

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 036854

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.12.29

(21) Номер заявки
201990611

(22) Дата подачи заявки
2017.09.02

(51) Int. Cl. B04C 5/04 (2006.01)

(54) ГИДРОЦИКЛОН

(31) 2016903532

(32) 2016.09.02

(33) AU

(43) 2019.07.31

(86) PCT/AU2017/050949

(87) WO 2018/039741 2018.03.08

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ВУЛКО С.А. (CL)

(72) Изобретатель:
Локьер Марк (AU), Свитзер Дебра
(US), Лопес Хавьер, Сепеда Эдуардо
(CL)

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

(56) US-A1-20050173335
WO-A1-2009089589
WO-A1-2010085331
US-S-D415181
US-S-D456429
US-S-D415182
US-B1-6596169
US-A-3419152
US-B1-7293657

(57) Раскрыт гидроциклон (10), в котором впускная часть (14) камеры (13) имеет искривленную внутреннюю поверхность (29) боковой стенки, в общем имеющую форму улитки (28) для придания направления материалу, принятому во время эксплуатации из подающего впускного окна, для вихревого движения. В показанном варианте осуществления улитка (28) выполнена наклонной аксиально вниз во впускной части (14) и совершает поворот на угол 270°. Коническая часть имеет центральную ось X-X и содержит две секции 32, 34, каждую в форме усеченного конуса, соединенные вместе торцом к торцу для образования в общем конической сепарационной камеры (15). Внутренний угол между внутренней поверхностью (50) стенки и линией, параллельной центральной оси X-X, в идеале имеет величину менее 8° для обеспечения конструктивного решения гидроциклона с предпочтительными эксплуатационными параметрами.

B1

036854

036854

B1

Область техники

Данное изобретение относится в общем к гидроциклонам и конкретнее, но не исключительно, к гидроциклонам, подходящим для применения в минералоперерабатывающей и химической обрабатывающей промышленности. Изобретение также связано с конструктивным решением гидроциклонов как средства оптимизации их показателей работы.

Уровень техники изобретения

Гидроциклоны применяют для сепарации взвешенного вещества, которое несет текущая жидкость, такая как минеральная суспензия, на два выпускных потока посредством создания центробежных сил в гидроциклоне, когда жидкость проходит через камеру конической формы. По существу, гидроциклоны включают в себя коническую сепарационную камеру, подающий выпуск, который обычно в общем направлен по касательной к оси сепарационной камеры и расположен на конце камеры с сечением наибольшего размера, выпуск нижнего продукта на меньшем конце камеры и выпуск верхнего продукта на большем конце камеры.

Подающий выпуск выполнен с возможностью подачи жидкости, содержащей взвешенное вещество, в сепарационную камеру гидроциклона, и устройство является таким, что тяжелое (например, с большей плотностью и крупностью) вещество проявляет тенденцию к миграции к наружной стенке камеры и к установленному центральному выпуску нижнего продукта и наружу через него. Материал, который легче (с меньшей плотностью и крупностью частиц) мигрирует к центральной оси камеры и наружу через выпуск верхнего продукта. Гидроциклоны можно применять для сепарации по размеру или по плотности взвешенных твердых частиц. Обычные примеры включают в себя функции разделение твердых частиц на фракции в вариантах применения для горных разработок и промышленности.

Для обеспечения эффективной работы гидроциклонов важными являются внутренняя геометрическая конфигурация большего конца камеры, куда входит загружаемый материал, и конической сепарационной камеры. При нормальной эксплуатации такие гидроциклоны создают центральный воздушный столб, что является обычным для большинства конструктивных решений промышленных гидроциклонов. Воздушный столб устанавливается, как только текущая среда на оси гидроциклона достигает давления ниже атмосферного. Данный воздушный столб проходит от выпуска нижнего продукта до выпуска верхнего продукта и просто соединяет воздух непосредственно снизу гидроциклона с воздухом сверху. Устойчивость и площадь сечения воздушного сердечника является важным фактором, влияющим на условия выпуска нижнего и верхнего продукта, для поддержания нормальной работы гидроциклона.

Во время нормальной "устойчивой" эксплуатации суспензия входит через верхний выпуск сепарационной камеры гидроциклона в виде перевернутой конической камеры, чтобы стать чисто сепарированной. Вместе с тем устойчивость гидроциклона во время такой операции может быть полностью нарушена, например, вследствие разрушения воздушного сердечника от избыточного питания гидроциклона, приводящего к неэффективному процессу сепарации, при котором либо лишние мелкие частицы выходят через нижний выпуск или более крупные частицы выходят через верхний выпуск.

