 4 имеет центральное отверстие 49 в средней части 45 центробежной ступени 4. Запорный элемент 48 прикреплен к первой стенке 41, предпочтительно съемным образом, чтобы закрыть центральное отверстие 49.

При отсутствии запорных элементов 48 такое центральное отверстие 49 может быть приспособлено для функционирования в качестве впуска жидкости для центробежной ступени 4, как в известных из уровня техники центробежных насосах. При использовании проходного центрального отверстия 49 жидкость поступает в камеру 21, например, через первое отверстие 25, всасывается в зазор 43 через центральное отверстие 49 из-за вышеупомянутой разницы давлений, затем жидкость поступает в зазор 43 к периферийной части 46 центробежной ступени 4 и выбрасывается из зазора 43 в трубчатую область камеры 21, чтобы достичь второго отверстия 26.

Однако запорный элемент 48 перекрывает этот проход для жидкости. В частности, жидкость не будет непрерывно течь в радиальном направлении в зазоре 43, при этом смесь жидкости будет создаваться между внутренней частью зазора 43 и трубчатой областью камеры 21, вне зазора 43, на периферийной части 46 центробежной ступени 4.

Вариант осуществления изобретения с центральным отверстием 49 может быть произведен из известного центробежного насоса (не показано), в частности из центробежного насоса с закрытым рабочим колесом (или ротором), который может обеспечить, по существу, все особенности, описанные выше, за исключением того факта, что первая стенка 41 центробежной ступени 4 закрыта в центральной части 45. Как только этот насос будет обеспечен, запорный элемент 48 должен быть просто прикреплен к первой стенке 41, чтобы закрыть его центральное отверстие 49.

В качестве альтернативы, как показано на фиг. 1, первая стенка 41 может не иметь центральных отверстий 49 и быть выполнена, например, в виде цельного диска или воронки с закрытым меньшим отверстием. Это может считаться эквивалентным созданию запорного элемента 48 из одной части с первой стенкой 41. Таким образом, этот вариант осуществления изобретения не требует внесения изменений в известный из уровня техники центробежный насос после его изготовления, но, возможно, может потребовать изменения конструкции перед изготовлением при низких затратах.

Следует отметить, что, поскольку обычные пути прохождения текучей среды в центробежных насосах закрыты, как описано выше, между первым отверстием 25 и вторым отверстием 26 камеры 21 должен быть предусмотрен альтернативный проход для потока текучей среды. Поэтому в предпочтительном варианте осуществления изобретения первая стенка 41 центробежной ступени 4 расположена на расстоянии от передней стенки 22 статора 2. Кроме того, периферийная часть 46 центробежной ступени 4 расположена на расстоянии от периферийной стенки 24 статора 2. В любом случае допускаются относи-

тельно небольшие расстояния, если они достаточны для прохождения жидкости, как описано ниже.

Это позволит жидкости течь между первым отверстием 25 и вторым отверстием 26 вокруг центробежной ступени 4 через трубчатую область. Более подробно, жидкость течет через первое отверстие 25, она течет между первой стенкой 41 центробежной ступени 4 и передней стенкой 22 статора 2, по существу в радиальном направлении R-R, затем она попадает в трубчатую область, т. е. между периферийной частью 46 центробежной ступени 4 и периферийной стенкой 24 статора 4, по существу, в продольном направлении X-X и предпочтительно с круговыми составляющими за счет вращения ротора 3, и, наконец, жидкость течет через второе отверстие 26. В качестве альтернативы поток текучей среды также пропускается в те же части кавитационного реактора 1 в направлении, противоположном вышеуказанному.

