

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **037383**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.03.23**

(21) Номер заявки  
**201791033**

(22) Дата подачи заявки  
**2015.11.13**

(51) Int. Cl. **B04C 5/04** (2006.01)  
**B04C 5/13** (2006.01)  
**B04C 5/14** (2006.01)

---

(54) **СИСТЕМА ОТДЕЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ, ОТМЫВКИ И ОТБОРА ПРОБ**

---

(31) **1420257.6**

(32) **2014.11.14**

(33) **GB**

(43) **2017.11.30**

(86) **PCT/EP2015/076618**

(87) **WO 2016/075317 2016.05.19**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ДВК АС (NO)**

(72) Изобретатель:  
**Арефьорд Андерс, Брунтвейт Йорген,  
Лингбо Карл Оле Давикснес (NO),  
Маккани Доминик Патрик (GB)**

(74) Представитель:  
**Поликарпов А.В., Путинцев А.И.,  
Черкас Д.А., Игнатьев А.В. (RU)**

(56) **US-A-3850816  
US-A-3745752  
CN-U-202570449  
US-A-4455220  
GB-A-2293992  
WO-A1-9938617  
US-A-4161428**

---

(57) Устройство для отделения твердых частиц от углеводородсодержащего флюида, добываемого на установке для добычи нефти и/или газа, включающее спиральный канал, имеющий вход и выход, причем площадь поперечного сечения на входе больше, чем площадь поперечного сечения на выходе, вихревую камеру, расположенную под каналом, для приема спирального потока из канала, первый сборник для твердых частиц под вихревой камерой и трубопровод для отвода флюида из вихревой камеры. Также предложен способ отделения твердых частиц от углеводородсодержащего флюида, добываемого на установке для добычи нефти и/или газа.

---

**B1**

**037383**

**037383**

**B1**

### Область техники

Изобретение относится к устройству и способу отделения твердых частиц от углеводородсодержащего флюида, добываемого на установке для добычи нефти и/или газа. В частности, настоящее изобретение относится к системе для удаления твердых веществ, в частности песка, отмывки этих твердых веществ и их применению, в частности, при добыче нефти и/или газа.

При добыче нефти и газа может быть получено большое количество твердых веществ, например, песка или мела. Количество и тип твердых веществ может меняться от пласта к пласту и от скважины к скважине. Также оно может меняться в течение периода эксплуатации продуктивного пласта/скважины. Например, по мере снижения пластового давления в ходе добычи, напряженное состояние вмещающей горной породы в пласте меняется. Такие изменения могут привести к увеличению напряжения во вмещающей породе так, что могут возникнуть механические повреждения в результате воздействия повышенных объемов выносимого песка (если это песчаный продуктивный пласт). В месторождении существует определенное исходное давление, поддерживающее формацию, и когда оно снижается в процессе добычи, сама вмещающая порода должна выдерживать массу формации над ней, и это увеличение напряженного состояния приводит к выносу песка. В качестве других примеров, способы повышения нефтеотдачи (ПНО), такие как нагнетание воды или газа в пласт, могут привести к повышению количества песка, увлекаемого в эксплуатационную скважину. Какой бы ни был механизм выноса песка (и других материалов), вовлекаемого в поток добываемой нефти и/или газа, это может вызвать множество проблем для организации, эксплуатирующей скважину (например, нефтедобывающей компании). В частности, песок в эксплуатационной скважине может вызывать эрозию в трубопроводе и в последующем оборудовании. Это также может привести к засорению технологического оборудования, например, клапанов и насосов, что приводит к повышению эксплуатационных расходов и потере производительности при ремонте и обслуживании. Операции по техническому обслуживанию могут быть очень дорогостоящими и могут оказывать значительное влияние на эффективность и рентабельность технологической системы и месторождения. Это особенно остро проявляется на удаленных от берега участках, где такие операции сложнее с точки зрения логистики и поэтому дороже.

Помимо негативного воздействия эрозии и потери производительности при техническом обслуживании, весь песок необходимо удалять из добываемого потока перед его доставкой, и песок необходимо отправлять в отходы экологически приемлемым способом. В морской окружающей среде его нельзя просто перекачивать в море, поскольку частицы песка как таковые покрыты углеводородами и, следовательно, представляют собой источник загрязнения. Либо песок транспортируют на берег, чтобы обработать для отправки в отходы, либо его необходимо очистить до допустимого для открытого моря уровня перед захоронением на морском дне. В настоящее время решения по очистке на удалении от берега не очень эффективны, а транспортировка является очень затратной. В некоторых случаях, отделенные твердые частицы повторно вводят в другую скважину, однако, это тоже затратное решение.

В настоящее время доступно множество типов сепараторов твердых частиц (например, песка), и большинство из них работает по центробежному принципу, когда в сепараторе создается вихревой поток, и частицы отбрасываются к внутренней стенке под действием центробежной силы, и они падают на дно емкости для сбора. Добытые флюиды покидают емкость через верхний выход. Однако такие решения, как правило, действуют при определенных скоростях потока и имеют пониженную эффективность, если изменяется производительность. Если производительность слишком высока, происходит значительная эрозия в емкости, а при более низкой производительности центробежный эффект снижается настолько, что твердые частицы покидают емкость с добытой нефтью и/или газом. Кроме того, вихревой поток, создаваемый в емкости, может иногда подхватывать собранный песок со дна емкости и затягивать в выходящий поток. В результате описанного выше, часто такое оборудование имеет узкий диапазон рабочей скорости потока, при которой сепаратор работает эффективно.

В настоящее время используют системы отмывки песка, но эти системы обычно основаны на промывке песка струей воды/раствора химических реагентов (иногда горячей воды), включают мощные насосы и предусматривают многократную промывку. Они занимают большую площадь, что может создавать проблемы на морских платформах - на таких конструкциях пространство палубы и грузоподъемность являются очень дорогостоящими. Поскольку их эффективность, как правило, не так высока, время пребывания частиц песка большое (из-за повторной промывки) и бывает трудно получить твердые частицы, которые являются достаточно чистыми, чтобы соответствовать нормативным требованиям для сброса в море. Кроме того, грязную воду необходимо также очищать для сброса.

Заявители настоящего изобретения работали над созданием технических решений для преодоления вышеуказанных ограничений, связанных с технологией, применяемой в настоящее время в промышленности или раскрытой в известном уровне техники.

В настоящем изобретении предложены устройство для отделения твердых частиц от углеводородсодержащего флюида, добываемого на установке для добычи нефти и/или газа согласно изобретению; и способ отделения твердых частиц от углеводородсодержащего флюида, добываемого на установке для добычи нефти и/или газа согласно изобретению. Предпочтительные признаки определены в соответствующих независимых пунктах формулы изобретения.

В частности, предпочтительные воплощения настоящего изобретения могут обеспечивать устройство, в котором объединены отделение и очистка частиц песка или мела (следует отметить, что в данном описании термины твердые вещества, твердые частицы и песок являются взаимозаменяемыми, так как песок является самым распространенным попутно добываемым твердым веществом) из добываемого потока в компактной системе, которая позволяет снизить потребность в большой занимаемой площади на морской буровой платформе. Однако, специалисту в данной области техники очевидно, что такая система имеет широкое применение как на море, так и на наземном оборудовании для добычи нефти и газа. Также следует понимать, что отдельные элементы системы можно использовать независимо друг от друга, например, предусмотрен сепаратор песка без узла отмывки или с какой-либо другой системой обработки твердых веществ и все такие сочетания.