Другая форма неустойчивой эксплуатации известна как "сепарация пыли", где скорость твердых частиц, выпускаемых через нижний выпуск, увеличивается до точки, где поток ослаблен. Если меры по устранению неисправности не приняты вовремя, накопление твердых частиц, проходящих через выпуск, должно нарастать в сепарационной камере, внутренний воздушный сердечник должен разрушаться и нижний выпуск должен выпускать поток крупных твердых частиц с пылью.

Условия неустойчивой эксплуатации могут иметь серьезное отрицательное воздействие на процессы ниже по потоку, часто требуется дополнительная обработка (которая, естественно, может значительно снижать рентабельность) и также приводят к ускоренному износу оборудования. Оптимизация конструктивного решения гидроциклона является желательной для придания гидроциклону способности справляться с изменениями композиции и вязкости суспензии на входе, изменениями расхода текущей среды, входящей в гидроциклон, и другими нарушениями устойчивой эксплуатации.

Сущность изобретения

Раскрыты варианты осуществления гидроциклона, включающего в себя подающую камеру, имеющую внутреннюю боковую стенку, верхнюю стенку, расположенную на при эксплуатации верхнем конце внутренней боковой стенки, открытый конец, расположенный при эксплуатации на нижнем конце внутренней боковой стенки и противоположный верхней стенке, причем открытый конец имеет круглое сечение и центральную ось X-X, выпуск верхнего продукта, расположенный на верхней стенке, и выпускное окно для подачи материала, подлежащего сепарации, в подающую камеру;

зону подающего впуска, расположенную на внутренней боковой стенке подающей камеры, причем зона подающего впуска образована в общем в форме улитки, где расстояние от внутренней боковой стенки до центральной оси X-X уменьшается по ходу улитки вокруг внутренней боковой стенки в направлении от выпускного окна; и улитка образует угол больше 270°;

в общем коническую сепарационную камеру, которая проходит от первого конца в зоне относительно большой площади сечения, расположенной смежно с открытым концом подающей камеры, до второго конца относительно меньшей площади сечения;

разгрузочный патрубок, который проходит от второго конца конической сепарационной камеры, в эксплуатации обеспечивающий выпуск для материала, выходящего из гидроциклона; и при этом внутренний угол между внутренней стенкой конической сепарационной камеры и линией, параллельной центральной оси X-X, имеет величину меньше 8° .

Установлено, что данная физическая конфигурация поддерживает устойчивый выпускной поток циклона, минимизирует любое обратное давление на системный процесс циклона, максимизирует площадь сечения центрального аксиального воздушного сердечника, генерируемого в циклоне, максимизирует выход продукта по показателю, например, производительности в т/ч и поддерживает физические параметры процесса сепарации на устойчивом уровне.

Изобретатели предполагают, что поток текучей среды, генерируемый благодаря применению комбинации внутренней боковой стенкой подающей камеры в форме улитки, проходящей по меньшей мере три четверти окружности периметра, и прохождения потока в плавно сужающуюся коническую сепарационную камеру, может обеспечивать данные эксплуатационные преимущества.

В некоторых вариантах осуществления улитка образует угол около 360° .

В некоторых вариантах осуществления внутренний угол между внутренней стенкой конической сепарационной камеры и линией, параллельной центральной оси X-X, имеет величину от 4 до 6° . В одном предпочтительном варианте осуществления угол имеет величину около 5° .

В некоторых вариантах осуществления в общем коническая сепарационная камера содержит две секции, каждую в форме усеченного конуса, соединенные вместе торцом к торцу.

В некоторых вариантах осуществления гидроциклон включает в себя камеру управления выпуска верхнего продукта, расположенную на верхней стенке подающей камеры, и сообщается по текучей среде с ней через выпуск верхнего продукта.

Другие аспекты, признаки и преимущества должны стать понятными из следующего подробного описания в соединении с прилагаемыми чертежами, которые являются частью данного раскрытия и которые иллюстрируют в виде примера принципы раскрытых изобретений.

Описание фигур

Прилагаемые чертежи содействуют пониманию различных вариантов осуществления, описанных ниже.