Этот путь прохождения потока жидкости схематически отображен на иллюстрациях стрелками F. Тем не менее следует понимать, что допускается также операция с ротором 3, вращающимся в направлении, противоположном направлению стрелок F.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения, как показано на фиг. 2, секции 47 зазора 43 находятся в сообщении посредством жидкости друг с другом в средней части 45 центробежной ступени 4. Другими словами, внутренние торцы 44а двух смежных перегородок 44 образуют свободный проход между ними для жидкости из одной секции 47, расположенной между двумя перегородками 44, в остальные секции 47. Предпочтительно, чтобы жидкость в зазоре 43 в средней части 45 центробежной ступени 4 подвергалась воздействию противоположных растягивающих сил, направление которых показано на иллюстрации двунаправленными стрелками T, ориентированных в сторону периферийной части 46 центробежной ступени 4, которые обеспечивают кавитацию.

В альтернативном варианте осуществления изобретения, как показано на фиг. 3, сообщение посредством жидкости между секциями 47 зазора 43 в средней части 45 центробежной ступени 4 прекращается, например, запорным элементом 48. Другими словами, запорный элемент 48 контактирует с внутренними торцами 44а перегородок 44, а более подробно запорный элемент 48 имеет форму, закрывающую пространство между внутренними торцами 44а пар смежных перегородок 44. Кавитация в любом случае обеспечивается за счет разности давлений между средней частью 45 и периферийной частью 46 центробежной ступени 4. Соответственно, жидкость подвергается однонаправленному растягивающему усилию.

Заявитель установил, что для работы кавитационного реактора 1 требуется, чтобы ротор 3 был полностью погружен в жидкость. В частности, целесообразно, чтобы обеспечивался воздух, который должен поступать из зазора 43.

Для этой цели предпочтительно, чтобы были предусмотрены регулирующие давление элементы, которые выполнены таким образом, чтобы поддерживать давление жидкости в камере 21 выше порогового значения, которое пригодно для предотвращения накопления воздуха в зазоре 43, особенно в средней части 45 центробежной ступени 4.

Однако квалифицированному специалисту в данной области техники очевидно, что давление в зазоре 43 сильно зависит от условий монтажа кавитационного реактора 1 в случае гидравлической системы, выполненной для подачи жидкости в реактор 1 для обработки и получения обработанной жидкости. Поэтому регулирование давления может осуществляться элементами гидравлической системы, которые находятся вне реактора 1, например одним или несколькими насосами или клапанами гидравлической системы, или в другом случае регулирующие давление элементы могут быть предусмотрены отдельно от реактора 1, или также могут быть не предусмотрены, в зависимости от конструктивных и эксплуатационных особенностей гидравлической системы.

Как объяснено выше, ротор 3 может содержать одну или несколько центробежных ступеней 4, закрепленных на приводном валу 31 и расположенных на расстоянии в продольном направлении X-X, как в известных из уровня техники многоступенчатых центробежных насосах. Центробежные ступени 4 могут быть размещены в одной и той же камере 21 статора 2 или в разных камерах 21 статора 2.

Это может быть предусмотрено для того, чтобы жидкость подвергалась более сильной кавитации, или по причине обеспечения кавитационного реактора 1, который также имеет функции откачки в дополнение к возможностям обеспечения кавитации. Другими словами, выполненное в конструктивном единстве устройство может быть приспособлено для одновременного выполнения задач управляемой кавитации и обычной перекачки среды.

В данном случае ротор 3 содержит центробежные ступени 4 двух типов, т. е. по меньшей мере одну первую центробежную ступень 4 для кавитации, обеспечивающую функции, описанные выше, и по меньшей мере одну вторую центробежную ступень для перекачки (не показано). Каждая вторая центробежная ступень может включать некоторые из особенностей, описанные выше, но не элементы, касающиеся закрытия первой стенки 41.

В частности, для второй центробежной ступени первая стенка 41 имеет проходное центральное отверстие 49 в средней части 45 ступени 4. Таким образом, вторая центробежная ступень выполнена для перекачки жидкости из проходного центрального отверстия 49 к ее периферийной части 46 через ее зазор 43 вдоль секций 47. Поэтому центробежные ступени перекачки отличаются от кавитационных центро-

бежных ступеней 4 тем, что они имеют проходное центральное отверстие 49 для обеспечения доступа жидкости в зазор 43 и что их первая стенка 41 не закрыта согласно их конструктивному выполнению или в случае присутствия запорного элемента 48 в центральном, перекрываемом отверстии 49.