Соответственно, в настоящем изобретении предпочтительно обеспечивают устройство и/или способы отделения твердых веществ/песка от флюидов добычи нефти и газа, очистки указанных твердых частиц/песка до уровня, который является приемлемым с экологической точки зрения для сброса в море. Кроме того, система обеспечивает средства для автоматизированного сбора представительных образцов твердых частиц для непрерывной оценки эффективности системы.

В соответствии с настоящим изобретением обеспечивают систему, включающую динамический сепаратор твердых веществ, установку для отмывки и временного хранения твердых веществ, и по меньшей мере один контейнер для производственных проб.

В соответствии с изобретением динамический сепаратор твердых веществ включает верхний спиральный впускной канал, площадь поперечного сечения которого на входе больше, чем площадь поперечного сечения на выходе, так что скорость флюидов, выходящих из спирального канала больше, чем скорость поступающих в него флюидов.

В соответствии с изобретением спиральный канал имеет круглое поперечное сечение на входе и прямоугольное поперечное сечение на выходе.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения спиральный канал начинается со входа большего диаметра и заканчивается выходом меньшего диаметра.

В соответствии с другим предпочтительным аспектом настоящего изобретения спиральный канал начинается на одном азимуте и заканчивается на втором азимуте, таким образом вызывая выходное вращение флюида, выходящего из спирального канала.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения на выходе спирального канала установлен прямоугольный ограничитель потока, который можно использовать для регулирования выходной скорости флюидов, покидающих канал.

В соответствии с предпочтительным аспектом ограничитель потока снабжен пружиной, так что когда перепад давления вдоль спирального канала уменьшается из-за пониженного расхода флюида, поступающего в канал, ограничитель потока слегка закрывается, еще больше сужая поток, и тем самым увеличивая выходную скорость флюида.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения ограничитель потока приводят в действие механическим способом, например, посредством ручного перемещения или с помощью системы с гидравлическим или электрическим приводом. При этом обеспечено регулирование привода для поддержания или достижения определенного перепада давления в спиральном канале или для поддержания/получения определенной выходной скорости флюида.

В соответствии с предпочтительным аспектом верхняя спиральная впускная секция и ограничитель потока изготовлены из износостойкого материала, или они имеют внутреннее покрытие из износостойкого материала, например карбида вольфрама, керамического материала, резины и т.д.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения, верхняя спиральная впускная секция изготовлена с применением способа ГИП (горячего изостатического прессования) с применением специализированного износостойкого материала или сплавов, которые были разработаны для обеспечения высокой износостойкости.

В соответствии с предпочтительным аспектом обеспечена выходная труба, проходящая через верхнюю часть верхней секции, через которую добываемые флюиды (очищенные от твердых частиц) покидают сепаратор твердых частиц.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения сепаратор твердых частиц содержит нижнюю секцию, которая включает элемент в форме обратного конуса, диаметр которого уменьшается по мере увеличения расстояния от верхней части, и этот элемент соединен с цилиндрической нижней трубой, из которой собирают отделенные твердые частицы.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения, предложен способ управления степенью открытости зазора, создаваемого ограничителем потока, включающий следующие стадии:

- 1) увеличение скорости потока до требуемой производительности;
- 2) определение количества песка, выходящего из верхней части динамического сепаратора твердых веществ, захваченного очищенным флюидом, и количества песка, выходящего из нижней части динамического сепаратора твердых веществ, т.е. отделенных твердых веществ;
- 3) регулирование положения ограничителя потока в соответствии с другими аспектами настоящего

изобретения для изменения перепада давления и скорости по спиральному каналу.

Повторение стадий 2 и 3 до достижения минимального количества песка, выходящего из верхней части динамического сепаратора твердых частиц и/или достижения максимального количества отделенного песка, выходящего из его нижней части.

В соответствии с предпочтительным аспектом средняя и нижняя секции динамического сепаратора твердых частиц разнесены внутри коническим элементом, который действует как диффузор частиц и гаситель вихревого потока.

В соответствии с аспектом настоящего изобретения расстояние между наконечником конического диффузора частиц и дном цилиндрической выходной трубы для добываемых флюидов составляет от 0,5 до 1,5 диаметра выходной трубы. Предпочтительно оно составляет 1,0 диаметра выходной трубы.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения труба для сбора отделенных частиц на нижнем конце динамического сепаратора твердых веществ входит в контейнер для сбора твердых веществ через отверстие в верхней части указанного контейнера. При этом труба свободно герметизирована в отверстии для предотвращения выхода частиц из контейнера, но не посажена жестко, что обеспечивает возможность относительного перемещения трубопровода и контейнера для сбора твердых частиц.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения контейнер для сбора твердых веществ установлен на силоизмерительном устройстве для определения массы, которое позволяет измерять направленную вниз силу, действующую на контейнер. Также предусмотрен датчик давления, который позволяет измерять внутреннее давление в динамическом сепараторе твердых частиц.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения выходы с силоизмерительного устройства для определения массы и датчика давления подключены к контроллеру, который корректирует измерения силоизмерительного устройства в отношении колебаний внутреннего давления, чтобы обеспечить точное определение массы твердых частиц, собранных в контейнере для сбора твердых веществ. Контроллер подключен к дисплею/монитору, который обеспечивает непрерывное отображение значения массы твердых веществ в контейнере для сбора.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения предусмотрен узел вымывания твердых частиц, включающий нижнюю кольцевую трубу, содержащую внутреннюю трубу для сбора. Нижняя кольцевая труба соединена с внешней стороной контейнера для сбора твердых веществ и через стенку динамического сепаратора твердых веществ с подачей воды. Внутренняя коллекторная труба соединена с внешней стороной контейнера для сбора твердых веществ и через стенку динамического сепаратора твердых веществ с установкой для отмывки и временного хранения твердых веществ. Трубы через кольцевое пространство между контейнером для сбора твердых веществ и стенкой динамического сепаратора твердых веществ обеспечивают возможность относительного перемещения указанных устройств.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения значение массы твердых веществ, собранных в контейнере для сбора твердых веществ используют для запуска вымывания собранных твердых веществ посредством закачки воды через нижнюю кольцевую трубу, которая псевдооживляет твердые частицы в контейнере для сбора твердых веществ, так что смесь воды и твердых частиц перекачивают через внутреннюю трубу для сбора твердых частиц. После снижения массы твердых частиц в контейнере для сбора твердых веществ, вымывающий насос выключают. Такие операции вымывания можно регулировать автоматически или вручную.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения установка для отмывки и временного хранения твердых веществ включает сепаратор частиц низкого давления, сепаратор для разделения нефти и воды и бункер для песка с системой вымывания.