На фиг. 1 схематично показано сечение (по линии A-A) гидроциклона первого варианта осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 2 схематично показан в изометрии гидроциклон фиг. 1.

На фиг. 3a схематично показана в изометрии нижняя часть подающей камеры гидроциклона фиг. 1.

На фиг. 3b показан вид снизу нижней части подающей камеры фиг. 3a.

На фиг. 3c показан вид сверху нижней части подающей камеры фиг. 3a по линии Y-Y, ортогональной центральной оси X-X.

На фиг. 4 дополнительно схематично показан в изометрии фрагмент нижней части подающей камеры гидроциклона фиг. 1.

На фиг. 5 схематично показан в изометрии фрагмент нижней части подающей камеры гидроциклона фиг. 1.

Подробное описание

Данное изобретение относится к элементам конструктивного решения гидроциклона такого типа, который облегчает сепарацию жидкой или полужидкой смеси материала на две фазы, представляющие интерес.

Гидроциклон имеет конструктивное решение, которое обеспечивает устойчивую эксплуатацию с максимизацией пропускной способности и удовлетворительными физическими параметрами процесса сепарации.

Гидроциклон при эксплуатации нормально ориентирован так, что его центральная ось X-X занимает вертикальное или близкое к вертикальному положение. На фиг. 1 схематично показано сечение гидроциклона 10, содержащего основной корпус 12 с камерой 13, образованной в нем. Камера 13 содержит впускную (или подающую) часть 14 и коническую сепарационную часть 15. Гидроциклон дополнительно включает в себя цилиндрическое подающее впускное окно 17 круглого сечения для подачи при эксплуатации несущей частицы смеси в виде суспензии частиц во впускную часть 14 камеры 13.

Выпуск 18 верхнего продукта (ниже в данном документе "верхний выпуск") расположен по центру в плоской, дискообразной верхней (расположенной сверху) стенке 20 камеры 13, выпуск 18 верхнего продукта применяется для выпуска первой из фаз. Обычно данный выпуск 18 верхнего продукта выполнен в виде короткого отрезка цилиндрической трубы и известен как сливная насадка 27, которая выступает наружу от верхней стенки 20 и также проходит от верхней стенки 20 внутрь камеры 13.

Выпуск 22 нижнего продукта (ниже в данном документе "нижний выпуск") расположен по центру на другом конце камеры 13 (то есть на вершине конической сепарационной части 15), удаленной от впускной части 14, при эксплуатации для выпуска второй из фаз. Выпуск 22 нижнего продукта, показанный на чертежах, является открытым концом конической сепарационной части 15. В гидроциклоне 10 при

эксплуатации материал, проходящий через выпуск 22 нижнего продукта, проходит в дополнительную часть в виде отрезка цилиндрической трубы, известную как разгрузочный патрубок 55, сам имеющий отверстие впуска 52 одинакового диаметра и совпадающее сечение с нижним сливным выпуском 22. Разгрузочный патрубок 55 имеет сужающуюся внутреннюю облицовку 60 внутренней поверхности сужающейся формы, отличающейся от облицовки внутренней поверхности 50 стенки конической сепарационной части 15, что описано ниже.

Гидроциклон 10 выполнен с возможностью генерирования при эксплуатации внутреннего воздушного сердечника, вокруг которого циркулирует суспензия. Во время устойчивой эксплуатации гидроциклон 10 работает так, что более легкая твердая фаза суспензии выпускается через самый верхний выпуск 18 верхнего продукта и более тяжелая твердая фаза выпускается через нижний выпуск 22 нижнего продукта и затем через разгрузочный патрубок 55. Генерируемый внутри воздушный сердечник проходит по длине основного корпуса 12.

Гидроциклон 10, если необходимо, дополнительно включает в себя камеру 21 регулирования выпуска верхнего продукта, расположенную смежно с впускной частью 14 камеры 13 гидроциклона 10, и сообщается по текучей среде с сливную насадку 27. Камера 21 регулирования выпуска верхнего продукта включает в себя направленный по касательной выпуск 24 и центрально расположенную стабилизирующую воздушный сердечник диафрагму 25, удаленную от выпуска 18 верхнего продукта. Стабилизирующая диафрагма 25, сливная насадка 27 и выпуск 18 верхнего продукта в общем выставлены соосно по центральной оси X-X гидроциклона 10.