Предпочтительно насосные центробежные ступени расположены перед кавитационными центробежными ступенями 4, чтобы обеспечить максимальное давление жидкости в кавитационных ступенях. Другими словами, первая центробежная ступень 4 расположена вблизи первого отверстия 25 статора 2, а вторая центробежная ступень расположена на расстоянии от первого отверстия 25 статора 2, т.е. первая центробежная ступень 4 расположена между второй центробежной ступенью и первым отверстием 25 статора 2.

Специалисту в данной области техники очевидно, что возможно предусмотреть ряд эквивалентных изменений в вышеуказанных описанных вариантах осуществления изобретения в соответствии с технической сущностью настоящей группы изобретений.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Кавитационный реактор (1), содержащий статор (2), ограничивающий камеру (21), причем статор (2) имеет первое и второе отверстия (25, 26) для жидкости, вводимой в камеру (21) и выводимой из нее, и

ротор (3), включающий приводной вал (31), соединенный со статором (2) и вращающийся относительно статора (2) вокруг оси вращения (А-А), которая простирается в продольном направлении (X-X), ротор (3) содержит центробежную ступень (4), закрепленную на приводном валу (31) и размещенную в рабочей камере (21) статора (2), первое отверстие (25) статора (2) включает направляющую часть (27), расположенную перед центробежной ступенью (4) в продольном направлении (X-X) и имеющую форму, чтобы обеспечить возможность продольного направления потока жидкости, при этом

центробежная ступень (4) содержит первую стенку (41) вблизи первого отверстия (25) статора (2) и вторую стенку (42), более отдаленную от первого отверстия (25) статора (2), причем первая и вторая стенки (41, 42) размещены поперек продольному направлению (X-X) и расположены на расстоянии друг от друга в продольном направлении (X-X) для образования зазора (43) между ними, причем каждая из первой и второй стенок (41, 42) имеет внутреннюю поверхность, причем внутренние поверхности первой и второй стенок (41, 42) имеют внутреннюю поверхность, при этом внутренние поверхности первой и второй стенок (41, 42) обращены друг к другу и обращены к зазору (43), а зазор (43) ограничен в продольном направлении (X-X) с помощью внутренних поверхностей первой и второй стенок (41, 42), причем зазор (43) представляет собой паз, образованный в центробежной ступени (4) между первой и второй стенками (41, 42),

центробежная ступень (4) содержит множество перегородок (44) в зазоре (43), которые расположены по окружности на расстоянии друг от друга вокруг оси вращения (А-А), перегородки (44), разделяющие зазор (43) на множество секций (47), которые проходят между средней частью (45) центробежной ступени (4), расположенной рядом с осью вращения (А-А), и периферийной частью (46) центробежной ступени (4), расположенной на расстоянии от оси вращения (А-А), причем секции (47) находятся в сообщении посредством жидкости с камерой (21) статора (2) в периферийной части (46) центробежной ступени (4),

отличающийся тем, что

первая стенка (41) закрыта в средней части (45) центробежной ступени (4), тем самым предотвращая течение жидкости между первым отверстием (25) статора (2) и периферийной частью (46) центробежной ступени (4) через секции (47) зазора (43).

2. Кавитационный реактор (1) по п.1, отличающийся тем, что камера (21) имеет трубчатую область, которая радиально окружает всю центробежную ступень (4), и зазор (43) находится в сообщении посредством жидкости с трубчатой областью камеры (21) статора (2) в периферийной части (46) центробежной ступени (4).

3. Кавитационный реактор (1) по п.1 или 2, отличающийся тем, что зазор (43) проходит в основном в радиальном направлении (R-R), распространяясь от продольной центральной оси статора (2).