В соответствии с предпочтительным аспектом смесь отделенных твердых частиц и воды, выходящая из динамического сепаратора твердых веществ, представляет собой входной поток второго сепаратора частиц, который работает таким же образом, как динамический сепаратор твердых веществ, где песок, удаляемый из входящего потока, собирают в бункер для песка, а нефть, удаленную с частиц песка при царапании о внутреннюю стенку вместе с водой в ходе вихревого движения входящего потока, отводят через верхнюю часть сепаратора частиц низкого давления.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения смесь нефти и воды, выходящая из сепаратора частиц низкого давления представляет собой входящий поток в сепаратор для разделения нефти и воды. Таким образом, удаленную нефть сливают из системы, и воду можно рециркулировать в систему промывки бункера для песка.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения бункер для песка оснащен силоизмерительным устройством и датчиком давления для определения массы частиц песка, собранных в бункере таким же способом, как описано в других аспектах изобретения. Следует отметить, что бункер для песка обычно намного больше (например, в 10 раз), чем контейнер для сбора твердых веществ в динамическом сепараторе твердых веществ.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения бункер для песка оборудован системой вымывания твердых частиц такого же типа, как используют в контейнере для сбора твер-

дых веществ в динамическом сепараторе твердых веществ. Кроме того, система вымывания частиц может быть автоматически включена или выключена с помощью контролера датчика массы. Также, для системы вымывания можно использовать рециркулируемую воду, как описано в других аспектах, и/или свежую воду.

В соответствии предпочтительным аспектом очищенные частицы песка и воду, выходящие из системы вымывания установки отмывки и временного хранения твердых частиц, можно перекачивать либо в платформенную систему повторной закачки в скважину, либо непосредственно в море, либо их можно закачивать обратно в сепаратор частиц низкого давления для их повторной циркуляции и таким образом дополнительной очистки с помощью установки отмывки и временного хранения твердых веществ.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения обеспечивают один или более чем один контейнер для отбора производственных проб и взвешивания, который обеспечивает отбор проб из системы вымывания установки отмывки и временного хранения твердых веществ и включает: контейнер для проб, силоизмерительное устройство, датчик давления, контроллер и систему вымывания контейнера для проб, как описано в других аспектах данного изобретения.

В соответствии с предпочтительным аспектом настоящего изобретения предложен способ отделения твердых частиц и их очистки, включающий несколько технологических циклов.

1) Добываемые флюиды пропускают через 1-ый динамический сепаратор твердых веществ (ДСТВ).

2) Когда частицы накапливаются в контейнере для сбора твердых веществ 1-ого ДСТВ до определенного количества, добываемые флюиды перенаправляют во 2-ой и параллельный ДСТВ. В то же время частицы собранные в 1-ом ДСТВ вымывают в установку отмывки и временного хранения твердых веществ.

3) Когда частицы накапливаются в контейнере для сбора твердых веществ 2-ого ДСТВ до определенного количества, добываемые флюиды направляют обратно в 1-ый ДСТВ и твердые частицы, собранные в 2-ом ДСТВ, вымывают в установку отмывки и временного хранения твердых веществ. Стадии с 1 по 3 непрерывно повторяют.

4) В то время как добываемые флюиды пропускают либо через 1-ый либо через 2-ой ДСТВ, обеспечивают циркуляцию собранных твердых частиц через установку отмывки и временного хранения твердых веществ до тех пор, пока пробы, собранные в контейнере для сбора производственных проб и исследованные (с применением способов, известных специалисту в данной области техники), не покажут, что они имеют достаточную степень очистки от нефти для экологически безопасной отправки в отходы. Как только это происходит, твердые частицы в бункере для песка можно вымывать из установки отмывки и временного хранения твердых веществ.

В предпочтительном аспекте настоящего изобретения в режиме реального времени регистрируют массу собранных твердых частиц, измеренную в динамическом сепараторе твердых веществ и/или в установке отмывки и временного хранения твердых веществ и/или в контейнере для производственных проб и взвешивания, данные сохраняют и анализируют для обеспечения информации, касающейся изменений характеристик продуктивного пласта в результате непрерывной добычи нефти и газа. В качестве примера увеличение выноса песка может предшествовать обводненности добываемого флюида, и может быть выгодно сдерживать темпы добычи из конкретной скважины (или зоны), когда это обнаруживается, для того, чтобы увеличить общий объем добычи из пласта. Это может оказывать существенное влияние на ценность пласта.

Далее настоящее изобретение описано более подробно со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых представлены приведенные в качестве примера воплощения изобретения.

На фиг. 1 представлено схематическое изображение системы отделения и отмывки твердых частиц в соответствии с одним воплощением настоящего изобретения.

На фиг. 2, 3 и 4 представлены схематические изображения динамического сепаратора твердых веществ системы, показанной на фиг. 1.

На фиг. 5 представлено схематическое изображение сепаратора нефти системы, показанной на фиг. 1.

На фиг. 6 представлено схематическое изображение контейнера для отбора производственных проб и взвешивания системы, показанной на фиг. 1.

На фиг. 7 представлено схематическое изображение системы, показанной на фиг. 1 в режиме контура вымывания.

На фиг. 8 представлено схематическое изображение системы, показанной на фиг. 1, в режиме отмывки твердых частиц.

На фиг. 9 представлено схематическое изображение системы, показанной на фиг. 1, в режиме вымывания очищенных твердых частиц.

Однако изобретение может быть реализовано во множестве различных форм и его не следует ограничивать воплощениями, изложенными в данном документе; эти воплощения представлены для того, чтобы это описание было всесторонним и полным и позволило в полной мере донести концепцию изобретения до специалистов в данной области техники.

Рассмотрим фиг. 1, на котором представлена схема системы отделения и отмывки твердых частиц.

Ключевыми элементами системы являются динамические сепараторы 100 твердых веществ, из которых показаны два, обозначенные номером позиции 101, установка 200 отмывки и временного хранения твердых веществ и контейнер 300 для производственных проб и взвешивания. Следует отметить, что система может содержать более одного контейнера.

На фиг. 2, 3 и 4 схематически представлен один из динамических сепараторов твердых веществ.

На фиг. 2 представлены основные компоненты сепаратора, и для удобства его можно разделить на верхнюю, среднюю и нижнюю секции. Верхняя секция с позициями 1-6 представляет собой динамический циклон сепаратора. Средняя секция с позициями 7-11 представляет собой выход 5 распыленных частиц и очищенного продукта. Наконец, в нижней секции с позициями 112-118 представлены компоненты сбора и вымывания твердых частиц.

На фиг. 3 представлена более подробная иллюстрация динамического циклона или верхней секции сепаратора. Поток из нефтяной или газовой скважины поступает в сепаратор через вход 1. Этот вход в основном является круглым и представляет собой начало секции спирального канала, в котором повышается скорость потока, поскольку площадь поперечного сечения канала уменьшается по его длине. Вид в перспективе канала показан на фиг. 4. В данном воплощении канал на входе имеет круглое поперечное сечение, а на выходе канал является прямоугольным. Площадь прямоугольного выхода на ~25% меньше, чем площадь круглого входа, что приводит к повышению скорости потока. Помимо ускорения флюида при прохождении его в канале, он также предназначен для сообщения вихревого и кругового движения потоку флюида на выходе из спирального канала. Этого достигают посредством размещения входа 1 на одном азимуте, а выхода 16 канала, показанного на фиг. 3b, на другом азимуте, при повороте от входа 1 до выхода 16 на величину от 235 до 270 градусов. Также это можно увидеть на фиг. 4. Помимо изменения азимута, также из фиг. 3b и 3c понятно, что вход 1 имеет больший диаметр 12, чем диаметр 13 выхода 16. Такая схема позволяет обеспечить дополнительное ускорение потока и вращение. Специалистам в данной области техники очевидно, что уменьшение площади поперечного сечения канала и изменение круглого входа на прямоугольный выход может принимать множество различных форм. При этом первостепенными целями является ускорение и вращение потока, поступающего в секцию динамического циклона.