Камера 21 регулирования выпуска верхнего продукта имеет криволинейную внутреннюю поверхность боковой стенки (не показано), имеющую в общем форму улитки, для направления материала, принимаемого при эксплуатации из камеры 13, к выпуску 24. Данная форма улитки может проходить вокруг внутренней поверхности управляющей выпуском камеры 21 с поворотом на угол до 360° .

Впускная часть 14 камеры 13 гидроциклона 10 имеет криволинейную внутреннюю поверхность боковой стенки 29 в общем в форме улитки 28 для направления материала, принимаемого при эксплуатации из подающего впускного окна 17 после кругового движения во впускной части 14 (так называемой зоне подающего впуска). Загружаемый материал, принимаемый через подающее впускное окно 17, в общем проходит тангенциально к внутренней поверхности боковой стенки 29. В показанном варианте осуществления улитка 28 выполнена с наклоном аксиально вниз во впускной части 14 в направлении к конической сепарационной части 15 и совершает поворот на угол 360° . Как показано на фиг. 3С и фиг. 5, расстояние от внутренней поверхности 29 образующей форму улитки боковой стенки до центральной оси X-X впускной части 14 камеры 13 гидроциклона уменьшается при круговом движении по внутренней поверхности 29 боковой стенки в направлении от подающего впускного окна 17.

В некоторых других вариантах осуществления аналогичная внутренняя поверхность боковой стенки в форме улитки может быть выполнена с наклоном аксиально вниз проходящей по окружности внутренней поверхности впускной части 14 с образованием других углов в диапазоне от больше 270° до меньше 360° каждой, выполненной с возможностью при эксплуатации кругового перемещения загружаемого материала из твердых частиц и жидкости во впускной части 14.

Как показано на фиг. 3А, 3В, 4 и 5, впускная часть 14 камеры 13 гидроциклона 10 имеет самую нижнюю зону 30 с отверстием на конце, расположенную на конце внутренней поверхности 29 боковой стенки в форме улитки, и которая имеет круглое сечение. Данная зона 30 с отверстием на конце расположена на конце впускной части 14 противоположном ее верхней стенке 20. При эксплуатации материал проходит от улитки 28 во впускной части 14 наружу через зону 30 с отверстием на конце впускной части 14 и сразу в коническую сепарационную часть 15 гидроциклона 10. Круглая, самая нижняя зона 30 с отверстием на конце также имеет центральную ось X-X и является в общем соосной с вышеупомянутой сливной насадкой 27 и выпуском 18 верхнего продукта по центральной оси X-X гидроциклона 10.

Коническая сепарационная камера 15 гидроциклона 10 содержит две секции 32, 34, каждую в форме усеченного конуса, и соединенные вместе торец к торцу гайками 36 и болтами 38, расположенными на стыкующихся периферических фланцах 40, 42, выполненных на соответствующих концах двух секций 32, 34 в форме усеченного конуса. Две секции 32, 34 в форме усеченного конуса имеют одинаковую форму, но секция 32 больше секции 34, так что внутренний диаметр 44 самого узкого конца самой большой секции 32 является одинаковым с внутренним диаметром 46 самого большого конца меньшей секции 34. Также внутренний диаметр 48 самого большого конца самой большой секции 32 является одинаковым с диаметром самой нижней зоны 30 с отверстием на конце впускной части 14.

Соединение двух секций 32, 34 в форме усеченного конуса торцами образует в общем коническую сепарационную камеру 15 с центральной осью X-X, соединенную при эксплуатации со смежным открытым концом 30 смежной подающей камеры 14 для образования основного корпуса гидроциклона 10. Когда секции 32, 34 в форме усеченного конуса соединены вместе, внутренний угол А между внутренней поверхностью 50 стенки образованной таким образом конической сепарационной камеры 15 и линией параллельной центральной оси X-X составляет около 5° в предпочтительной форме, показанной на фиг. 1. Также установлено, что угол А с величиной между 4° и 6° также обеспечивает конструктивное решение

гидроциклона с предпочтительными эксплуатационными параметрами.

В других вариантах осуществления в объеме настоящего изобретения внутренний угол A между внутренней поверхностью 50 стенки конической сепарационной камеры 15 и линией параллельной центральной оси X-X может иметь величину меньше 8° , также давая конструктивное решение гидроциклона с предпочтительными эксплуатационными параметрами.

