

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **035659**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2020.07.23**

(51) Int. Cl. **B04C 11/00** (2006.01)  
**B01D 21/26** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201890989**

(22) Дата подачи заявки  
**2011.04.19**

---

(54) **СИСТЕМА КОНТРОЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГИДРОЦИКЛОНА**

---

(31) **0403-2010; 2010903282**

(32) **2010.04.23; 2010.07.22**

(33) **CL; AU**

(43) **2018.09.28**

(62) **201291101; 2011.04.19**

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

(72) Изобретатель:  
**Кастро Эдуардо Франсиско Оливарес  
(CL)**

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

(56) WO-A1-2005002748  
US-A-5248442  
WO-A1-2001003840  
US-A1-20030173271  
WO-A1-1991000387  
WO-A1-1998037307  
SU-B-912294  
DE-19508430  
JP-A-2002066600  
RU-C2-2179482

(57) Предложен способ эксплуатации гидроциклона, включающего разделительную камеру, использование которой предназначено для создания внутреннего воздушного сердечника, воздействующего на процесс разделения материалов, который включает одновременное измерение вибрационного параметра разделительной камеры и параметра устойчивости внутреннего воздушного сердечника в процессе эксплуатации гидроциклона. Результаты измерений сравнивают с заданными соответствующими параметрами, которые являются показателями устойчивой эксплуатации гидроциклона, и эксплуатационный параметр гидроциклона регулируют в зависимости от сравнения.

**B1**

**035659**

**035659**

**B1**

### **Область техники, к которой относится изобретение**

Настоящее изобретение относится к системе контроля устойчивости гидроциклонов и конкретно, но не исключительно, гидроциклонов, подходящих для использования в горной промышленности и химической технологии.

### **Уровень техники**

Гидроциклоны обычно используют для разделения суспендированного материала, переносимого в жидкости, на два выходящих потока или "фазы" различной плотности. Например, в горной промышленности гидроциклоны обычно используют для разделения твердых материалов, которые находятся в суспензии, на более тяжелую ("крупнозернистую") твердую фазу и легкую ("мелкозернистую") твердую фазу для целей сортировки.

Во время нормальной "устойчивой" эксплуатации суспензия поступает через верхний выпуск разделительной камеры гидроциклона, имеющий форму перевернутого конуса, причем более тяжелая твердая фаза выходит через нижний выпуск, а легкая твердая фаза выходит через верхний выпуск. Однако устойчивость гидроциклона во время такой эксплуатации может легко нарушаться, приводя к неэффективному процессу разделения, в результате чего избыток мелких частиц выходит через нижний выпуск или более крупные частицы выходят через верхний выпуск.

Одна форма неустойчивой эксплуатации известна под названием "сепарация пыли на поворотах", в которой скорость выхода твердых частиц через нижний выпуск увеличивается в точке, где поток нарушается. Если не принимать своевременно меры по исправлению этой ситуации, накопление твердых частиц в выпуске приведет к отложениям в разделительной камере, внутренний воздушный сердечник исчезнет и через нижний выпуск будет выходить грубый канатообразный поток крупных твердых частиц. Сепарация пыли на поворотах может также приводить к тому, что существенная часть более тяжелой фазы будет выходить через верхний выпуск. Сепарация пыли на поворотах может быть вызвана рядом различных условий эксплуатации, некоторые из них включают, помимо прочего, изменения состава и вязкости суспензии, а также увеличение скорости подачи суспензии.

Еще одна форма неустойчивой эксплуатации заключается в том, что пропорция мелкодисперсного материала, неправильно выходящего через нижний выпуск, прогрессивно увеличивается до неприемлемого уровня. Эта форма неустойчивой эксплуатации может возникать, например, в результате изменений состава и вязкости поступающей суспензии, уменьшения скорости подачи суспензии и т.д.

Оба описанных выше состояния неустойчивой эксплуатации могут производить серьезные воздействия на последующие процессы, часто требуя дополнительной обработки (что, согласно оценкам, может значительно влиять на прибыль), а также приводить к ускоренному износу оборудования.

Предложены разнообразные способы определения и исправления неустойчивой эксплуатации гидроциклона. В большинстве из этих способов использованы преимущества отличительных характеристик устойчивой эксплуатации гидроциклона, которые заключаются в том, что более тяжелая твердая фаза во время устойчивой эксплуатации будет иметь постоянную зонтичную форму струи при выходе из отверстия нижнего выпуска гидроциклона.

Один такой способ представлен в патенте США № 5132024, который описывает датчик, установленный на внутренней стенке нижнего выпуска гидроциклона и предназначенный для контакта с выходящим потоком во время нормальной эксплуатации. Система выдает предупреждение, когда датчик оказывается неспособным определять поток (который служит показателем сепарации пыли на поворотах).