На фиг. 3a, 3b и 3c представлен ограничитель потока, обозначенный 3. Данный компонент можно использовать для того, чтобы еще больше снизить площадь поперечного сечения на выходе спирального канала. Для этой цели предусмотрен регулирующий механизм 4. Компонент 4 может быть снабжен пружиной, так что площадь на выходе автоматически регулируется в ответ на перепад давления вдоль спирального канала. Например, по мере снижения скорости потока в канале, например, из-за более низкого объема добычи из скважины, перепад давления в канале снижается, и снабженный пружиной ограничитель немного закрывается, чтобы уменьшить площадь канала на выходе, повысить перепад давления на выходе канала и, таким образом, увеличить (или сохранить) скорость флюидов, выходящих из канала. Это показано на фиг. 3c, где снижение перепада давления в канале вызывает изменение силы сжатия пружины 17, в результате чего ограничитель уменьшает площадь поперечного сечения канала на выходе. Коэффициент пружины может быть заранее задан для обеспечения отклика в определенном диапазоне перепада давления. Данный компонент обеспечивает функцию регулирования динамической скорости, что приводит к значительному усовершенствованию по сравнению с решениями в известном уровне техники. В других воплощениях регулятор 4 может представлять собой регулировочный винт, который может быть доступен снаружи блока и который можно поворачивать вручную, увеличивая или уменьшая площадь поперечного сечения на выходе. В других воплощениях 4 можно регулировать с помощью систем с электрическим или гидравлическим приводом (не показаны), которые связаны с данными измерений перепада давления в спиральном канале или скорости потока на выходе. По мере увеличения или снижения перепада давления, ограничитель 3 потока автоматически открывается или закрывается, чтобы регулировать перепад давления и, следовательно, скорость выходящего потока из спирального канала. Специалистам в данной области техники хорошо знакомы методы измерений и приводные системы, обычно используемые для данного типа регулятора.

Флюиды, выходящие из спирального канала, поступают в верхнюю часть сепаратора частиц на выходе 16. Флюид быстро вращается, в результате чего частицы выбрасываются из флюида под действием центробежной силы, и отделяются от потока флюидов. Это зависит от размера частиц, и на крупные частицы действует сила, которая больше, чем сила, действующая на частицы меньшего размера. Это явление хорошо известно и его применяют в промышленно выпускаемых гидроциклонах, см. <http://www.energy.siemens.com/hq/en/industries-utilities/oil-gas/portfolio/water-solutions/hydrocyclones.htm>. Однако механизм регулирования динамической скорости предназначен для обеспечения нужного перепада давления и скорости потока так, что отделяют даже очень мелкие частицы. В блоке создается вихревое движение, при этом флюиды вращаются в секции 11, протекая вниз в блоке, и внизу вихревое движение прекращается с помощью диффузора 7 частиц. Поскольку флюиды продолжают вращаться в средней секции, происходит дополнительное отделение твердых частиц, и очищенные флюиды выпускают из блока через трубу 5. Отделенные частицы выпадают из потока, так как их скорость снижается при вращении вблизи внутренней стенки 13 верхней секции и внутренней стенки секции 11. Эти частицы

выпадают и втягиваются в область между диффузором 7 частиц и нижней секцией 8 сепаратора. Диаметр диффузора в его нижней части больше, чем внутренний диаметр секции 11. Это гарантирует, что вихрь задерживается и не распространяется вниз в область ниже диффузора частиц, в которой он мог бы захватывать вверх отделенные частицы и затягивать их обратно в выходную трубу 5. Стенка 8 расширяется наружу так, что диаметр камеры возрастает в направлении к низу камеры, как показано на фиг. 3а. Однако, дно камеры 10 имеет форму обратного конуса, так что падающие частицы собираются и выпадают из блок через трубу 9. В данном воплощении, выходная труба 5 для очищенного флюида имеет диаметр, составляющий  $\frac{1}{4}$  от диаметра секции 11. Кроме того, наконечник диффузора 7 частиц имеет диаметр, составляющий 1 диаметр выходной трубы 5, ниже нижней части выхода трубопровода. Хотя было обнаружено, что эти размеры обеспечивают благоприятные результаты, возможны другие конфигурации с другими размерами.

Как описано в данном описании, предусмотрен спиральный проточный канал, оборудованный ограничителем потока, который позволяет регулировать скорость флюида, выходящего из спирального канала с целью оптимизации отделения твердых частиц в блоке. Данный ограничитель потока можно регулировать вручную или с помощью автоматической системы управления. В данном документе описан способ, в соответствии с которым отношение массы твердых частиц, выходящих с очищенным флюидом через выходную трубу 5, к массе твердых частиц, выходящих через трубу 9 для сбора твердых частиц, используют для регулирования ограничителя потока, чтобы минимизировать данное отношение.

Способ включает следующие стадии.

1) Ускоряют поток из эксплуатационной скважины в блок сепаратора до рабочего уровня.

2) Спустя период времени, в течение которого протекает стабильный поток, определяют отношение выходящих твердых частиц, как определено выше. Массу частиц, покидающих 5 и 9, можно определить с использованием контейнера для производственных проб и взвешивания, как описано в данном изобретении, или она может быть оценена с помощью специальных датчиков частиц, например, см. [www.clampron.no](http://www.clampron.no).

3) Если установлено, что количество твердых частиц, выходящих через выход 5 для очищенного флюида, слишком высоко, тогда настраивают ограничитель потока, увеличивая скорость выходящего флюида из спирального канала. Это может быть сделано вручную или автоматически, как описано в данном изобретении.

Повторяют стадии 2 и 3 до тех пор, пока количество твердых частиц выходящих из 5 не сводят к минимуму, и большинство частиц выходит из трубы 9 для сбора твердых веществ.

После того, как частицы собраны и вышли из динамического циклона через трубу 9, они попадают в контейнер для сбора твердых веществ, обозначенный 118 на фиг. 2. Труба 9 соединена с контейнером для сбора через отверстие в верхней части контейнера 118, которое герметизировано для предотвращения выхода частиц между трубой 9 и контейнером 118 для сбора, но обеспечивает возможность некоторого дифференциального перемещения контейнера 118 для сбора относительно трубы 9. Например, можно использовать уплотнительное кольцо из эластомера. В ходе работы сепаратора 100 твердых веществ, контейнер 118 для сбора твердых веществ продолжает заполняться частицами. Контейнер 118 для сбора размещают на силоизмерительном устройстве 19, которое позволяет измерить направленную вниз силу, действующую на контейнер. Изменение этой силы является результатом двух составляющих: изменения массы твердых частиц в контейнере и изменения внутреннего давления в блоке. Для того, чтобы сделать поправку на колебания давления, предусмотрен датчик 20 давления. Выходы как от силоизмерительного устройства 19, так и от датчика 20 давления соединены с контроллером 116. Это позволяет рассчитывать массу твердых частиц, отделенных с помощью системы и собранных в контейнере для сбора твердых веществ. Также предусмотрен дисплей, работающий в режиме реального времени, соединенный с контроллером, который отображает значения массы твердых частиц, собранных в контейнере. Следует отметить, что контроллер также может быть соединен с другими компьютерами или записывающими устройствами (не показаны) для обеспечения возможности анализа в режиме реального времени и сохранения данных и результатов анализа. В частности, контроллер также может быть соединен с насосами, используемые в системе вымывания, которые приводят в действие, когда масса собранных твердых частиц достигает определенного порогового значения. Когда это происходит, поток из скважины переключают на протекание через второй динамический сепаратор твердых частиц, и можно осуществлять вымывание твердых частиц, собранных в контейнере.