Завершающей частью гидроциклона 10 является концевая секция, известная как разгрузочный патрубок 55, который имеет круглое сечение и который имеет впускное отверстие 52, соединенное при эксплуатации с круглым выпуском 22 нижнего продукта 22 с отверстием на конце меньшей секции 34 в форме усеченного конуса сепарационной камеры 15. Разгрузочный патрубок 55 также имеет центральную ось X-X и является в общем соосным с вышеупомянутой сепарационной камерой 15 гидроциклона 10. Разгрузочный патрубок 55 соединен торец к торцу с секцией 34 в форме усеченного конуса соединительной муфтой 56, расположенной на стыкующихся периферических фланцах, причем один фланец выполнен на верхнем конце разгрузочного патрубка 55 и другой фланец является смежным с самой нижней зоной 22 с отверстием на конце секции 34 в форме усеченного конуса. Поскольку разгрузочный патрубок 55 обеспечивает выпуск для материала, выходящего из гидроциклона, он может подвергаться значительному эрозионному износу и обычно снабжен более существенным внутренним покрытием из износостойкого материала, например керамическим лейнером 60 отличающейся от секций конической сепарационной камеры 15 формы.

Результаты экспериментов

Результаты экспериментов получены изобретателями с применением оборудования новой конфигурации, раскрытого в данном документе, для оценки положительных результатов в металлургии при эксплуатации нового гидроциклона в сравнении с базовым вариантом (без новой конфигурации).

В табл. 1-1 показаны результаты различных экспериментов, в которых результаты гидроциклона новой конфигурации сравнивали с обычным гидроциклоном.

Таблица 1-1

Испытание	α	$\alpha\%$	d50c	d50c%	Bpw	Bpw%	Bpf	Bpf%
Форма базовой конфигурации	4.29		70.94		10.39		9.38	
Новая форма	5.85	§ 36.40	69.71	~ -1.74	5.31	§ -48.90	5.49	§ -41.46

Параметры, которые вычисляли, включали изменение процентного содержания (%) в количестве байпаса воды (WBr); и изменение процентного содержания (%) в количестве мелких частиц (Bpf) которые обходят этап разделения на фракции. В ненормально эксплуатируемом гидроциклоне некоторая часть воды и мелких частиц ненадлежащим образом уносятся в выпускном потоке крупных частиц (чрезмерной крупности) нижнего продукта циклона вместо попадания в поток мелких частиц верхнего продукта, как должно происходить во время оптимальной работы циклона. Параметры WBr и Bpf обеспечивают измерение указанного.

Также наблюдали изменение процентного содержания (%) частиц среднего размера (d50) в потоке верхнего продукта от этапа разделения на фракции как меру того, больше или меньше мелких частиц попадают в поток верхнего продукта с мелкими частицами. Частицы данного частного размера d50 при подаче в оборудование имеют одинаковую вероятность попадания как в нижний продукт, так и в верхний продукт.

Также наблюдали квантификацию коэффициента полезного действия разделения на фракции гидроциклона, в сравнении с вычисленной "идеальной классификацией". Данный параметр альфа (α) представляет остроту разделения на фракции. Это расчетное значение, впервые разработанное Lynch и Rao (University of Queensland, JK Minerals Research Centre, JKSimMet Manual). Распределение частиц по крупности в потоке поступающего материала квантифицируют в различные диапазоны крупности и измеряют процент в каждом диапазоне, который относится к выпускному потоку нижнего продукта (чрезмерной крупности). Затем строится график процентного содержания в каждом диапазоне, который показывает нижний продукт (по оси ординат, или оси Y) как функцию диапазона размера частиц от наименьшего до наибольшего (по оси абсцисс, или оси X). Наименьшие частицы показывают самое низкое процентное содержание по отношению к чрезмерной крупности. В точке d50 оси Y наклон результирующей кривой дает параметр альфа (α). Это сравнительное число, которое можно применять для сравнения классификаторов. Чем выше величина параметра альфа, тем лучше КПД сепарации.

При сравнении применения регулятора выпуска верхнего продукта, имеющего внутреннюю камеру согласно настоящему изобретению, с гидроциклоном, который не имеет камеры регулирования выпуска верхнего продукта, данные в табл. 1-1 показывают:

48,9% уменьшение количества байпаса воды (WBr) разделения на фракции гидроциклона посредством прекращения в потоке нижнего продукта;

41,5% уменьшение количества мелких частиц (Bpf), которые обошли этап разделения на фракции, благодаря прекращению в потоке нижнего продукта;

небольшое (1,7%) уменьшение содержания частиц среднего размера (d_{50}) в потоке верхнего продукта от этапа разделения на фракции; и

36,4% улучшение в параметре α КПД сепарации.