4. Кавитационный реактор (1) по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что первая стенка (41) центробежной ступени (4) имеет центральное отверстие (49) в средней части (45) центробежной ступени (4), причем центробежная ступень (4) содержит запорный элемент (48), закрепленный на первой стенке (41) для закрытия центрального отверстия (49).

5. Кавитационный реактор (1) по п.4, отличающийся тем, что запорный элемент (48) имеет форму, блокирующую сообщение посредством жидкости между секциями (47) зазора (43) в средней части (45) центробежной ступени (4).

6. Кавитационный реактор (1) по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что секции (47) зазора (43) находятся в сообщении с помощью жидкости друг с другом в средней части (45) центробежной ступени (4).

7. Кавитационный реактор (1) по любому из пп.1-6, отличающийся тем, что перегородки (44) имеют

форму, вызывающую вращение жидкости в зазоре (43), когда приводной вал (31) вращается относительно статора (2), тем самым создавая перепад давления между жидкостью в зазоре (43) в средней части (45) центробежной ступени (4) и жидкостью в периферийной части (46) центробежной ступени (4).

8. Кавитационный реактор (1) по любому из пп.1-7, отличающийся тем, что камера (21) статора (2) ограничена передней стенкой (22), в которой образовано первое отверстие (25), задней стенкой (23), расположенной на расстоянии от передней стенки (22) в продольном направлении (X-X), и периферийной стенкой (24), которая соединяет переднюю стенку (22) и заднюю стенку (23) и окружает центробежную ступень (4),

первая стенка (41) центробежной ступени (4) расположена на расстоянии от передней стенки (22) статора (2), а периферийная часть (46) центробежной ступени (4) расположена на расстоянии от периферийной стенки (24) статора (2), чтобы тем самым обеспечить течение жидкости между первым отверстием (25) и вторым отверстием (26) вокруг центробежной ступени (4).

9. Кавитационный реактор (1) по любому из пп.1-8, отличающийся тем, что ротор (3) содержит множество центробежных ступеней (4), закрепленных на приводном валу (31) и расположенных на расстоянии друг от друга в продольном направлении (X-X), причем первая стенка (41) по меньшей мере одной первой центробежной ступени (4) закрыта в ее средней части (45) для предотвращения образования потока жидкости между первым отверстием (25) статора (2) и соответствующей периферийной частью (46) через секции (47) относительного зазора (43), по меньшей мере одна вторая центробежная ступень имеет проходное центральное отверстие (49) в центральной части (45), вторая центробежная ступень (4) выполнена с возможностью перекачки жидкости из проходного центрального отверстия (49) в соответствующую периферийную часть (46) через секции зазора (43).

10. Кавитационный реактор (1) по п.9, отличающийся тем, что первая центробежная ступень (4) расположена на удалении от первого отверстия (25) статора (2), а вторая центробежная ступень расположена вблизи первого отверстия (25) статора (2).

11. Кавитационный реактор (1) по любому из пп.1-10, отличающийся тем, что содержит дополнительно средства регулирования давления, которые обеспечивают возможность поддержания давления жидкости в камере (21) выше порогового значения, которое определено для предотвращения накопления воздуха в зазоре (43).

12. Способ изготовления кавитационного реактора (1) по п.4, включающий следующие этапы: наличие центробежного насоса, содержащего статор (2), ограничивающий камеру (21), причем статор (2) имеет первое и второе отверстия (25, 26) для жидкости, вводимой в камеру (21) и выводимой из камеры (21), и

