

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039519**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.02.07

(21) Номер заявки
202190278

(22) Дата подачи заявки
2019.07.12

(51) Int. Cl. *E21C 50/00* (2006.01)
E21F 13/04 (2006.01)
F04B 23/04 (2006.01)
F04F 1/08 (2006.01)
F04F 1/14 (2006.01)

(54) **НАСОСНАЯ СИСТЕМА**

(31) **1811632.7**

(32) **2018.07.16**

(33) **GB**

(43) **2021.07.31**

(86) **PCT/IB2019/055957**

(87) **WO 2020/016716 2020.01.23**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ВЕЙР МИНЕРАЛЗ НЕЗЕРЛАНДС
Б.В. (NL)**

(72) Изобретатель:
Ван Рейсвик Рудолфус (NL)

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

(56) WO-A1-2018085742
US-A-3873238
US-A-3449013
WO-A1-2018084831

(57) Описана насосная система для перекачивания среды. Система содержит по меньшей мере одну поперечную камеру обмена давлением, но предпочтительно множество камер обмена давлением. Каждая камера обмена давлением имеет клапанный механизм на каждом конце. Система также включает в себя нагнетательное выпускное отверстие на выпускном конце системы и механизм заполнения, выполненный с возможностью заполнения камеры обмена давлением средой. Объемный насос выполнен с возможностью перекачивания рабочей текучей среды в непосредственном контакте со средой, так что среда перекачивается из камеры обмена давлением в нагнетательное выпускное отверстие. Также описан способ перекачивания среды.

039519

B1

039519
B1

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к насосной системе. В частности, хотя не исключительно, настоящее изобретение относится к насосной системе для использования в минералоперерабатывающей промышленности.

Уровень техники

В минералоперерабатывающей промышленности одна проблема относится к транспортировке руды из подземных или поддонных месторождений на уровень поверхности. В большинстве таких применений эта транспортировка включает в себя подъем руды вертикально, а также ее транспортировку горизонтально.

Для относительно небольших вертикальных расстояний, конструкции на основе ленточного транспортера или тележки являются преобладающими способами транспортировки. Для подземных шахт наиболее преобладающим способом транспортировки является скиповый подъем, в котором скиповая тележка поднимается на поверхность после загрузки рудой под землей. При разработке ископаемых морского дна, которая является относительно новым применением, рассматривается множество способов, таких как скиповый подъем, аэродинамический подъем или гидравлический подъем. При гидравлическом подъеме руда смешивается с несущей текучей средой, например, водой, чтобы образовать суспензию из рудных частиц, которая затем может быть перекачана на поверхность. Смесь твердых частиц и несущей текучей среды называется пульпой.

При разработке ископаемых морского дна гидравлический подъем считается наиболее подходящим, поскольку руда обычно добывается, используя способы разработки на основе воды, доставляющие суспензию руды в воде в качестве так называемой несортированной (ROM) руды. Существует множество преимуществ использования гидравлического подъема для подземных и поддонных шахт. Эти преимущества включают в себя следующее.

Возведение подъемной трубы для гидравлического подъема из подземной шахты намного более экономически эффективно, чем возведение системы со скиповым подъемником, поскольку скважина для подъемной трубы может быть пробурена и имеет намного меньшее сечение, чем ствол, требуемый для скипового подъемника.

Возведение подъемной трубы и требуемая инфраструктура на поверхности для гидравлического подъема намного менее агрессивны, чем требуемые для скипового подъемника.

Подъемные трубы для гидравлического подъема не должны быть полностью вертикальными, что обеспечивает больше свободы в расположении точки на поверхности относительно подземной начальной точки.

Два последних преимущества особенно преимущественны для шахт в густозаселенных областях или со сложными рельефными условиями.

Гидравлический подъем является непрерывным процессом по сравнению с периодическим процессом скипового подъема, что позволяет большую автоматизацию процесса с меньшей зависимостью от оператора и его вмешательством.

При скиповом подъеме производительность ствола определенного сечения обратно пропорциональна глубине, поскольку время перемещения скиповых тележек определяет количество партий, которые тележка может поднимать в единицу времени. При гидравлическом подъеме производительность определяется скоростью потока и диаметром трубы, причем на производительность не влияет глубина.

Во время процесса разработки руда разбивается на меньшие частицы, так что с рудой можно обращаться как с гранулированным материалом. Однако уменьшение крупности перед этапом подъема предпочтительно ограничено, чтобы снизить требование к установке дорогого, энергоемкого измельчающего (уменьшающего размер частиц) оборудования вблизи места разработки, которое может находиться на морском дне или в подземной шахте.

Размеры частицы ROM руды, которая не подвергалась значительному дополнительному уменьшению крупности, лежат в диапазоне от 1 до 100 мм. При смешивании с водой это обеспечивает так называемую оседающую пульпу, в которой частицы быстро оседают, когда смесь задерживается. Пульпа является двухфазной смесью (жидкость с твердыми частицами, взвешенными или иным образом расположенными в ней). Это отличается от смесей, которые обычно используются в минералоперерабатывающих применениях. В смесях с мелкими частицами (диаметром менее 50 мкм) частицы оседают медленно, так что оседание не создает каких-либо проблем для транспортировки пульпы.

При гидравлическом подъеме руды относительно большие частицы в диапазоне от 1 до 100 мм должны быть взвешены в несущей текучей среде во время перемещения к поверхности по подъемной трубе. Глубины подъема обычно лежат в диапазоне от 100 до 2000 м для подземной разработки и 5000 м для разработки ископаемых морского дна. Главными вызовами для системы гидравлического подъема руды в такой среде будет относительно большой размер частиц, подлежащих перемещению, в сочетании с высоким давлением нагнетания, требуемым для типовых глубин подъема.