Вкратце, имели место значительные улучшения в байпасе воды (WBp) и в количестве мелких частиц (Brf) байпаса на этапе разделения на фракции благодаря прекращению в потоке нижнего продукта, с применением гидроциклона настоящего изобретения, кроме того имело место значительное улучшение в параметре α КПД сепарации. Все данные измеренные улучшения были неожиданно значительными и непрогнозируемыми.

В некоторой дополнительной испытательной работе выполненной на обогатительной фабрике, заказчик пожелал уменьшения в крупности частиц P80 (размер, 80% материала меньше которого). Другими словами, заказчик пожелал получать суспензию с более тонким распределением по крупности частиц, для которой затем прогнозировали улучшенные показатели сепарации ниже по потоку. Разработка оборудования гидроциклона, способного к достижению данной крупности, включает изменение угла внутреннего пространства конуса от начального конструктивного решения полного образуемого угла на базе циклона в 18° (который является эквивалентным углу в 9° между внутренней поверхностью стенки конуса и центральной осью X-X) для применения полного образуемого угла на базе циклона в 13° (который является эквивалентным углу в $6,5^\circ$ между внутренней поверхностью стенки конуса и центральной осью X-X), который был теперь предложен с величиной меньше 8° .

Данные, измеренные при эксплуатационных испытаниях, касаются распределения по крупности или "содержанию" частиц, которое достигнуто с помощью оборудования данной новой конфигурации.

меш	микрон	угол конуса	к вертикали
6,5	9		
8	2378	100,00	100,00
12	1681	100,00	100,00
16	1189	100,00	100,00
20	840	99,99	99,98
30	594	99,85	99,76
40	420	99,01	98,59
50	296	96,15	95,03
70	210	90,07	88,12
100	148	80,37	77,72
140	105	68,49	65,53
200	74	55,69	52,80
270	52	43,56	40,99
400	37	33,44	31,29
P80	164,00	185,00	

Фактически гидроциклон новой конфигурации способен дать заметное уменьшение в крупности частиц, уменьшив P80 с 185 до 164 мкм. Только небольшое уменьшение конусного угла с 9 до $6,5^\circ$ в комбинации с другими признаками гидроциклона дало результат, который означает, что возможна подача более мелкого рудного материала для более эффективной переработки ниже по потоку (такой как флотация минерала), и возможна подача продуктов чрезмерной крупности обратно для повторного размалывания для высвобождения дополнительных ценных минералов и, таким образом, для улучшения в целом доходности обогатительной фабрики.

Изобретатели обнаружили, что применение описанных выше вариантов осуществления сепарационного устройства гидроциклона может реализовать оптимальные условия эксплуатации, не зависящие от гидродинамики суспензии, и установили, что данная физическая конфигурация

обеспечивает устойчивый выпускной поток циклона,

минимизирует любое обратное давление на системный процесс циклона,

максимизирует площадь сечения центрального аксиального воздушного сердечника, генерируемого в циклоне,

максимизирует выход продукта по показателю, например, производительности в т/ч,

поддерживает физические параметры процесса сепарации на устойчивом уровне.

Изобретатели предполагают, что поток текучей среды, генерируемый благодаря применению комбинации внутренней боковой стенкой подающей камеры в форме улитки, проходящей по меньшей мере от трех четвертей до полной окружности периметра и относительно плавно сужающейся конической сепарационной камеры, в которую следом сразу проходит поток текучей среды, обеспечивает данные экс-

платационные преимущества, предлагая путь текучей среды, минимизирующий турбулентность в потоке.

Основной эффект в целом на работу обогащательной фабрики связан с увеличенным извлечением в следующей схеме флотации и уменьшением нагрузки в рециркуляции, таким образом, обеспечивается увеличенная мощность для переработки сырья. Изобретатели считают, что увеличение мощности переработки может составлять больше 20% в результате данного изменения геометрии гидроциклона.