Однако следует отметить, что этот способ пригоден для обнаружения сепарации пыли на поворотах только после того, как она уже произошла, что может не предоставлять операторам достаточного времени для исправления ситуации. Кроме того, датчик склонен к ускоренному износу вследствие своего непосредственного контакта с выходящей крупнозернистой суспензией. Еще один недостаток заключается в том, что этот датчик не способен обнаруживать другой вид неустойчивой эксплуатации, который упоминается выше и включает обходное движение мелкодисперсных частиц через нижний выпуск.

Еще один способ представлен в патенте США № 6983850, который описывает вибрационный датчик, установленный на внешней стенке нижнего выпуска гидроциклона и предназначенный для обнаружения вибрационных изменений на стенке, что может служить показателем сепарации пыли на поворотах. Хотя вибрационный датчик, описанный в патенте США № 6983850, не подвергается износу и может быть способным определять сепарацию пыли на поворотах раньше, чем, например, датчик, описанный в патенте США № 5132024, он также имеет ряд недостатков. Например, этот вибрационный датчик предназначен только для измерения существенных изменений геометрии нижнего выпуска, которые происходят после начала сепарации пыли на поворотах. Кроме того, показания вибрационного датчика могут искажаться помехами от окружающего оборудования. Этот вибрационный датчик также не способен обнаруживать обходной поток мелкодисперсных частиц через нижний выпуск.

### **Сущность изобретения**

В первом аспекте описаны варианты осуществления способа эксплуатации гидроциклона, где циклон включает разделительную камеру, использование которой предназначено для создания внутреннего воздушного сердечника, действующего на процесс разделения материалов, причем способ включает измерение вибрационного параметра разделительной камеры и параметра устойчивости внутренне-

го воздушного сердечника в процессе эксплуатации гидроциклона;

осуществление сравнения этих измерений с заданными соответствующими параметрами гидроциклона, которые являются показателями его устойчивой и/или неустойчивой эксплуатации;

регулирование эксплуатационного параметра гидроциклона в зависимости от сравнения.

В определенных вариантах осуществления способ может дополнительно включать осуществление измерения параметра устойчивости в пространстве внутреннего воздушного сердечника. В определенных вариантах осуществления параметр устойчивости внутреннего воздушного сердечника может быть связан с геометрией внутреннего воздушного сердечника, например, диаметром внутреннего воздушного сердечника. В других определенных вариантах осуществления параметр устойчивости внутреннего воздушного сердечника может представлять собой давление внутри воздушного сердечника.

В определенных вариантах осуществления стадия регулирования может включать регулирование любого одного или нескольких из следующих эксплуатационных параметров: давление вводимого материала; размер впуска, через который материал проходит перед входом в разделительную камеру; размер верхнего выпуска для вывода первой фазы; размер нижнего выпуска для вывода второй фазы.

В определенных вариантах осуществления стадия регулирования может дополнительно включать осуществление первого регулирования эксплуатационного параметра (параметров) в ответ на определение того, что вибрационный параметр увеличивается по отношению к заданному параметру и что диаметр воздушного сердечника уменьшается.

В определенных вариантах осуществления способ может дополнительно включать осуществление первого регулирования эксплуатационного параметра (параметров) в ответ на определение того, что вибрационный параметр увеличивается по отношению к заданному параметру и что давление воздушного сердечника увеличивается.

В определенных вариантах осуществления способ может дополнительно включать осуществление второго регулирования эксплуатационного параметра (параметров) в ответ на определение того, что вибрационный параметр уменьшается по отношению к заданному параметру и что диаметр воздушного сердечника увеличивается.

В определенных вариантах осуществления способ может дополнительно включать осуществление второго регулирования эксплуатационного параметра (параметров) в ответ на определение того, что вибрационный параметр уменьшается по отношению к заданному параметру и что давление воздушного сердечника уменьшается.

В определенных вариантах осуществления первое регулирование может представлять собой регулирование эксплуатационного параметра (параметров) в противоположном направлении относительно второго регулирования.

В определенных вариантах осуществления способ может дополнительно включать осуществление измерений вибрационного параметра на внешней стенке разделительной камеры.

Во втором аспекте описаны варианты осуществления системы контроля устойчивости гидроциклона, включающего разделительную камеру, использование которой предназначено для создания внутреннего воздушного сердечника, чтобы воздействовать на процесс разделения материалов, причем система контроля включает

сенсорную систему, предназначенную для одновременного измерения вибрационного параметра разделительной камеры и параметра устойчивости внутреннего воздушного сердечника в процессе эксплуатации гидроциклона;

контроллер, предназначенный для сравнения измерений с заданными соответствующими параметрами гидроциклона, которые являются показателями по меньшей мере одного из устойчивого и неустойчивого состояния его эксплуатации, причем контроллер дополнительно предназначен для регулирования эксплуатационного параметра гидроциклона в зависимости от сравнения.