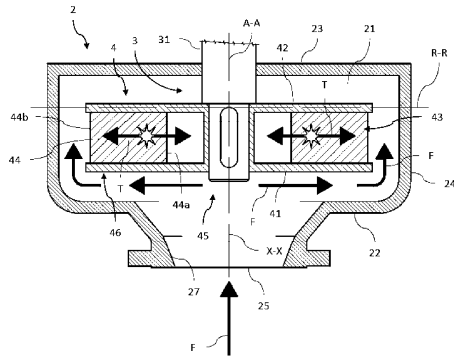
ротор (3), включающий приводной вал (31), соединенный со статором (2) и вращающийся относительно статора (2) вокруг оси вращения (A-A), которая простирается в продольном направлении (X-X), ротор (3) содержит центробежную ступень (4), закрепленную на приводном валу (31) и размещенную в рабочей камере (21) статора (2), первое отверстие (25) статора (2) включает направляющую часть (27), расположенную перед центробежной ступенью (4) в продольном направлении (X-X) и имеющую форму, чтобы обеспечить возможность продольного направления потока жидкости, при этом

центробежная ступень (4) содержит первую стенку (41) и вторую стенку (42), расположенные поперек продольного направления (X-X) и расположенные на расстоянии друг от друга в продольном направлении (X-X) для образования зазора (43) между ними, причем каждая первая и вторая стенки (41, 42) имеют внутреннюю поверхность, причем внутренние поверхности первой и второй стенок (41, 42) обращены друг к другу и обращены к зазору (43), причем зазор (43) ограничен в продольном направлении (X-X) внутренними поверхностями первой и второй стенок (41, 42), зазор (43) представляет собой паз, образованный в центробежной ступени (4) между первой и второй стенками (41, 42), причем первая стенка (41) расположена между второй стенкой (42) и первым отверстием (25) статора (2),

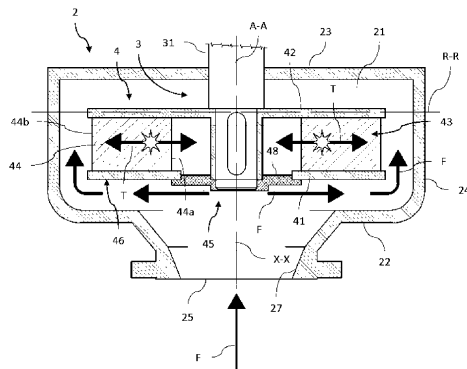
центробежная ступень (4) содержит множество перегородок (44) в зазоре (43), которые расположены по окружности на расстоянии друг от друга вокруг оси вращения (A-A), перегородки (44), разделяющие зазор (43) на множество секций (47), которые проходят между средней частью (45) центробежной ступени (4), расположенной рядом с осью вращения (A-A), и периферийной частью (46) центробежной ступени (4), расположенной на расстоянии от оси вращения (A-A), причем секции (47) находятся в сообщении посредством жидкости с камерой (21) статора (2) в периферийной части (46) центробежной ступени (4),

первая стенка (41) центробежной ступени (4) имеет центральное отверстие (49) в средней части (45) центробежной ступени (4), и

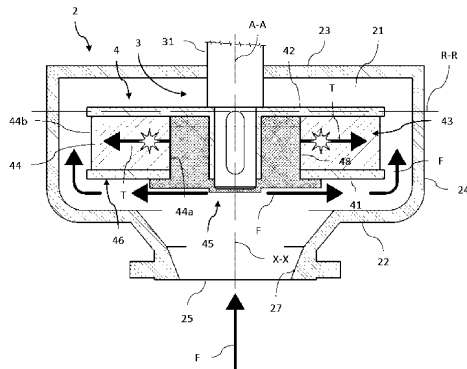
крепление запорного элемента (48) к первой стенке (41) для закрытия центрального отверстия (49).



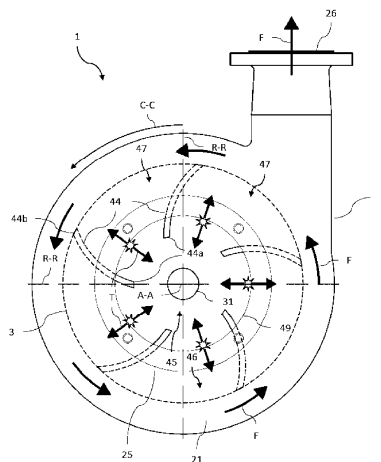
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4