В приведенном выше описании некоторых вариантов осуществления для ясности применена специфическая терминология. Вместе с тем, раскрытие не ограничено специфическими выбранными терминами, и понятно, что каждый специфический термин включает в себя другие технические эквиваленты, которые работают аналогично, выполняя одинаковую техническую задачу. Такие термины как "верхний" и "нижний", "выше" и "ниже" и т.п. применяются как удобные слова для обеспечения ориентации, и их не следует толковать как ограничивающие термины.

В данной спецификации слово "содержащий" следует понимать в его "открытом" смысле, то есть в смысле "включающий в себя", и, таким образом, не ограниченным его "закрытым" смыслом, то есть в смысле "состоящий только из". Соответствующее значение следует относить к соответствующим словам "содержат", "состоящий из" и "содержит", где они появляются.

Приведенное выше описание представлено связанным с несколькими вариантами осуществления, которые могут иметь общие характеристики и признаки. Понятно, что один или несколько признаков любого варианта осуществления можно комбинировать с одним или несколькими признаками других вариантов осуществления. В дополнение любой один признак или комбинация признаков в любом из вариантов осуществления могут составлять дополнительные варианты осуществления.

В дополнение, выше описаны только некоторые варианты осуществления изобретений, и замены, модификации, дополнения и/или изменения могут быть выполнены в них без отхода от объема и сущности раскрытых вариантов осуществления, причем варианты осуществления являются иллюстративными и не ограничительными. Например, коническая часть гидроциклона может быть составлена из больше чем двух секций в форме усеченного конуса, соединенных торцом к торцу. Средство, которым такие секции в форме усеченного конуса соединены друг с другом могут являться не только болтами и гайками, установленными на кромках концевых фланцев, но крепежными средствами других типов, такими как наружные фиксаторы некоторых типов. Материалы конструкции частей корпуса гидроциклона, которые обычно выполняют из твердого пластика или металла, могут также являться другими материалами, такими как керамика. Материал внутренней облицовки частей гидроциклона может быть резиной, или другим эластомером, или керамикой, формируемой в требуемой геометрии внутренней формы подающей камеры 14 или конической сепарационной камеры 15, описанной в данном документе.

Кроме того, изобретения описаны в соединении со считающимися в настоящее время наиболее практичными и предпочтительными вариантами осуществления, понятно, что изобретение не ограничено раскрытыми вариантами осуществления, но охватывает различные модификации и эквивалентные устройства в составе сущности и объема изобретений. Также различные варианты осуществления, описанные выше, можно реализовать в соединении с другими вариантами осуществления, например аспекты одного варианта осуществления можно комбинировать с аспектами другого варианта осуществления для реализации других вариантов осуществления. Дополнительно каждый независимый признак или компонент любого данного узла может составлять дополнительный вариант осуществления.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Гидроциклон (10), включающий в себя подающую камеру (13), которая имеет внутреннюю боковую стенку (29), верхнюю стенку (20), расположенную на верхнем при эксплуатации конце внутренней боковой стенки (29), открытый конец (30), расположенный на нижнем при эксплуатации конце внутренней боковой стенки и противоположный верхней стенке, причем открытый конец имеет круглое сечение и центральную ось X-X, выпуск (18) верхнего продукта, расположенный на верхней стенке, и впускное отверстие (14) для подачи материала, подлежащего сепарации, в подающую камеру; зону подающего впуска, расположенную на внутренней боковой стенке подающей камеры, причем зона подающего впуска образована в общем в форме улитки (28), при этом расстояние от внутренней боковой стенки до центральной оси X-X уменьшается по ходу улитки вокруг внутренней боковой стенки в направлении от впускного отверстия; и улитка образует угол больше 270°; в общем коническую сепарационную камеру (15), которая проходит от первого конца в зоне относительно большой площади сечения (48), расположенной смежно с открытым концом подающей камеры, до второго конца относительно меньшей площади сечения (52); разгрузочный патрубок (55), который проходит от второго конца конической сепарационной каме-

ры (15) и который при эксплуатации обеспечивает выпуск для материала, выходящего из гидроциклона; при этом внутренний угол (A) между внутренней стенкой конической сепарационной камеры и линией, параллельной центральной оси X-X, имеет величину меньше 8° .