Относительно большой размер частиц накладывает ограничения на насосное оборудование, которое может быть использовано в системе гидравлического подъема руды. Доступны центробежные насосы с большими каналами для пульпы, которые могут работать с типовыми размерами частиц, но они ограни-

чены в высоте напора, которая обычно составляет менее 50 м. Этот потребует размещения большого количества таких насосов, включенных последовательно, чтобы выполнить требования по давлению в системе гидравлического подъема руды. С увеличением числа центробежных насосов, включенных последовательно, сложность системы увеличивается, и надежность системы снижается. Более того, энергетическая эффективность центробежных насосов с большими каналами для пульпы ограничена по сравнению с многоступенчатыми центробежными насосами для чистых жидкостей или объемными насосами, обычно 70% против 80 и 90% соответственно. Следовательно, использование множества центробежных насосов с большими каналами для пульпы в системах гидравлического подъема руды ограничено из-за этих недостатков.

Очевидно высокоэффективные многоступенчатые центробежные насосы для чистой жидкости согласно предшествующему уровню техники не подходят, так как площади сечения внутренних каналов обычно слишком малы и внутренние скорости слишком высоки, что приводит к чрезмерно высоким интенсивностям износа при работе с текучими средами, содержащими твердые частицы, или пульпами. Существуют объемные насосы согласно предшествующему уровню техники, выполненные с возможностью работы с абразивными пульпами, но они имеют ограничения при работе с частицами, превышающими 1 мм. Эти ограничения главным образом связаны с работой отсечных клапанов насосной камеры, которые не закрываются и не уплотняют надлежащим образом при наличии более крупных частиц. Более того, скорости потока в объемных насосах согласно предшествующему уровню техники обычно слишком малы, чтобы обеспечить надежную взвешенность больших частиц, что приводит к блокированию при работе со значительными количествами этих более крупных частиц.

Чтобы преодолеть некоторые из этих проблем, в прошлом были предложены несколько идей по обмену давлением. В системе обмена давлением камера обмена давлением сначала заполняется текучей средой, подлежащей перекачиванию (называемой перекачиваемая текучая среда), через клапанный механизм посредством системы заполнения низкого давления. При заполнении перекачиваемая текучая среда вытесняет текучую среду, уже находящуюся в камере обмена давлением (называемую рабочей текучей средой), из камеры посредством еще одного клапанного механизма. Как только камера заполнена перекачиваемой текучей средой, клапаны впускного отверстия для перекачиваемой текучей среды и выпускного отверстия для рабочей текучей среды закрываются. Последовательно впускной клапан рабочей текучей среды высокого давления и выпускной клапан перекачиваемой текучей среды высокого давления открываются, позволяя рабочей текучей среде высокого давления войти в камеру обмена давлением и тем самым вытеснить перекачиваемую текучую среду из камеры через выпускной клапан перекачиваемой текучей среды в нагнетательный патрубок высокого давления.

Однако все системы обмена давлением согласно предшествующему уровню техники основаны на насосах для чистой жидкости, чтобы подавать рабочую текучую среду высокого давления в систему. Для этой цели большинство систем обмена давлением согласно предшествующему уровню техники использует высокоэффективные многоступенчатые центробежные насосы для чистой жидкости. Текучая среда, поступающая из камеры обмена давлением, при заполнении камеры перекачиваемой текучей средой, обычно используется повторно в качестве рабочей текучей среды, чтобы снизить любые потери рабочей текучей среды. Следовательно, большинство систем обмена давлением согласно предшествующему уровню техники используют отделяющий элемент в камере обмена давлением, который отделяет перекачиваемую текучую среду от рабочей текучей среды. Работа этого отделяющего элемента состоит в предотвращении смешивания рабочей текучей среды и перекачиваемой текучей среды во время обмена давлением между ними. Системы обмена давлением согласно предшествующему уровню техники используют отделяющие элементы различных видов и форм, включая в себя: поплавковые клапаны в вертикально расположенных камерах обмена давлением, плавающие поршни в горизонтально расположенных камерах обмена давлением и герметично уплотненные гибкие отделяющие элементы различных видов и форм, например, цилиндрические диафрагмы или мембраны, и формы в виде баллона или шланга.

Однако плавающие отделяющие элементы не обеспечивают герметичное уплотнение между перекачиваемой текучей средой и рабочей текучей средой, что приводит к смешиванию обеих текучих сред. В системе обмена давлением, работающей с абразивными пульпами, это приводит к загрязнению рабочей текучей среды, вытесняемой из камеры обмена давлением во время заполнения камеры перекачиваемой текучей средой. Это загрязнение необходимо будет удалить из рабочей текучей среды перед повторным использованием, чтобы предотвратить чрезмерные интенсивности износа в насосах с рабочей текучей средой высокого давления. Полная очистка рабочей текучей среды от загрязнения непрактична или невозможна, что затем приводит к сниженной надежности насосов с рабочей текучей средой высокого давления вследствие загрязнения рабочей текучей среды.

Некоторые системы обмена давлением согласно предшествующему уровню техники предпринимают попытки ограничить смешивание через плавающий отделяющий элемент путем использования вертикально расположенной камеры обмена давлением, что позволяет частицам оседать в направлении от отделяющего элемента. Хотя это может работать для частиц среднего размера в диапазоне от 100 до 500 мкм, более мелкие частицы не оседают в направлении от отделяющего элемента достаточно быстро и более того поддерживаются во взвешенном состоянии турбулентным течением в камере обмена давлени-

ем. Частицы, превышающие в размере приблизительно 500 мкм, оседают в направлении от отделяющего элемента, но будут оседать слишком быстро и будут образовывать осадок в нижней части камеры обмена давлением. Если количество или общий объем более крупных частиц слишком велик, это будет вызывать блокирование нижней части камеры обмена давлением, препятствуя отведению перекачиваемой текучей среды в нагнетательный патрубок высокого давления.