Система вымывания включает вход 114 для воды, кольцевое псевдоожижающее устройство 117 и выход 113 для воды/твердых частиц. Вход 114 и выход 113 соединены через кольцевой зазор между стенкой динамического сепаратора твердых веществ и контейнера для сбора твердых веществ с использованием секций трубы 112. Эти секции трубы содержат уплотнительные кольца на каждом конце и слегка закруглены на каждом конце так, что обеспечена возможность относительного перемещения между контейнером 118 для сбора проб и корпусом сепаратора твердых веществ. Тем самым обеспечивают соединение контейнера 118 для отбора проб с трубой 113 для извлечения твердых веществ с помощью первого гибкого соединителя, такого как уплотнительное кольцо, и с трубой 114 для вымывания жидкостью с помощью второго гибкого соединителя, такого как уплотнительное кольцо. Другими словами,

контейнер может немного перемещаться, по мере изменения массы собранных твердых частиц, по мере увеличения количества собранных твердых частиц и по мере вымывания твердых частиц из блока. Вода, закачиваемая через вход 114, поступает в кольцевое псевдоожигающее устройство. Это устройство включает направленные вниз струи, которые псевдоожигают твердые частицы и вытесняют полученную смесь воды и твердых частиц через центральную трубу 413 для сбора, по мере повышения давления в контейнере. Обычно смесь воды и твердых частиц 50/50 вымывают из контейнера для сбора твердых частиц. По мере вымывания твердых частиц из контейнера для сбора, масса твердых частиц, как показывает контроллер, снижается. После вымывания из блока большей части собранных частиц, выключают вымывающие насосы и флюид из скважины снова направляют в динамический циклон. Твердые частицы, вымываемые из динамического сепаратора твердых веществ, представляют собой входящий поток в установку отмывки и временного хранения твердых веществ, как показано на фиг. 1 и с помощью соответствующей группы вентиля, обозначенных 103. Следует отметить, что всеми вентилями, представленными в настоящем изобретении, можно управлять вручную или с помощью соответствующей системы управления, которая может быть определена специалистом в данной области техники и которая не показана.

Далее описана работа установки отмывки и временного хранения твердых веществ, со ссылками на фиг. 5. Как показано на фиг. 5, установка содержит блок сепаратора твердых веществ и систему 201 сбора, которая включает те же компоненты, что и динамический сепаратор твердых веществ, ранее подробно описанный в настоящем изобретении. Ключевое отличие состоит в том, что данный блок функционирует при низком давлении, тогда как динамические сепараторы твердых веществ работают при более высоком давлении эксплуатационной скважины. Кроме того, бункер 117 для песка в установке для отмывки значительно больше, чем контейнер 118 для сбора твердых веществ в сепараторах твердых веществ. Как правило, он в ~10 раз больше, так что твердые вещества со многих циклов вымывания из динамических сепараторов твердых веществ можно временно хранить и обрабатывать в любое время. Однако компонент 201 работает также, как уже описанные динамические сепараторы твердых веществ, включая его компонент вымывания с псевдоожиганием и элементы для измерения массы твердых веществ в контейнере для сбора, т.е. компоненты 19, 20, 115 и 116, которые действуют таким же образом.

На фиг. 5 показан сепаратор 202 нефти, который может представлять собой циклон или фильтр/абсорбер или любое другое устройство, которое известно специалисту в данной области техники. На фиг. 5 он представлен в виде циклона, который является предпочтительным воплощением. Также предусмотрен водяной циркуляционный насос 213, снабженный многочисленными вентилями, которые могут быть предназначены для достижения заданного режима циркуляции, и они описаны в связи с Фиг. 7-Фиг. 9. Следует отметить, что циркуляционный насос 213 размещен ниже по потоку от сепаратора твердых веществ и компонентов очистки, что позволяет снизить износ данного насоса, благодаря тому, что через него протекают очищенные флюиды. На каждом из этих чертежей пути потока показаны стрелками на трубопроводах. Следует отметить, что номера позиций компонентов на этих чертежах такие же, как используемые на фиг. 2 и 5.

На фиг. 6 представлен контейнер для отбора проб и взвешивания (КОПВ), установленный для обеспечения возможности отбора проб твердых частиц из добываемого потока 303. Добытые флюиды поступают из ряда скважин, на фиг. 6 показаны три скважины, но их может быть любое количество, в зависимости от конфигурации месторождения нефти и газа. Каждая скважина содержит вентили, обозначенные 302 и 304, которыми можно управлять вручную или автоматически с помощью компьютеризированной системы управления технологическими процессами (не показана) для направления потока либо непосредственно в добываемый поток 303, либо через динамические сепараторы твердых веществ и установку для отмывки и временного хранения твердых веществ. Контейнер для отбора проб и взвешивания представляет собой "Т"-образное ответвление от магистрали выпускаемого потока, где вентиль 301 обеспечивает регулирование потока в контейнер для отбора проб и взвешивания. КОПВ может быть предназначен для отбора проб непрерывно или периодически, по потребности. Он работает точно также, как как описано выше для контейнера 118 для сбора твердых веществ, показанного на фиг. 2 и для сбора твердых веществ в бункер 117 для песка, показанный на фиг. 5. После того, как контейнер для проб заполнен, что определяют с помощью контроллера 116 и как описано в других воплощениях настоящего изобретения, вентиль 301 закрывают, и твердые частицы из контейнера вымывают в установку для отмывки и временного хранения твердых веществ, как описано в других частях документа. В ходе отбора проб записывают скорость, с которой песок накапливается в КОПВ, с помощью контроллера 116, и ее используют для того, чтобы определить, когда содержание песка в добываемом потоке возрастает. Если происходит избыточный вынос песка, возможно избирательно закрывать каждую скважину поодиночке (или группами), чтобы определить в какой скважине (или группе скважин) происходит больший вынос песка. Затем добываемые флюиды из данной скважины (или группы скважин) могут быть избирательно направлены через динамический сепаратор твердых веществ, то есть, через вход, обозначенный 1 на фиг. 2 и затем через установку для отмывки и временного хранения твердых веществ, как описано в других частях документа. Магистрали и трубопроводы, требующиеся для осуществления этого, схематически представлены на фиг. 6, но зависят от конфигурации платформы. Система, представленная на фиг. 6 по-



звolyет автоматизировать сепаратор твердых веществ и установку для отмывки и временного хранения твердых веществ, обеспечивая более эффективную эксплуатацию платформы. Управление системы на фиг. 6 в равной степени можно осуществлять вручную с использованием показаний, записываемых и отображаемых в режиме реального времени на мониторе 115.