В определенных вариантах осуществления система может включать первый датчик, предназначенный для осуществления измерения параметра устойчивости в пространстве внутреннего воздушного сердечника.

В определенных вариантах осуществления первый датчик может представлять собой датчик приближения, занимающий центральное положение внутри разделительной камеры и предназначенный для измерения диаметра внутреннего воздушного сердечника на основании приближения твердого материала, циркулирующего вокруг внутреннего воздушного сердечника.

В определенных вариантах осуществления первый датчик может представлять собой датчик давления, занимающий центральное положение внутри разделительной камеры и предназначенный для измерения давления в пространстве внутреннего воздушного сердечника.

В определенных вариантах осуществления сенсорная система может включать вибрационный датчик, предназначенный для измерения вибрационного параметра. В определенных вариантах осуществления вибрационный датчик можно устанавливать на стенку разделительной камеры.

В определенных вариантах осуществления контроллер может быть предназначен для регулирования любого одного или нескольких из следующих эксплуатационных параметров: давление вводимого материала; размер впуска, через который материал проходит перед входом в разделительную камеру;

размер верхнего выпуска для вывода первой фазы; размер нижнего выпуска для вывода второй фазы.

В определенных вариантах осуществления гидроциклон может включать дополнительный верхний выпуск камеры, в которой находится воздухопровод и в которой, кроме того, один из регулируемых параметров представляет собой давление внутри воздухопровода и/или его геометрию.

В определенных вариантах осуществления контроллер может быть предназначен для осуществления первого регулирования эксплуатационного параметра (параметров) в ответ на определение того, что вибрационный параметр увеличивается по отношению к заданному параметру и что диаметр воздушного сердечника уменьшается.

В определенных вариантах осуществления контроллер может быть предназначен для осуществления первого регулирования эксплуатационного параметра (параметров) в ответ на определение того, что вибрационный параметр увеличивается по отношению к заданному параметру и что давление воздушного сердечника увеличивается.

В определенных вариантах осуществления контроллер может быть предназначен для осуществления второго регулирования эксплуатационного параметра (параметров) в ответ на определение того, что вибрационный параметр уменьшается по отношению к заданному параметру и что диаметр воздушного сердечника увеличивается.

В определенных вариантах осуществления контроллер может быть предназначен для осуществления второго регулирования эксплуатационного параметра (параметров) в ответ на определение того, что вибрационный параметр уменьшается по отношению к заданному параметру и что давление воздушного сердечника уменьшается.

В определенных вариантах осуществления первое регулирование может представлять собой регулирование эксплуатационного параметра (параметров) в противоположном направлении относительно второго регулирования.

В третьем аспекте описаны варианты осуществления гидроциклона, оборудованного системой контроля устойчивости в соответствии со вторым аспектом.

В четвертом аспекте описаны варианты осуществления способа эксплуатации гидроциклона, где циклон включает разделительную камеру, использование которой предназначено для создания внутреннего воздушного сердечника, чтобы воздействовать на процесс разделения материалов, причем способ включает

измерение параметра устойчивости внутреннего воздушного сердечника в процессе эксплуатации гидроциклона;

сравнение измерений с одним или несколькими заданными соответствующими параметрами устойчивости гидроциклона, которые являются показателями его устойчивой эксплуатации;

регулирование эксплуатационного параметра гидроциклона в ответ на определение того, что измерения представляют собой показатели отклонения от устойчивой эксплуатации, на основании сравнения.

В пятом аспекте описаны варианты осуществления системы контроля устойчивости гидроциклона, где циклон включает разделительную камеру, использование которой предназначено для создания внутреннего воздушного сердечника, чтобы воздействовать на процесс разделения материалов, причем система контроля включает

сенсорную систему, предназначенную для измерения параметра устойчивости внутреннего воздушного сердечника в процессе эксплуатации гидроциклона;

контроллер, предназначенный для сравнения измерений с одним или несколькими заданными соответствующими параметрами устойчивости гидроциклона, которые являются показателями его устойчивой эксплуатации, причем контроллер дополнительно предназначен для регулирования эксплуатационного параметра гидроциклона в ответ на определение того, что измерения представляют собой показатели отклонения от устойчивой эксплуатации, на основании сравнения.

В шестом аспекте описаны варианты осуществления системы контроля устойчивости, которая может включать датчик устойчивости согласно второму или пятому аспектам.

В седьмом аспекте описаны варианты осуществления компьютерной программы, включающей по меньшей мере одну инструкцию, предназначенную для выполнения компьютерной системой в целях осуществления способа в соответствии с первым или четвертым аспектами.