Более того, скорости плавающего отделяющего элемента должны быть ограничена для обеспечения его долговечности. Это накладывает ограничения на скорости текучей среды в камерах обмена давлением, дополнительно ограничивая их успешное применение для оседающих смесей с большими частицами, которые имеют место в применениях для гидравлического подъема руды, независимо от вертикального или горизонтального расположения камеры обмена давлением. Причина состоит в том, что требуются относительно высокие скорости потока, чтобы предотвратить оседание частиц в пульпе.

Системы обмена давлением согласно предшествующему уровню техники, используя герметично уплотняющие отделяющие элементы, предотвращают смешивание перекачиваемой текучей среды и рабочей текучей среды. Однако герметично уплотненные отделяющие элементы накладывают геометрические ограничения на размеры и соотношение сторон камеры обмена давлением. Ограничение размеров приводит к относительно малым объемам, подлежащим вытеснению за один цикл. В сочетании с требованиями к наименьшей скорости потока в камере обмена давлением для обеспечения взвешенности частиц, подлежащих перемещению, это приведет к относительно коротким периодам цикла. Короткие периоды цикла приводят к большему количеству приведений в действие клапана, приводя к высоким интенсивностям износа клапана при работе в присутствии более крупных частицы. Короткие периоды цикла дополнительно ограничивают периоды неработающего потока вокруг клапанов, который в противном случае может быть использован, чтобы позволить более крупным частицам осесть в направлении от рабочих уплотняющих поверхностей в клапане. Герметично уплотненные системы обмена давлением согласно предшествующему уровню техники обычно используют вертикальное или по меньшей мере наклонное расположение камеры обмена давлением с впускным и выпускным клапанами для перекачиваемой текучей среды на нижнем конце, и впускным и выпускным клапанами для рабочей текучей среды на верхнем конце, тем самым используя оседание более крупных частицы, чтобы способствовать опустошению камеры обмена давлением во время фазы отведения в цикле. Однако вертикальное расположение приводит к оседанию более крупных частиц в нижней части камеры обмена давлением, препятствуя отведению из камеры, когда количества осадков слишком велики. Это ограничивает концентрацию твердых частиц, с которой может работать такая система обмена давлением, и требует относительно коротких фаз заполнения и отведения в диапазоне от 2 до 5 с при работе с оседающими смесями с более крупными частицами.

Всем системам обмена давлением согласно предшествующему уровню техники, использующим отделяющий элемент, необходимо останавливать заполнение или отведение из камеры обмена давлением, когда отделяющий элемент достиг конечной точки своего допустимого перемещения. Работа за этими пределами либо приведет к повреждению отделяющего элемента, либо к резкой остановке потока в или из камеры обмена давлением. Это накладывает дополнительные ограничения на работу системы, особенно когда используется множество камер, включенных параллельно, которые подлежат заполнению и отведению последовательно. Во-первых, конечная точка перемещения требует обнаружения, что обычно требует наличия некоторого устройства обнаружения, которое может не быть простым. Время фазы заполнения и отведения фиксировано, когда используются фиксированные скорости потока заполнения/отведения, и не позволяет удлинение, например, фазы отведения одной камеры, когда следующая камера, включенная последовательно, еще не готова. Поскольку отделяющий элемент должен оставаться внутри камеры обмена давлением, некоторое количество перекачиваемой текучей среды будет оставаться в камере обмена давлением в конце фазы отведения. Конкретно, при транспортировке пульп с более крупными частицами, это требует дополнительных мер для предотвращения постепенного скапливания более крупных частиц внутри камеры обмена давлением. Большинство систем обмена давлением согласно предшествующему уровню техники, предполагаемых для работы с пульпами с более крупными частицами, будут пробовать выполнить это, используя вертикальное или по меньшей мере расположение с крутым наклоном камеры обмена давлением.

Некоторые предложенные открытые системы обмена давлением согласно предшествующему уровню техники могут использовать камеры обмена давлением в виде вытянутой трубки, но основаны на подаче чистой текучей среды к насосу рабочей текучей среды высокого давления, поскольку они используют высокоэффективный многоступенчатый центробежный насос для чистой текучей среды. Это ограничивает прямое повторное использование рабочей текучей среды, выталкиваемой из камеры обмена давлением во время фазы заполнения, вследствие ее загрязнения посредством смешивания перекачиваемой среды и рабочей текучей среды.

Повторное использование несущей текучей среды (жидкая часть перекачиваемой среды) после отделения твердых частиц в конце системы транспортировки или подъема ограничено, поскольку несущая текучая среда загрязнена также более мелкими частицами. В обоих случаях требуется существенное отделение твердых частиц, чтобы обеспечить надежную работу насосов для рабочей текучей среды, кото-

рые не предназначены для работы с загрязненными текучими средами.

Более того, открытые системы обмена давлением согласно предшествующему уровню техники обычно используют ножевые шибберные задвижки в качестве впускного и выпускного клапанов для текучей среды. Эти клапаны открываются, когда приводятся в действие, независимо от разности давлений до и после клапана. Это может вызывать высокие скорости потока при открытии в условиях с не выравненным давлением, что приводит к высоким интенсивностям износа при работе с абразивными пульпами.