На фиг. 7 представлен контур вымывания, где твердые вещества, отделенные в контейнере 118 для сбора твердых веществ, извлекают из динамического сепаратора твердых веществ и направляют в установку 200 для отмывки и временного хранения твердых веществ. Показанный на фиг. 7 конкретный сепаратор твердых веществ, который опорожняют, больше не принимает флюиды из скважины, как ранее описано, и через вход 203, используя насос 213, закачивают свежую воду в псевдоожигающее устройство сепаратора 100 через вход 114. Твердые вещества и воду, выходящие из контейнера для сбора твердых веществ через выход 113, направляют в установку 200 для отмывки и временного хранения твердых веществ, как показано на фиг. 7. По мере прохождения твердых веществ через сепаратор 201 твердых веществ и очистки их с помощью центрифугирования (как описано в других воплощениях данного изобретения), собранные нефть и воду выводят из 204, как показано на фиг. 5, 7, 8 и 9. Очищенные твердые частицы падают в бункер для песка в установке 201 для отмывки и временного хранения твердых веществ. Смесь нефть/вода выводят через 204 и подают в сепаратор 202 нефти. Отделенную нефть из этого сепаратора выпускают в "грязный сборник" (не показан) через 215. Оттуда ее отправляют в отходы обычным экологически приемлемым способом или подают в поток добываемой нефти из скважины. Отделенную воду из 202 выпускают и, с использованием насоса 213, направляют обратно на вход 114 системы вымывания с псевдоожигением контейнера для сбора твердых веществ и выпускают с твердыми частицами через выход 113. Циркуляцию продолжают до полного опорожнения контейнера для сбора твердых веществ динамического сепаратора твердых веществ. Как только это происходит, динамический сепаратор твердых веществ подключают обратно к линии для приема флюидов из скважины и установку для отмывки и временного хранения твердых веществ переключают в режим отмывки твердых частиц, как показано на фиг. 8.

На фиг. 8 соответствующие вентили открыты/закрыты, чтобы обеспечить непрерывную циркуляцию собранных твердых веществ из динамического сепаратора 100 твердых веществ через установку для отмывки и временного хранения твердых веществ. Специалисту в данной области техники очевидно, что управление вентилями и насосами, применяемыми в системе, можно осуществлять вручную или с помощью автоматизированной системы управления (не показана). В течение этого процесса свежая вода и/или химические вещества для отмывки поступают в контур, по потребности, через 203. Твердые вещества и вода/химические вещества непрерывно циркулируют через систему, как показано на фиг. 8. В каждом цикле через систему твердые вещества очищаются в большей степени, до тех пор пока на них не остается минимальное количество нефти и их не признают очищенными в достаточной степени для утилизации путем сброса в море. Это осуществляют, используя контур, показанный на фиг. 9. Для анализа степени чистоты твердых частиц, можно отбирать пробы в любой момент, используя контейнер 300 для отбора производственных проб и взвешивания, как показано на фиг. 1 и подробно представлено на фиг. 6. Также возможно использовать многофазный расходомер (МФРМ) для измерения отношения нефть/вода в потоке, выходящем из 204, и когда содержание нефти становится ниже определенного количества, то в дальнейшей очистки нет необходимости. Кроме того, МФРМ можно использовать на любой линии протекания потока внутри системы для определения скорости любой из различных фаз (нефти, газа, воды и твердых частиц) внутри потока и дальнейшего использования этой информации для регулирования различных стадий в течение процесса, например для регулирования входной скорости потока для оптимизации процесса.

На фиг. 9 представлен циркуляционный контур для вымывания очищенных твердых частиц из бункера для песка в установку для отмывки и временного хранения твердых веществ. В данном случае, свежую или морскую воду подают через 203 и закачивают через систему вымывания с псевдоожигением в 201, используя насос 213. Смесь воды и очищенных твердых частиц выпускают из системы вымывания и перекачивают в море через 206 или в контейнер для сбора очищенных твердых веществ (не показан), как представлено на фиг. 9. Вымывание осуществляют до тех пор, пока большая часть очищенных твердых частиц не будет удалена из бункера для песка, что показывает система взвешивания твердых веществ: 19, 20, 115 и 116, как представлено на фиг. 5. После завершения вымывания, схему циркуляции в установке для отмывки и временного хранения твердых веществ переключают на другой режим, например, для отмывки дополнительного количества отделенных частиц из контейнера для сбора твердых веществ динамического сепаратора твердых веществ.

Применяя устройство, описанное в изобретении, можно удалять твердые частицы из флюидов, выпускаемых из нефтяной скважины или группы нефтяных скважин. Кроме того, отделенные твердые частицы, можно очистить от нефти до степени, позволяющей экономически эффективно утилизировать такие частицы. Этот также позволяет собирать нефть, удаленную с указанных твердых частиц, для возможной подачи в добываемый поток, таким образом извлекая максимально возможное при обычной добыче количество нефти. Такая система позволяет обеспечить значительные преимущества по сравнению с современно практикой и известным уровнем техники.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для отделения твердых частиц от углеродсодержащего флюида, добываемого на установке для добычи нефти и/или газа, включающее расположенный выше по потоку блок (100, 101) отделения частиц для разделения твердых частиц и флюида в вихревой камере (11), включающий входной трубопровод для подачи смеси флюида и частиц в вихревую камеру (11), первый сборник (118) для твердых частиц под вихревой камерой, входной трубопровод (114) для ввода псевдоожижающей текучей среды в нижнюю часть первого сборника, выходной трубопровод (113) для вывода псевдоожиженного потока твердых частиц в псевдоожижающей текучей среде из нижней части первого сборника и трубопровод для отвода флюида из вихревой камеры, и расположенный ниже по потоку блок (200, 201) отделения частиц, включающий сепаратор (201) частиц для приема псевдоожиженного потока из указанного выходного трубопровода и отделения твердых частиц от текучей среды и второй сборник (117) для приема твердых частиц из сепаратора частиц, где расположенный выше по потоку блок (100, 101) отделения частиц выполнен в виде блока для разделения смеси флюида и частиц при более высоком давлении, чем давление в блоке (200, 201) отделения частиц, расположенном ниже по потоку и предназначенном для разделения псевдоожиженного потока.

2. Устройство по п.1, дополнительно включающее устройство (202) для очистки текучей среды, соединенное с сепаратором (201) частиц, для очистки текучей среды, отделенной сепаратором частиц, возможно устройство для очистки текучей среды включает по меньшей мере одно устройство из центробежного сепаратора, фильтра, абсорбера или любое их сочетание для разделения нефти и водной текучей среды, и/или дополнительно включающее возвратный трубопровод для избирательного соединения выхода для воды устройства для очистки текучей среды с первым сборником (118) или вторым сборником.

3. Устройство по п.2, в котором возвратный трубопровод предназначен для подачи псевдоожижающей текучей среды в первый сборник, и возвратный трубопровод предназначен для подачи текучей среды для отмывки во второй сборник для отмывки твердых частиц во втором сборнике на стадии рециркуляции, причем вода транспортирует твердые частицы из второго сборника обратно в сепаратор частиц, возможно возвратный трубопровод предназначен для подачи вымывающей текучей среды во второй сборник для вымывания твердых частиц из второго сборника на стадии отправки в отходы твердых частиц, причем вода транспортирует твердые частицы из второго сборника к месту размещения отходов, удаленному от сепаратора частиц.