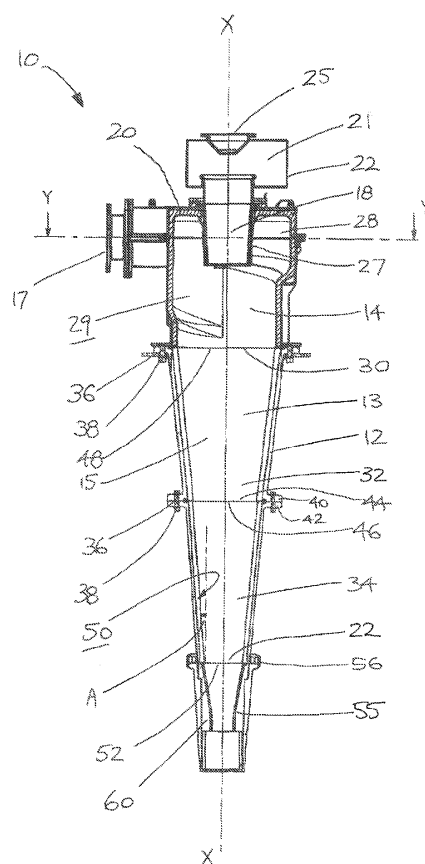
2. Гидроциклон (10) по п.1, в котором улитка (28) образует угол около 360° .

3. Гидроциклон (10) по п.1, в котором внутренний угол (A) между внутренней стенкой конической сепарационной камеры и линией, параллельной центральной оси X-X, имеет величину от 4 до 6° .

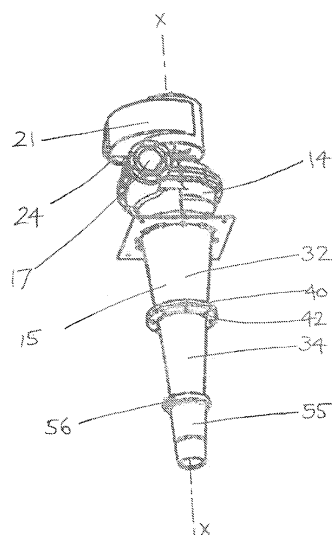
4. Гидроциклон (10) по п.1, в котором внутренний угол (A) между внутренней стенкой конической сепарационной камеры и линией, параллельной центральной оси X-X, имеет величину около 5° .

5. Гидроциклон (10) по любому из предшествующих пунктов, в котором в общем коническая сепарационная камера (15) содержит две секции (32, 34), каждую в форме усеченного конуса и соединенные вместе торцом к торцу.

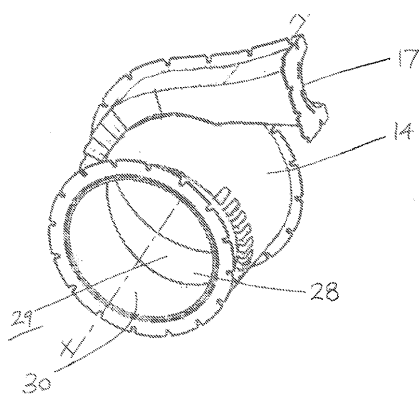
6. Гидроциклон (10) по любому из предшествующих пунктов, включающий в себя камеру (21) регулирования выпуска верхнего продукта, расположенную на верхней стенке подающей камеры и сообщающуюся по текучей среде с ней через выпуск верхнего продукта.



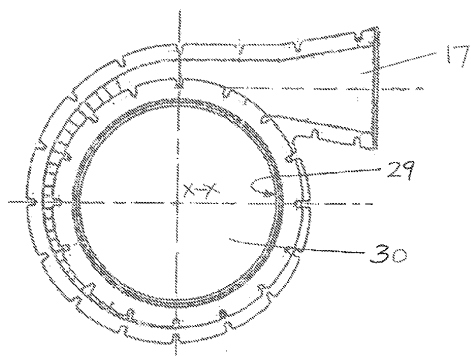
Фиг. 1



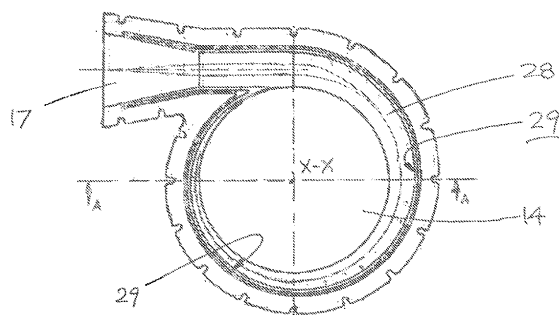
Фиг. 2



Фиг. 3А



Фиг. 3В



Фиг. 3С