Использование центробежных насосов рабочей текучей среды дополнительно усложняет обеспечение потока в камере обмена давлением и линии транспортировки или подъемнике на поверхность в системах гидравлического подъема руды. Центробежный насос обеспечивает скорость потока, которая зависит от давления, которое он должен обеспечивать, на что кроме того оказывает влияние износ рабочего колеса насоса. В системе гидравлического подъема руды очень важно обеспечить, чтобы скорости транспортировки в системе были выше критических скоростей оседания, чтобы предотвратить скапливание твердых частиц в системе, что может привести к блокированию системы. Возможен некоторый контроль за скоростью потока посредством управления скоростью центробежных насосов для рабочей текучей среды, но он ограничен, поскольку центробежные насосы имеют относительно узкий диапазон расхода, в котором они работают надежно с высокой эффективностью.

Среди задач варианта осуществления настоящего изобретения стоит устранение или ослабление описанных выше недостатков или других недостатков предшествующего уровня техники.

Различные аспекты, подробно описанные далее, не зависят друг от друга, за исключением, где указано иное. Любой пункт, соответствующий одному аспекту, не включает в себя какой-либо элемент или признак других аспектов, если это явно не указано в этом пункте.

Ссылка в этом описании на любую предшествующую публикацию (или информацию, полученную из предшествующей публикации), или на любые известные сведения, не является и не должна считаться подтверждением или признанием или любой формой указания, что предшествующая публикация (или информация, полученная из предшествующей публикации) или известные сведения образуют часть известного уровня техники в области деятельности, к которой относится это описание, или даже противопоставлены в качестве предшествующего уровня техники этой заявке.

Раскрытие изобретения

Раскрытие изобретения приведено для представления отбора идей в упрощенном виде, которые дополнительно описаны ниже в подробном описании. Настоящее раскрытие не определяет ключевые признаки или основные признаки заявленного объекта изобретения и не ограничивает объем заявленного объекта изобретения.

Согласно первому аспекту, обеспечена насосная система для перекачивания среды, причем система содержит: (i) по меньшей мере одну камеру обмена давлением, содержащую поперечную вытянутую трубу, имеющую клапанный механизм на каждом конце; (ii) нагнетательное выпускное отверстие на выпускном конце системы; (iii) механизм заполнения, выполненный с возможностью заполнения камеры обмена давлением средой; и (iv) объемный насос, выполненный с возможностью накачивания рабочей текучей среды в непосредственном контакте со средой, так чтобы среда вытеснялась посредством рабочей текучей среды из камеры обмена давлением в нагнетательное выпускное отверстие.

Среда может содержать однофазную или многофазную смесь. Примером однофазной смеси является вода; примером двухфазной смеси является жидкость с частицами руды (также называемая пульпа) или паста (которая является смесью, образованной из высококонцентрированной суспензии очень малых частиц). Частицы руды могут иметь размеры от 1 мм до приблизительно 100 мм. Пульпа может содержать оседающие частицы в несущей текучей среде, причем эта смесь называется оседающая пульпа.

Камера обмена давлением (иногда называемая насосная камера) содержит поперечную вытянутую трубу. Труба может быть относительно длинной, например, 100 м в длину, в некоторых вариантах осуществления, труба может быть по меньшей мере 10 м в длину. Труба может продолжаться в поперечном направлении (ближе к горизонтальному направлению, чем к вертикальному направлению). Поперечное направление может в общем быть направлением в плоскости (горизонтальной или в общем горизонтальной) или направлением с относительно пологим наклоном, прямолинейным, изогнутым или спиральным образом. Труба может продолжаться в общем в направлении по уровню (несмотря на локальные отклонения от него) вдоль морского дна, земли или другой поверхность. Длина трубы может быть определена или на нее может повлиять скорость потока (среды, заполняющей трубу) и требуемое время заполнения и отведения; например, при скорости потока 4 мс⁻¹ для времени заполнения за 25 с потребуется труба длиной 100 м. В некоторых вариантах осуществления длина трубы может быть выбрана из диапазона от 20 до 400 м.

Рабочая текучая среда может содержать однофазную текучую среду, такую как вода (морская вода, опресненная вода, необработанная вода или подобное).

Первый клапанный механизм предпочтительно расположен на одном конце камеры обмена давлением и содержит впускной клапан рабочей текучей среды, выпускной клапан рабочей текучей среды, компрессионный клапан и декомпрессионный клапан. Эти клапаны предпочтительно подходят для ис-

пользования с высокими давлениями (например более 40 бар). Эти клапаны могут содержать приводные клапаны.

Чтобы позволить открытие впускного и выпускного клапанов рабочей текучей среды в среде с в общем выравненным давлением, может быть обеспечена линия для выравнивания давления. Эта линия для выравнивания давления может включать в себя компрессионный или декомпрессионный клапан для камеры обмена давлением в виде обводной конструкции (то есть в обход впускного и выпускного клапанов рабочей текучей среды).

Компрессионный клапан обеспечен для обхода впускного клапана рабочей текучей среды, так чтобы давление в камере обмена давлением могло быть поднято перед открытием впускного клапана рабочей текучей среды; тем самым уменьшая усилие, требуемое для открытия клапана, и снижая скорость потока текучей среды через впускной клапан рабочей текучей среды при открытии. Это имеет преимущество в части продления срока службы впускного клапана рабочей текучей среды.

Аналогично, декомпрессионный клапан обеспечен для обхода выпускного клапана рабочей текучей среды, так чтобы давление в камере обмена давлением могло быть снижено перед открытием выпускного клапана рабочей текучей среды; тем самым облегчая отведение рабочей текучей среды через выпускной клапан рабочей текучей среды при его открытии.