В восьмом аспекте описаны варианты осуществления машиночитаемого носителя, в котором хранится машинный код согласно седьмому аспекту.

Другие аспекты, отличительные особенности и преимущества становятся очевидными из следующего подробного описания при его рассмотрении в сочетании с сопровождающими чертежами, которые представляют собой часть настоящего изобретения и посредством примера иллюстрируют принципы настоящего изобретения.

### **Описание чертежей**

Сопровождающие чертежи способствуют пониманию разнообразных вариантов осуществления.

Фиг. 1А и В схематически представляют виды в разрезе гидроциклона, включающего установленные датчики сенсорной системы контроля устойчивости в соответствии с первым вариантом осуществления.

Фиг. 2А и В схематически представляют виды в разрезе гидроциклона, включающего установленные

датчики сенсорной системы контроля устойчивости в соответствии со вторым вариантом осуществления.

Фиг. 3А и В схематически представляют виды в разрезе гидроциклона, включающего установленные датчики сенсорной системы контроля устойчивости в соответствии с третьим вариантом осуществления.

Фиг. 4 схематически представляет контроллер сенсорной системы контроля устойчивости в соответствии с вариантом осуществления.

#### Подробное описание

Настоящее изобретение относится к системе контроля устойчивости гидроциклона такого типа, который упрощает разделение смеси жидких или полужидких материалов на две целевые фазы. Система контроля устойчивости предназначена для того, чтобы обеспечивать обнаружение неустойчивой эксплуатации гидроциклона (по отношению к процессу разделения) на ранней стадии и осуществлять соответствующее регулирование для возвращения гидроциклона в режим устойчивой эксплуатации.

Рассмотрим фиг. 1А, на которой схематически представлен вид в разрезе гидроциклона 10 традиционной конструкции, включающей основной корпус 12, внутри которого находится камера 13. Камера 13 включает впускную секцию 14 и коническую разделительную секцию 15. Гидроциклон дополнительно включает выпуск исходного материала (не показан на чертеже) для ввода содержащей частицы смеси в форме суспензии мелкодисперсного материала во впускную секцию 14 камеры 13. Выпуск 18 верхней фазы (далее называется "верхний выпуск") занимает центральное положение на верхней стенке 20 камеры 13 для вывода первой из фаз. Выпуск 22 нижней фазы (далее называется "нижний выпуск") занимает центральное положение на другом краю камеры 13 для вывода второй из фаз. Гидроциклон 10 предназначен для создания внутреннего воздушного сердечника, вокруг которого циркулирует суспензия. Во время устойчивой эксплуатации гидроциклон 10 работает таким образом, что легкая твердая фаза суспензии выводится через верхний выпуск 18, а более тяжелая твердая фаза выводится через нижний выпуск 22. Это лучше всего представлено на фиг. 1В, где созданный внутренний воздушный сердечник обозначен пунктирными линиями, которые проходят по длине корпуса 12.

Гидроциклон 10 оборудован системой контроля устойчивости, включающей один или более вибрационных датчиков (или преобразователей), которые предназначены для измерения вибрационного параметра основного корпуса 12. В контексте настоящего описания следует понимать, что термин "вибрационный" необходимо истолковывать в широком смысле, включая в его объем любое колебательное перемещение или движение, и в указанном качестве он может соответствовать (в зависимости от величины) изменениям положения с течением времени, и/или скорости, и/или ускорения. В проиллюстрированном варианте осуществления система контроля устойчивости включает множество низкочастотных вибрационных датчиков 12, которые установлены на внешней стенке камеры 13 основного корпуса 12 и предназначены для измерения изменений рабочей резонансной частоты гидроциклона 10 (которые создаются при контакте суспензии с внутренними стенками в процессе ее циркуляции вокруг воздушного сердечника). Следует понимать, что вибрационные датчики 12 могут преимущественно обнаруживать небольшие изменения гидродинамики процесса разделения, которые могут служить в качестве показателей отклонения от условий устойчивой эксплуатации.

Система контроля устойчивости дополнительно включает по меньшей мере один датчик 26, предназначенный для измерения параметра устойчивости воздушного сердечника, создаваемого внутри корпуса 12. Датчик 26 занимает центральное положение внутри корпуса 12 таким образом, что он находится в гидравлическом соединении с воздушным сердечником. Например, датчик 26 можно устанавливать на опорную конструкцию, которая присоединена к воротниковой части верхнего впуска 18. В одном варианте осуществления датчик 26 может представлять собой датчик давления, предназначенный для измерения давления внутри воздушного сердечника. В альтернативном варианте осуществления датчик 26 может быть предназначен для измерения геометрии воздушного сердечника. Например, датчик 26 может представлять собой датчик приближения, предназначенный для измерения приближения суспензии, циркулирующей вокруг воздушного сердечника (таким образом, он позволяет определять диаметр воздушного сердечника). В еще одном варианте осуществления можно одновременно использовать датчик приближения и датчик давления. Измерения давления и/или геометрии преимущественно предоставляют информацию о мелких изменениях, происходящих внутри воздушного сердечника, которые вибрационный датчик может оказаться неспособным обнаруживать и которые представляют собой еще одно свидетельство неустойчивости.