4. Устройство по любому из пп.1-3, включающее множество расположенных выше по потоку блоков (100, 101) отделения частиц, и расположенный ниже по потоку блок (200, 201) отделения частиц соединен со множеством расположенных выше по потоку блоков отделения частиц и предназначен для приема твердых частиц из соответствующих первых сборников одновременно или последовательно.

5. Устройство по любому из пп.1-4, в котором входной трубопровод включает спиральный канал, имеющий вход (1) и выход (16), причем площадь поперечного сечения на входе больше, чем площадь поперечного сечения на выходе, причем вихревая камера расположена под каналом для приема спирального потока из канала, возможно спиральный канал содержит ось и вход расположен дальше от оси, чем выход, также возможно спиральный канал предназначен для изменения формы площади поперечного сечения флюида, выходящего из выхода, по сравнению с формой площади поперечного сечения флюида, поступающего на вход.

6. Устройство по п.5, в котором вход имеет, по существу, круглое поперечное сечение, а выход имеет, по существу, многоугольное поперечное сечение, предпочтительно вход имеет круглое поперечное сечение, а выход имеет прямоугольное поперечное сечение.

7. Устройство по п.5 или 6, в котором выход имеет площадь поперечного сечения, которая на 10-40%, предпочтительно на 20-30%, более предпочтительно приблизительно на 25% меньше площади поперечного сечения входа, и/или спиральный канал проходит на угол поворота от 200 до 300°, предпочтительно от 235 до 270°.

8. Устройство по любому из пп.1-7, дополнительно включающее ограничитель (3) потока, расположенный на выходе (16), для регулирования выходной скорости флюида, при этом ограничитель потока выполнен с возможностью смещения для обеспечения регулирования выходной скорости флюида и/или регулирования давления флюида на выходе в зависимости от давления флюида, действующего на ограничитель потока.

9. Устройство по п.8, в котором смещение ограничителя потока обеспечивает автоматическое регулирование выходной скорости флюида в заданном диапазоне, и возможно устройство дополнительно включает привод (4) для регулирования положения ограничителя потока, чтобы таким образом регулировать выходную скорость флюида в заданном диапазоне.

10. Устройство по любому из пп.1-9, дополнительно включающее конический элемент (7) на нижнем конце вихревой камеры, содержащий верхний наконечник, нижний край и коническую поверхность с радиусом, постепенно возрастающим в направлении от наконечника к нижнему краю, причем нижний край входит в трубу (9, 10) диффузора, проходящую вниз из вихревой камеры к первому сборнику.

11. Устройство по п.10, в котором нижний край имеет диаметр, который больше ширины вихревой

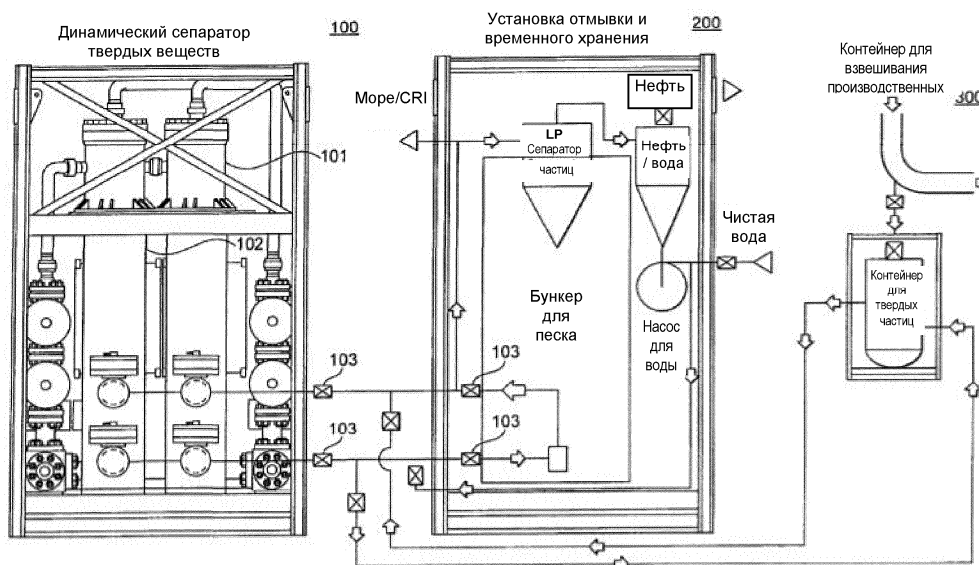
камеры, и вблизи нижнего края труба диффузора имеет ширину, которая больше, чем диаметр нижнего края, чтобы обеспечить кольцевой путь потока для твердых частиц, проходящих вниз через конический элемент из вихревой камеры к первому сборнику.

12. Устройство по любому из пп.3-11, дополнительно включающее устройство (19) для взвешивания твердых частиц, собранных в первом сборнике.

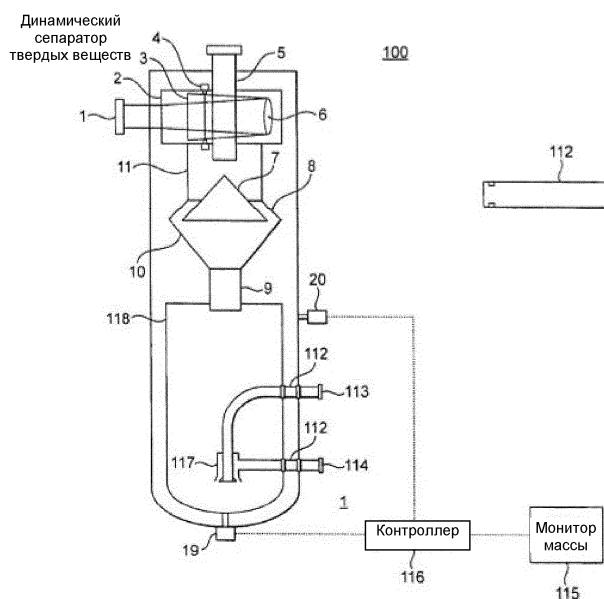
13. Устройство по п.12, дополнительно включающее датчик (20) давления для измерения внутреннего давления флюида вблизи первого сборника и контроллер (116) для корректировки значения массы, измеренного с помощью устройства для взвешивания, исходя из колебаний внутреннего давления флюида, измеряемого с помощью датчика давления.

14. Устройство по п.12 или 13, в котором первый сборник опирается на устройство для взвешивания или первый сборник выполнен с возможностью избирательного соединения с устройством для взвешивания так, чтобы обеспечить, по существу, неограниченное вертикальное перемещение, когда сборник опирается на устройство для взвешивания или находится с ним в соединении.

15. Установка для добычи нефти или газа, включающая устройство по любому из предшествующих пунктов.