Компрессионный и декомпрессионный клапаны предпочтительно предназначены для открытия при большой разности давлений. Однако эти клапаны главным образом позволяют течение рабочей текучей среды (не среды, подлежащей перекачиванию) и, следовательно, работают с более чистой текучей средой (имеющей меньшее количество частиц или по меньшей мере меньшее количество частиц больших размеров).

Путем использования объемного насоса, насосная система имеет преимущество в том, что не требует сложного устройства управления для обеспечения того, что скорость потока достаточна для предотвращения оседания вследствие действия сил гравитации. Причина состоит в том, что объемный насос создает постоянную скорость потока, которая не зависит от давления. Путем использования объемного насоса для вытеснения среды из поперечной камеры обмена давлением, открытие и закрытие клапанов, позволяющих подачу и выпуск рабочей текучей среды, может управляться по времени, не требуя сложных датчиков.

Путем использования объемного насоса, рабочая текучая среда не должна быть чистой водой, а может содержать небольшие частицы, например частицы менее 500 мкм.

Использование системы обмена давлением имеет преимущество в том, что механизм заполнения может предварительно заполнять камеру обмена давлением средой, подлежащей перекачиванию, в нагнетательное выпускное отверстие (не требуя насоса высокого давления); после этого, объемный насос может вытеснить среду в нагнетательное выпускное отверстие под высоким давлением.

Второй клапанный механизм предпочтительно расположен в конце камеры обмена давлением вблизи нагнетательного выпускного отверстия и содержит выпускной клапан перекачиваемой текучей среды (или среды) (также называемый нагнетательным клапаном) и впускной клапан перекачиваемой текучей среды (или среды) (также называемый всасывающим клапаном). Впускной клапан перекачиваемой текучей среды и выпускной клапан перекачиваемой текучей среды открываются в ситуации выравненного давления, когда давление в камере обмена давлением надлежащим образом уменьшено или увеличено соответственно. Эти клапаны могут содержать приводные клапаны.

Выпускной и впускной клапаны перекачиваемой текучей среды предпочтительно подходят для использования с высокими давлениями (например более приблизительно 40 бар).

Впускной клапан рабочей текучей среды может быть открыт одновременно (или приблизительно в то же время) что и выпускной клапан перекачиваемой текучей среды, в то время как выпускной клапан рабочей текучей среды и впускной клапан перекачиваемой текучей среды остаются закрытыми.

Аналогично, впускной клапан перекачиваемой текучей среды может быть открыт одновременно (или приблизительно в то же время) что и выпускной клапан рабочей текучей среды, в то время как выпускной клапан перекачиваемой текучей среды и впускной клапан рабочей текучей среды остаются закрытыми.

В предпочтительных вариантах осуществления, закрытие впускного клапана и выпускного клапана перекачиваемой текучей среды задержано относительно впускного клапана и выпускного клапана рабочей текучей среды; другими словами, впускной клапан и выпускной клапан рабочей текучей среды закрываются до закрытия впускного клапана и выпускного клапана перекачиваемой текучей среды. Это имеет преимущество в остановке потока рабочей текучей среды (и, следовательно, также поток среды) до закрытия впускного клапана и выпускного клапана перекачиваемой текучей среды. Это позволяет более крупным частицам в среде оседать в направлении от впускного клапана и выпускного клапана перекачиваемой текучей среды, до закрытия впускного клапана и выпускного клапана перекачиваемой текучей среды; тем самым снижая риск захвата больших частиц среды в клапане (которые в противном случае могут повредить клапан и препятствовать его закрытию и тем самым препятствуя продолжению рабочей последовательности).

В предпочтительных вариантах осуществления впускной и выпускной клапаны рабочей текучей

среды могут содержать приводные клапаны, такие как приводные, обратные, тарельчатые клапаны, так чтобы геометрия клапана способствовала открытию и закрытию клапан. Разность давлений, при которой тарельчатые клапаны открываются, обычно мала по сравнению с нагрузкой от давления, которую они могут воспринимать при блокировании потока в обратном направлении.

Впускной и выпускной клапаны перекачиваемой текучей среды могут содержать автоматические клапаны, но в предпочтительных вариантах осуществления они содержат приводные клапаны, такие как приводные, обратные, тарельчатые клапаны.

Приводные клапаны обычно позволяют большее открытие клапана по сравнению с автоматическими клапанами. Большее открытие клапана позволяет прохождение более крупных частиц по сравнению с автоматическими клапанами. Более того, приводные клапаны позволяют большую гибкость в отношении тайминга, это например позволяет задержанное закрытие впускного и выпускного клапанов перекачиваемой текучей среды относительно выпускного и впускного клапанов рабочей текучей среды.

Преимущество клапанов, открывающихся только когда имеет место небольшая разность давлений на клапане, состоит в том, что клапаны открываются автоматически, как только давления с обеих сторон приблизительно одинаковые. Если клапан был открыт с большой разностью давлений, текучая среда будет течь через клапан с высокой скоростью, когда клапан начнет открываться, в попытке выравнять давления с обеих сторон клапана. Там, где текучая среда, проходящая через клапан, является пульпой, высокоскоростной поток содержит твердые частицы, которые будут быстро подвергать эрозии корпус и седло клапана.

В некоторых вариантах осуществления тарельчатые клапаны являются приводными тарельчатыми клапанами. Предпочтительно, усилие, прикладываемое приводом, таково, чтобы способствовать открытию клапана, когда разность давлений мала (например менее 5 бар), а не заставлять клапан открываться, даже если разность давлений велика (например, более 40 бар или вне зависимости от полной разности давлений на насосе).