Рассмотрим фиг. 4, где система контроля устойчивости дополнительно включает контроллер в форме микропроцессора 30. Как представлено на фиг. 4, микропроцессор 30 содержит ряд модулей, в том числе коммуникационный модуль 32, предназначенный осуществлять связь с датчиками 24 и 26 для приема результатов измерений разнообразных параметров, которые непрерывно осуществляются в процессе эксплуатации гидроциклона 10. Сравнительный модуль 34 сравнивает эти результаты измерений с соответствующими заданными параметрами, которые являются показателями устойчивой или оптимальной эксплуатации гидроциклона 10. Заданные параметры содержатся в запоминающем устройстве 36. Контрольный модуль 38 предназначен осуществлять разнообразные контрольные функции в зависимости от выходных данных сравнительного модуля 34 для поддержания или восстановления устойчивости процесса разделения гидроциклона. В варианте осуществления контрольный модуль 38 предназначен

для управления одним или несколькими исполнительными механизмами или подобными устройствами, предназначенными, чтобы регулировать давление поступающей суспензии, размер впуска исходного материала, размер выпуска 18 верхней фазы и размер выпуска 22 нижней фазы. Например, если требуется регулирование давления поступающей суспензии, контрольный модуль 38 может управлять работой насоса, имеющего переменную скорость ротора, и/или устройства, предназначенного для уменьшения или увеличения поперечного сечения впуска исходного материала. Следует понимать, что контроллер 30 может быть предназначен для регулирования любых желательных эксплуатационных параметров в целях управления гидродинамикой системы для поддержания или восстановления устойчивого процесса разделения.

Альтернативная конфигурация датчиков гидроциклона представлена на фиг. 2А. Согласно этому варианту осуществления гидроциклон 10' включает дополнительную верхнюю камеру 40, расположенную вблизи верхней стенки 20 корпуса 12 циклона. Дополнительная верхняя камера 40 вертикально прилегает к разделительной камере 13 и соединена с разделительной камерой 13 через дополнительный выпуск 42. Выпуск 44 верхней фазы находится в области дополнительной камеры 40, которая занимает радиальное положение относительно дополнительного выпуска 42. Согласно этой альтернативной конфигурации датчик 26 прикреплен к опорам, которые прикреплены к верхней части дополнительной камеры 40 (т.е. которые пересекают центральную ось гидроциклона 10'). Фиг. 2В иллюстрирует движение суспензии, которая проходит через гидроциклон 10' на фиг. 2А. Следует отметить, что выпуск 44 верхней фазы расположен по касательной относительно дополнительной камеры 40, и эта отличительная особенность способствует устойчивости воздушного сердечника. Помимо создания более устойчивого воздушного сердечника, согласно второму варианту осуществления суспензия не вступает в контакт или в тесный контакт с верхней частью дополнительной камеры 40, к которой прикреплен датчик 26; таким образом, увеличивается срок службы датчика 26.

Фиг. 3А представляет еще один вариант осуществления конфигурации датчиков гидроциклона. Согласно этому варианту осуществления дополнительная камера 40 гидроциклона 10" включает воздухопровод 44, который прилегает и образует гидравлическое соединение с воздушным сердечником, создаваемым в разделительной камере 13. Датчик 26 может представлять собой датчик давления в гидравлическом соединении с воздухопроводом 44, и контрольный модуль 38 предназначен для регулирования давления воздуха внутри воздухопровода 44, в результате чего косвенно регулируется давление внутри указанного воздушного сердечника (т.е. поддерживается или восстанавливается устойчивость). Фиг. 3В иллюстрирует движение суспензии, которая проходит через гидроциклон 10".

Методология работы системы контроля устойчивости включает измерение вибрационного параметра разделительной камеры и параметра устойчивости внутреннего воздушного сердечника в процессе эксплуатации гидроциклона с использованием датчиков/преобразователей 24 и 26, которые описаны выше. Результаты измерений затем передаются в контроллер 30, который сравнивает эти результаты измерений с заданными соответствующими параметрами, которые являются показателями устойчивой эксплуатации гидроциклона. Контроллер 30 может затем регулировать один или более эксплуатационных параметров гидроциклона, если на основании сравнения определено, что данные результаты измерений представляют собой свидетельство отклонения от устойчивой эксплуатации гидроциклона.