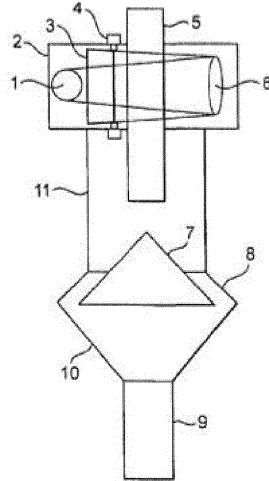


Фиг. 1

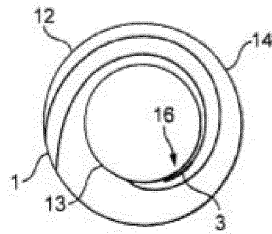


Фиг. 2

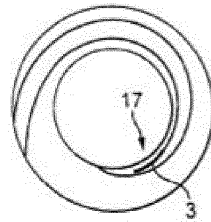
Динамический  
циклон



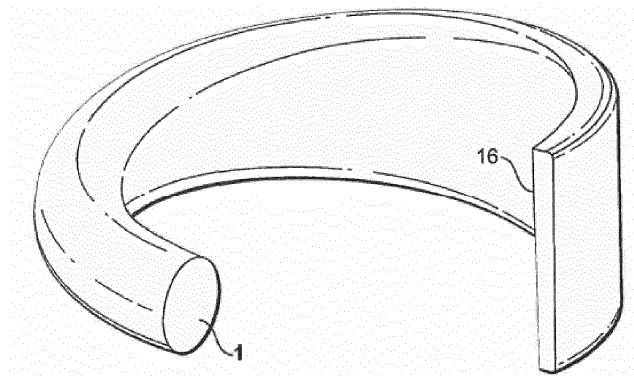
Фиг. 3а



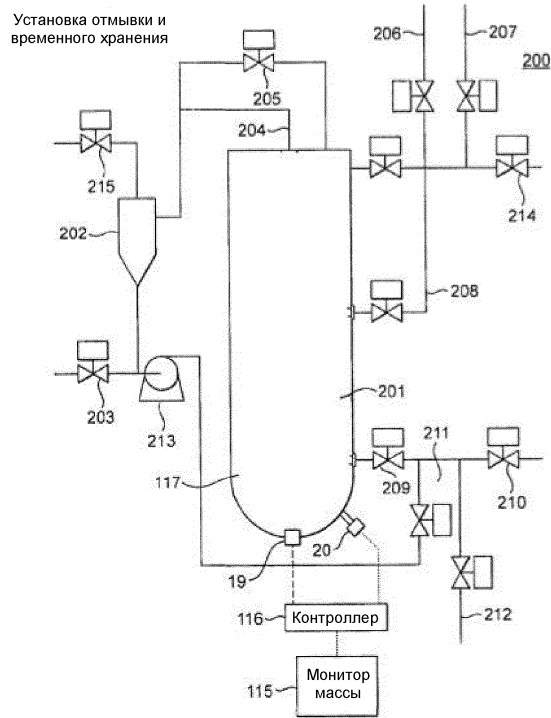
Фиг. 3б



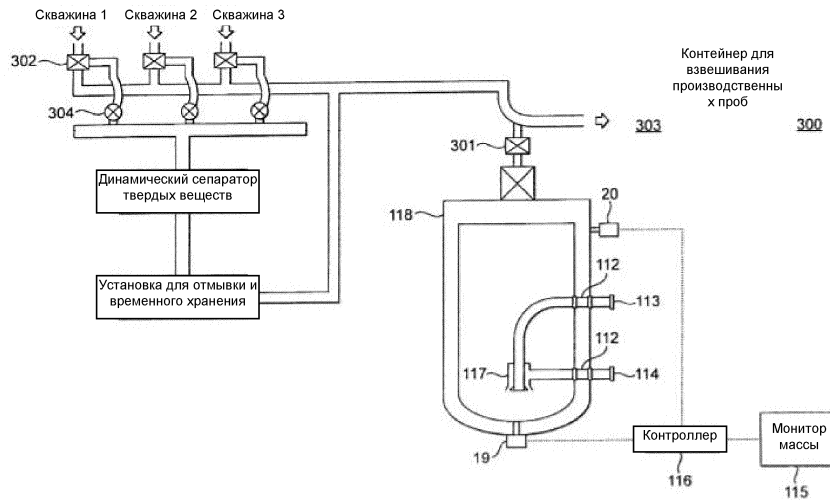
Фиг. 3с



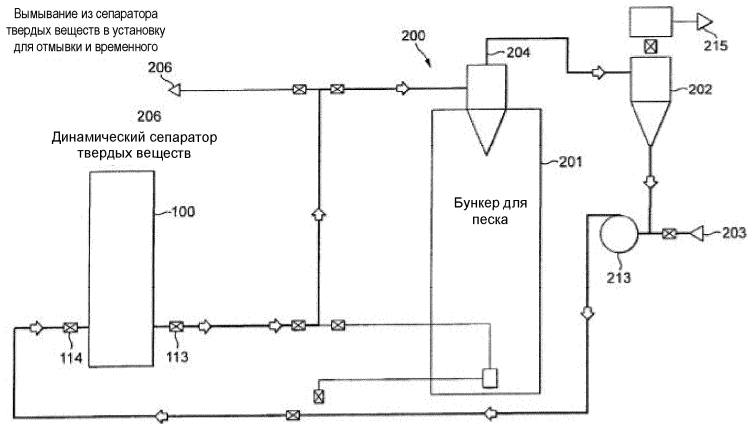
Фиг. 4



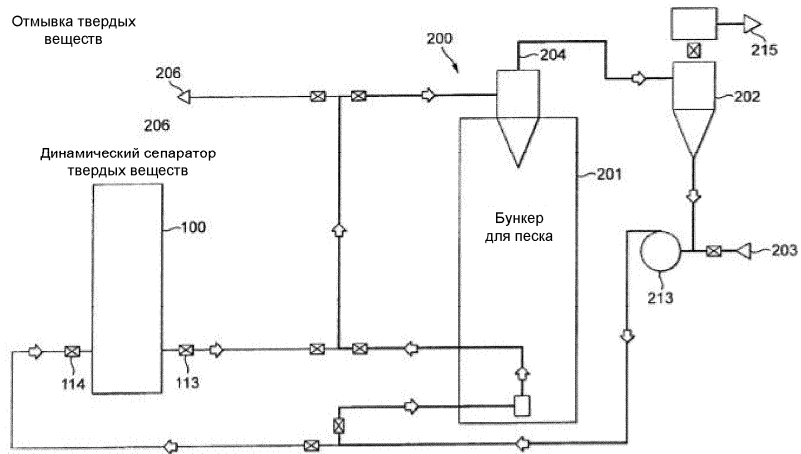
Фиг. 5



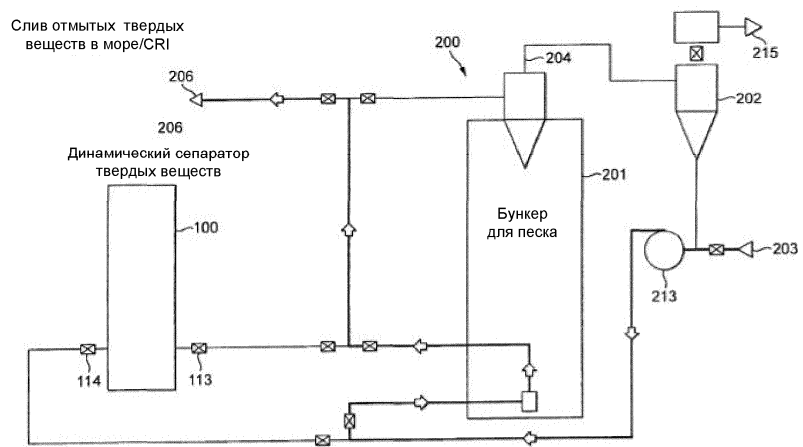
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9