Предпочтительно, тарельчатые клапаны расположены так, что разность давлений на клапанах, когда они закрыты, способствует удерживанию клапанов в закрытом положении. Для впускного и выпускного клапанов перекачиваемой текучей среды, направление потока перекачиваемой текучей среды (среды и рабочей текучей среды) способствует открытию этих клапанов. Для впускного и выпускного клапанов рабочей текучей среды, направление потока перекачиваемой текучей среды (среды и рабочей текучей среды) работает наоборот, способствуя закрытию клапанов.

В некоторых вариантах осуществления компрессионный и декомпрессионный клапаны содержат приводные шаровые клапаны или тарельчатые клапаны, или любой другой тип клапана, который может быть приведен в действие в присутствии большой разности давлений на клапане. Обводные линии, в которых расположены компрессионный и декомпрессионный клапаны, могут дополнительно иметь заслонку, установленный последовательно с компрессионным и декомпрессионным клапанами, чтобы ограничить и управлять скоростью потока во время компрессии и декомпрессии.

Первый и второй клапанные механизмы могут содержать приводные, тарельчатые, обратные клапаны, которые ориентированы и выполнены так, что разность давлений на каждом клапане действует на стороне нагнетания клапана, чтобы способствовать поддержанию клапана в закрытом положении, когда клапаны не приведены в действие. Это имеет преимущество в том, что не требуется дополнительное (внешнее) усилие, чтобы поддерживать клапаны в закрытом положении.

Первый клапанный механизм может содержать приводные, тарельчатые, обратные клапаны, которые ориентированы и выполнены так, что направление потока рабочей текучей среды способствует закрытию этих клапанов.

Второй клапанный механизм может содержать приводные, тарельчатые, обратные клапаны, которые ориентированы и выполнены так, что направление потока перекачиваемой среды способствует открытию этих клапанов.

Усилие привода может быть выбрано так, что клапаны открываются только в присутствии небольшой разности давлений (например менее 10 бар), даже когда приведены в действие. Это позволяет избежать требования к точному таймингу открытия клапанов, поскольку клапан может быть приведен в действие до того, как разность давлений будет достаточно мала, чтобы клапан открылся автоматически, когда надлежащая разность давлений достигнута. Это имеет преимущество в том, что исключается чрезмерный износ вследствие высокой скорости потока, вызванной большой разностью давлений.

В некоторых применениях, например, при глубоководной морской добыче, выпускной клапан рабочей текучей среды может отводить рабочую текучую среду в окружающую воду. В других применениях, например, при подземной добыче, выпускной клапан рабочей текучей среды может отводить рабочую текучую среду в резервуар или в питающую линию другого насоса перекачиваемой текучей среды, такого как второй объемный насос.

Впускной клапан рабочей текучей среды должен герметизировать питающую линию рабочей текучей среды высокого давления от низкого давления в камере обмена давлением, когда камеры обмена давлением заполняется средой. Выпускной клапан рабочей текучей среды должен герметизировать камеру обмена давлением под высоким давлением от выпускной линии рабочей текучей среды низкого дав-

ления, когда среда отводится из камеры обмена давлением. Впускной (всасывающий клапан) клапан перекачиваемой текучей среды должен герметизировать камеру обмена давлением под высоким давлением от питающей или всасывающей линии рабочей среды низкого давления, когда среда отводится из камеры обмена давлением. Выпускной (нагнетательный) клапан перекачиваемой текучей среды должен герметизировать нагнетательную линию рабочей среды высокого давления от низкого давления в камере обмена давлением, когда камера обмена давлением заполняется средой.

Предпочтительно объемный насос перекачивает рабочую текучую среду в том же направлении (а не в поперечном направлении к), что и направление, в котором среда течет, когда вытесняется к выпускному концу. Предпочтительно, где камера обмена давлением является трубой, рабочая текучая среда и среда перекачиваются продольно относительно камеры обмена давлением.

Механизм заполнения может содержать центробежный насос, который имеет преимущество в том, что он может работать непосредственно с большими частицами и может иметь относительно высокую скорость потока. Альтернативно, механизм заполнения может содержать систему с подачей самотеком, которая имеет преимущество в том, что исключает необходимость в дополнительном насосе. Другие варианты включают в себя винтовой насос или любой другой подходящий насос или подающий механизм.

Нагнетательное выпускное отверстие может содержать подачу к подъемнику, где подъемник продолжается из нагнетательного выпускного отверстия на уровень поверхности. Уровень поверхности может быть более чем на 100 м выше нагнетательного выпускного отверстия. Альтернативно, нагнетательное выпускное отверстие может содержать подачу к нагнетательному контейнеру или подачу в горизонтальную транспортную линию несколько большей длины, требующей высокого давления.

В некоторых вариантах осуществления множество камер обмена давлением соединены параллельно.

Если используется только одна камера обмена давлением, тогда могут возникнуть проблемы вследствие пульсации перекачиваемой среды. Более того, при одной камере обмена давлением, фаза заполнения и фаза отведения не могут быть непрерывными.

Преимущество параллельного использования двух камер обмена давлением состоит в том, что одна из камер обмена давлением может быть заполнена (или быть в процессе заполнения) средой, в то время как другая камера обмена давлением осуществляет отведение, используя рабочую текучую среду. Возможно непрерывное отведение, но фаза заполнения должна быть ускорена относительно фазы отведения, чтобы быть готовой прийти на смену, как только другая камера закончила свою фазу отведения.

Преимущество параллельного использования трех камер обмена давлением состоит в том, что по меньшей мере одна камера обмена давлением может быть полностью заполнена средой и готова к отведению, в то время как другие камеры обмена давлением осуществляют отведение. Например, одна из камер обмена давлением может быть полностью заполнена, ожидая отведения; другая камера обмена давлением может быть подвержена процессу заполнения, но при этом не быть полностью заполненной (то есть процесс заполнения продолжается для этой камеры обмена давлением); и третья камера обмена давлением может быть подвержена процессу отведения (то есть процесс отведения продолжается для третьей камеры обмена давлением).