Например, первое регулирование эксплуатационного параметра (параметров) можно осуществлять в ответ на определение того, что вибрационный параметр увеличивается по отношению к заданному параметру и что диаметр воздушного сердечника уменьшается. Такое сравнение может служить свидетельством сепарации пыли на поворотах, и, таким образом, первое регулирование может представлять собой, например, уменьшение скорости или давления поступающей суспензии (или регулирование другого эксплуатационного параметра, известное для устранения состояния неустойчивости вследствие сепарации пыли на поворотах). В качестве альтернативы, когда датчик 26 предназначен для измерения давления, первое регулирование можно осуществлять в ответ на определение одновременного увеличения вибрации и давления воздушного сердечника.

Когда сравнение является показателем неустойчивости в результате избытка мелкодисперсных частиц, выходящих обходным путем через нижний выпуск 22 (т.е. происходит относительное уменьшение вибрации и увеличение размеров или уменьшение давления), с помощью контроллера 30 можно осуществлять второе регулирование. Второе регулирование можно осуществлять противоположным первому регулированию (например, можно увеличивать скорость исходного материала или давление, а также регулировать другие эксплуатационные параметры, известные для устранения состояния неустойчивости вследствие обходного пути мелкодисперсных частиц).

Следует отметить, что представленные выше варианты осуществления могут служить для обнаружения неустойчивости в процессе разделения гидроциклона на очень ранней стадии посредством одновременного наблюдения гидродинамических условий, т.е. посредством вибрационного датчика (датчиков), а также характеристик воздушного сердечника. Другими словами, варианты осуществления созданы на основании понимания того, что оптимальные условия эксплуатации не являются зависящими исключительно от гидродинамики суспензии или от геометрии воздушного сердечника, но определяются сочетанием этих двух факторов. По существу, для определенных гидродинамических условий существу-

ет интервал, в пределах которого могут изменяться свойства воздушного сердечника без отклонения от оптимальной эксплуатации. Однако для различных гидродинамических условий интервалы, в пределах которых могут изменяться свойства воздушного сердечника без отклонения от оптимальной эксплуатации, не являются одинаковыми. Другими словами, вибрационные датчики позволяют обнаруживать малые отклонения гидродинамических условий в процессе разделения (связанные с конечными отклонениями от состояния оптимальной эксплуатации), которые не обязательно наблюдаются в воздушном сердечнике, в то время как датчики давления и/или геометрии воздушного сердечника позволяют обнаруживать малые изменения в процессе разделения (связанные с конечными отклонениями от состояния оптимальной эксплуатации), которые не обязательно наблюдаются в вибрациях.

Еще одно преимущество по меньшей мере одного из описанных вариантов осуществления заключается в том, что система контроля устойчивости способна своевременно обнаруживать присутствие инородных тел в гидроциклоне, таких как размольные шары или стержни, которые поступают с предшествующего процесса помола и которые могут воздействовать на внутреннюю геометрию гидроциклона и в результате этого серьезно ухудшать разделительную способность гидроциклона и/или его целостность.

В альтернативном варианте осуществления контроллер может быть предназначен для одновременного хранения заданных показателей устойчивой эксплуатации и неустойчивой эксплуатации и результатов измерений, полученных от датчиков, которые сравнивают с заданными показателями для определения начала сепарации пыли на поворотах или обходного движения мелкодисперсных частиц. В качестве альтернативы контроллер может сохранять только заданные показатели неустойчивой эксплуатации при определении только на основании данных результатов (т.е. никакое регулирование не осуществляется до тех пор, пока результаты измерений не будут соответствовать заданным показателям неустойчивой эксплуатации).

В следующем альтернативном варианте система контроля устойчивости может содержать только датчик параметра устойчивости для воздушного сердечника (т.е. давления или приближения), и результаты измерений сравнивают с соответствующими параметрами устойчивости, которые являются показателями устойчивой или неустойчивой эксплуатации, чтобы определять отклонение от условий устойчивой эксплуатации.

В приведенном выше описании определенных вариантов осуществления для целей ясности введена определенная терминология. Однако настоящее описание не предназначено для ограничения конкретными терминами, выбранными указанным образом, и следует понимать, что каждый конкретный термин включает другие технические эквиваленты, которые действуют аналогичным способом для достижения аналогичной технической цели. Такие термины как "верхний" и "нижний", "выше" и "ниже", а также аналогичные термины используются в качестве слов, позволяющих удобно описывать положение относительно опорных точек, и их не следует истолковывать как ограничительные термины.

В настоящем описании слово "включающий" следует понимать в его "открытом" смысле, то есть в смысле "включения", и оно, таким образом, не ограничено своим "закрытым" смыслом, то есть смыслом "состоящий только из". Соответствующее значение следует придавать однокоренным словам "включать", "включенный" и "включает", когда они встречаются.