Это позволяет непрерывное заполнение и отведение, с запасом безопасности по таймингу отдельных фаз.

Более трех камер обмена давлением может быть использовано, если требуется избыточность, например, в глубоководных применениях, где доступ к камерам обмена давлением для технического обслуживания или замены может быть сложным или дорогостоящим.

Где обеспечено множество камер обмена давлением, системный контроллер (или усовершенствованный привод клапана) может быть обеспечен для приведения в действие компрессионного и декомпрессионного клапанов и впускного и выпускного клапанов в надлежащее время для обеспечения того, что одна камера обмена давлением заполнена средой, в то время как другая камера обмена давлением заполняется средой.

Объемный насос может быть расположен на приблизительно такой же высоте (или глубине), что и камера или камеры обмена давлением. Это имеет преимущество в том, что объемный насос расположен вблизи камер обмена давлением, тем самым улучшая время отклика на нагрузку при переключении между камерами обмена давлением.

Когда камеры обмена давлением расположены под землей (в отличие от морского дна) это имеет недостаток в том, что объемный насос должен поставлять полную мощность, чтобы преодолеть нагнетательное выпускное отверстие (то есть поднять среду на поверхность). Требуемое давление является суммой гидростатического давления смеси в подъемнике (от нагнетательного выпускного отверстия до поверхности) и потерей давления от трения в подъемнике. Более того, потребление энергии велико, поскольку объемный насос должен преодолевать большое давление, чтобы поднимать среду на поверхность. Когда камеры обмена давлением расположены на морском дне, окружающая вода может быть использована в качестве рабочей текучей среды, и она имеет гидростатическое давление, зависящее от глубины, таким образом объемный насос должен преодолевать только разность давлений вследствие различия плотности морской воды и среды в подъемнике, плюс потери от трения в подъемнике.

Кроме того, обеспечение мощного источника питания там, где расположены камеры обмена давлением, может быть дорогостоящим (например внизу в шахте или на морском дне).

Альтернативно объемный насос может быть расположен на значительно большей высоте, чем камера или камеры обмена давлением (например на уровне поверхности шахты или на плавучей платформе или лодке на поверхности воды). Располагая объемный насос на поверхности, мощный источник питания может быть установлен на поверхности. Номинальное давление объемного насоса может быть значительно ниже, поскольку предельное давление, подлежащее созданию объемным насосом, намного ниже, так как рабочая текучая среда имеет преимущество гидростатического давления при перекачивании до камеры обмена давлением. Потребление энергии намного ниже при использовании гидростатического давления в питающей линии рабочей текучей среды в случае подземной разработки.

Объемный насос требует источника текучей среды для использования в качестве рабочей текучей среды. Источник рабочей текучей среды может являться внешним источником, или он может быть обеспечен из рабочей текучей среды, вытесняемой из выпускного клапана рабочей текучей среды, или он может быть обеспечен из отведения насосной системы посредством повторного использования несущей текучей среды после удаления более крупных частиц из перекачиваемой среды, или из их комбинации. Эта текучая среда должна быть либо восстановлена (для повторного использования), либо заменена, или использована их комбинация. В некоторых вариантах осуществления, использованная рабочая текучая среда может не использоваться повторно в качестве рабочей текучей среды, но может использоваться повторно в качестве несущей текучей среды для среды, подлежащей перекачиванию.

Рабочая текучая среда может быть обеспечена с поверхности или с той же высоты, что и камера или камеры обмена давлением. В данном контексте положительная высота относится к высоте выше уровня поверхности (который может являться уровнем моря), и отрицательная высота относится к глубине ниже поверхности, таким образом высота может относиться либо к высоте выше, либо к глубине ниже поверхности; и поверхность может находиться ниже, на уровне или выше уровня моря.

В вариантах осуществления, где рабочая текучая среда обеспечена с поверхности, подъемник рабочей текучей среды может быть использован для обеспечения сообщения по текучей среде между поверхностью и камерой обмена давлением. Когда среда содержит воду или другую текучую среду, тогда она может быть восстановлена (посредством удаления руды или других больших частиц) из подъемника среды (продолжающегося от нагнетательного выпускного отверстия до поверхности) и использована повторно посредством ее вливания в подъемник рабочей текучей среды (или объемный насос, если объемный насос также расположен на поверхности).

Посредством обеспечения рабочей текучей среды на поверхности, насосная система получает преимущество в виде гидростатического давления, тем самым снижая требования к электропитанию объемного насоса рабочей текучей среды.

В применениях под землей повторное использование рабочей текучей среды, вытесненной, когда среда заполняет камеру обмена давлением, может быть преимущественным; в противном случае, эту текучую среду может потребоваться перекачать на поверхность в рамках части операции по удалению воды из шахты. Если дополнительный (меньший) насос расположен на уровне камеры обмена давлением, тогда вытесненная рабочая текучая среда может быть использована для дополнения рабочей текучей среды, обеспеченной с поверхности посредством перекачивания параллельно с рабочей текучей средой из объемного насоса. Более крупная оставшаяся часть вытесненной рабочей текучей среды может быть использована для создания среды, подлежащей перекачиванию (то есть может быть использована в качестве несущей текучей среды, в которой находятся частицы руды). Этот дополнительный (меньший) насос может быть использован в применениях под землей и может быть обеспечен в схеме с замкнутым контуром, так чтобы внешний источник текучей среды не требовался для рабочей текучей среды или текучей среды, используемой для создания среды, подлежащей перекачиванию.