Предшествующее описание приведено в отношении нескольких вариантов осуществления, которые могут иметь общие характеристики и отличительные особенности. Следует понимать, что одну или несколько отличительных особенностей любого варианта осуществления можно сочетать с одной или несколькими отличительными особенностями других вариантов осуществления. Кроме того, любая одиночная отличительная особенность или сочетание отличительных особенностей в любом из вариантов осуществления могут представлять собой дополнительные варианты осуществления.

Кроме того, приведенное выше описание содержит только некоторые варианты осуществления настоящего изобретения, и можно осуществлять их изменения, модификации и замены отклонения от объема и идеи описанных вариантов осуществления, поскольку эти варианты осуществления являются иллюстративными и неограничительными.

Кроме того, настоящее изобретение описано в связи с тем, что в данное время рассматривается в качестве наиболее практичных и предпочтительных вариантов осуществления, и следует понимать, что настоящее изобретение не должно быть ограничено описанными вариантами его осуществления, но, напротив, оно предназначено для включения разнообразных модификаций и эквивалентных конфигураций, которые находятся в пределах объема и идеи настоящего изобретения. Кроме того, разнообразные варианты осуществления, описанные выше, можно осуществлять в связи с другими вариантами осуществления, например, аспекты одного варианта осуществления можно сочетать с аспектами другого варианта осуществления, чтобы осуществлять следующие варианты осуществления. Кроме того, каждый независимый отличительный признак или компонент любого данного сочетания может составлять дополнительный вариант осуществления.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ эксплуатации гидроциклона, включающего разделительную камеру, использование которой предназначено для создания внутреннего воздушного сердечника, чтобы воздействовать на процесс разделения материалов, причем способ включает

измерение параметра устойчивости внутреннего воздушного сердечника в процессе эксплуатации гидроциклона, причем измерение параметра устойчивости осуществляют используя датчик измерения устойчивости, который находится в гидравлическом соединении с внутренним воздушным сердечником;

сравнение измерений с одним или несколькими заранее заданными соответствующими параметрами устойчивости гидроциклона, которые являются показателями его устойчивой эксплуатации;

регулирование эксплуатационного параметра гидроциклона в ответ на определение того, что измерения представляют собой показатели отклонения от устойчивой эксплуатации, на основании сравнения, причем параметр устойчивости представляет собой (а) давление внутри воздушного сердечника или (б) диаметр внутреннего воздушного сердечника.

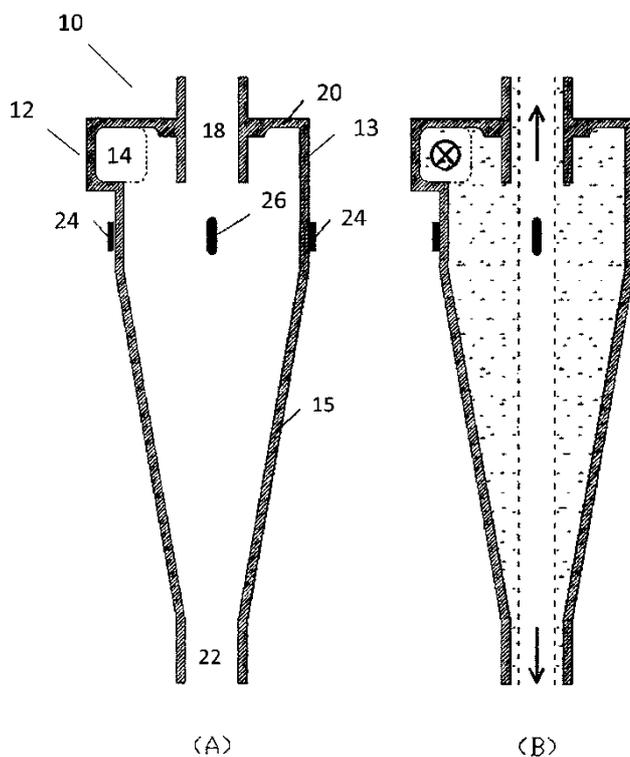
2. Способ по п.1, в котором измерение параметра устойчивости осуществляют в пространстве внутреннего воздушного сердечника.

3. Система контроля устойчивости гидроциклона, включающего разделительную камеру, использование которой предназначено для создания внутреннего воздушного сердечника, чтобы воздействовать на процесс разделения материалов, причем система контроля включает

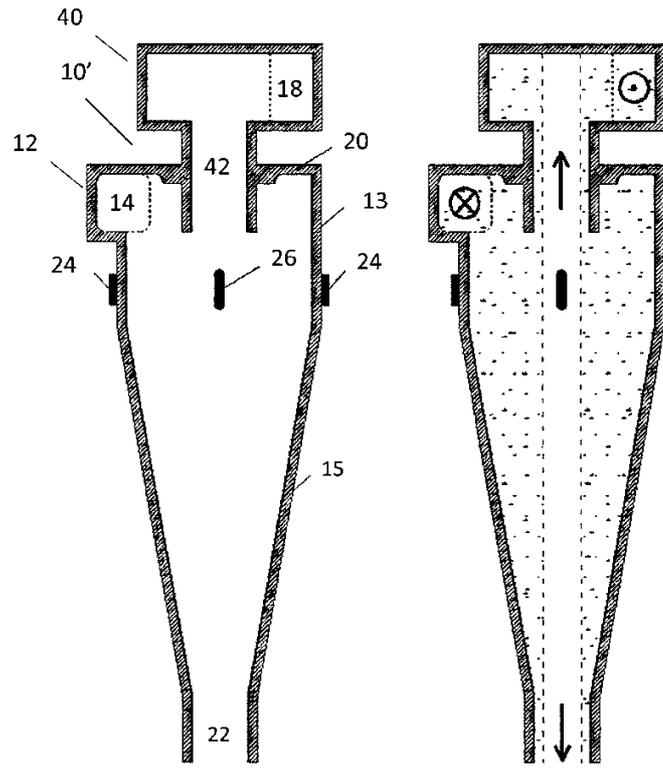
сенсорную систему, предназначенную для измерения параметра устойчивости внутреннего воздушного сердечника в процессе эксплуатации гидроциклона, причем измерение параметра устойчивости осуществляют используя датчик измерения устойчивости, который расположен в пространстве внутреннего воздушного сердечника и находится в гидравлическом соединении с внутренним воздушным сердечником;

контроллер, предназначенный для сравнения измерений с одним или несколькими заранее заданными соответствующими параметрами устойчивости гидроциклона, которые являются показателями его устойчивой эксплуатации, причем контроллер дополнительно предназначен для регулирования эксплуатационного параметра гидроциклона в ответ на определение того, что измерения представляют собой показатели отклонения от устойчивой эксплуатации, на основании сравнения, причем параметр устойчивости представляет собой (а) давление внутри воздушного сердечника или (б) диаметр внутреннего воздушного сердечника.

4. Система по п.3, в которой датчик измерения устойчивости предназначен для осуществления измерений параметров в пространстве внутреннего воздушного сердечника.



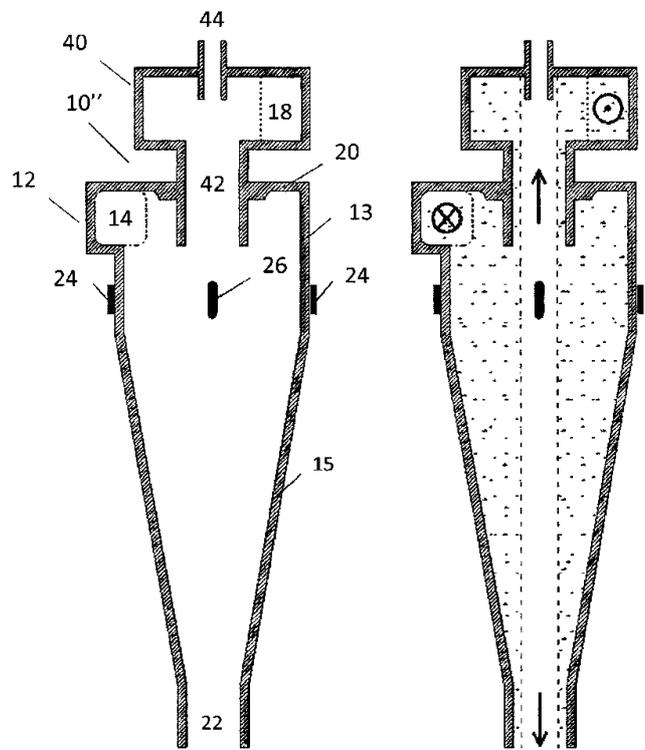
Фиг. 1



(A)

(B)

Фиг. 2

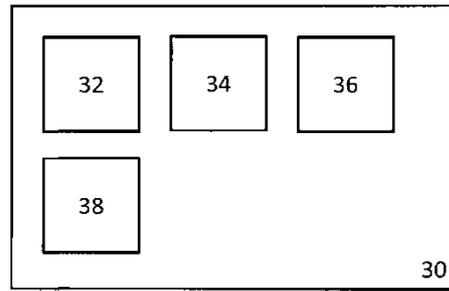


(A)

(B)

Фиг. 3

035659



Фиг. 4



Евразийская патентная организация, ЕАПВ  
Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2

---