В вариантах осуществления, где рабочая текучая среда обеспечена с той же высоты, что и камера обмена давлением, отдельный подъемник рабочей текучей среды может не требоваться. Однако текучая среда для создания среды и текучая среда для создания рабочей текучей среды должна быть доступна. В применениях на морском дне для обеих целей доступна морская вода. В применениях с подземной разработкой эта текучая среда может подаваться с поверхности (но необязательно через подъемник) или может быть доступна в виде шахтной воды, которую в противном случае требуется поднять на поверхность посредством системы удаления воды из шахты. В таких применениях требование к рабочей текучей среде и среде может снять или уменьшить потребность в каком-либо отдельном оборудовании для удаления воды из шахты.

Любая среда, которая перекачивается из камеры обмена давлением в конец рабочей текучей среды, может быть повторно использована для применения в будущем.

Множество объемных насосов может быть обеспечено параллельно, чтобы перекачивать рабочую текучую среду в непосредственном контакте со средой. Объемные насосы могут быть все обеспечены на одной высоте, или они могут быть обеспечены на различных высотах; например, один или более объемных насосов могут быть расположены на поверхности, и один или более объемных насосов могут быть расположены на высоте камеры обмена давлением.

Теперь понятно, что объемный насос может быть расположен на поверхности или на отрицательной высоте. Аналогично, рабочая текучая среда может быть обеспечена с поверхности или с отрицательной высоты, или с их комбинации.

Путем использования объемного насоса для перекачивания рабочей текучей среды в непосредственном контакте со средой, отсутствует механическое отделение (нет поплавкового клапана или диафрагмы) между рабочей текучей средой и средой. Отсутствие механического отделителя позволяет приводить рабочую текучую среду за пределы камеры обмена давлением, если требуется, и обеспечивает отсутствие положения ограничения хода, которого следует придерживаться.

Посредством наличия множества камер обмена давлением, камера обмена давлением может быть заполнена средой посредством насоса низкого давления (такого как центробежный насос), среде может быть позволено осесть, так чтобы большие частицы осели в нижней части камеры обмена давлением, затем вследствие оседания частиц клапаны могут быть закрыты со сниженным риском заклинивания или повреждения большей частицей. Затем давление в камере обмена давлением может быть повышено, и она опустошена путем закачивания в нее рабочей текучей среды. Рабочая текучая среда может быть перекачена за выпускной клапан, чтобы снизить вероятность закрытия клапана на любой частице из среды.

Согласно второму аспекту, обеспечен способ перекачивания среды, причем способ содержит: (i) сброс давления в камере обмена давлением; (ii) заполнение камеры обмена давлением средой, подлежащей перекачиванию, используя источник относительно низкого давления; (iii) повышение давления в камере обмена давлением, используя объемный насос; и (iv) вытеснение среды, используя рабочую текучую среду в непосредственном контакте со средой, где рабочая текучая среда доставляется, используя объемный насос.

Этап (ii) может дополнительно содержать заполнение камеры обмена давлением, так что среда проходит через камеру обмена давлением (или существенную часть камеры обмена давлением) и выпускается через выпускной клапан рабочей текучей среды.

Этап (iv) может дополнительно содержать вытеснение среды, используя рабочую текучую среду в непосредственном контакте со средой, так что рабочая текучая среда проходит через камеру обмена давлением (или существенную часть камеры обмена давлением) и выпускается через выпускной клапан перекачиваемой текучей среды.

Способ может содержать выполнение этапов (i) - (iii) для первой камеры обмена давлением, и выполнение по меньшей мере некоторых из этапов (i) - (iii) для второй камеры обмена давлением до или во время выполнения этапа (iv) для первой камеры обмена давлением.

Согласно третьему аспекту обеспечена насосная система для перекачивания среды на расположенный выше уровень, причем система содержит по меньшей мере одну неvertикальную трубу, причем каждая труба имеет клапанный механизм на каждом конце; систему заполнения, выполненную с возможностью заполнения неvertикальной трубы; подъемник, продолжающийся от неvertикальной трубы до расположенного выше уровня, и для доставки среда к нему; отличающаяся тем, что объемный насос выполнен с возможностью перекачивания рабочей текучей среды в непосредственном контакте со средой, поднимаемой на расположенный выше уровень, так чтобы среда перекачивалась из трубы через подъемник на расположенный выше уровень.

Насосная система может дополнительно содержать контроллер для управления работой системы, включая в себя открытие и закрытие клапанов в каждой неvertикальной трубе.

Каждая из неvertикальных труб может быть включена в состав камеры обмена давлением.

Согласно четвертому аспекту обеспечена насосная система для перекачивания среды на расположенный выше уровень, причем система содержит множество неvertикальных труб, причем каждая труба имеет клапанный механизм на каждом конце; систему заполнения, выполненную с возможностью последовательного заполнения неvertикальных труб; подъемник, продолжающийся из неvertикальных труб до расположенного выше уровня, и для доставки среда к нему; объемный насос, выполненный с возможностью перекачивания рабочей текучей среды в непосредственном контакте со средой, поднимаемой на расположенный выше уровень, так чтобы среда перекачивалась из каждой из труб в свою очередь через подъемник на расположенный выше уровень; в которой скорость потока системы заполнения такова, что по меньшей мере одна из труб заполняется средой перед тем, как объемный насос будет использован для этой трубы, тем самым обеспечивая постоянный поток среды из трубы на расположенный выше уровень.

Согласно пятому аспекту обеспечена плавучая платформа для использования с системой обмена давлением, причем плавучая платформа содержит: (i) объемный насос, установленный на платформе для соединения с подъемником, продолжающимся вниз к морскому дну и соединенным с системой обмена давлением, причем объемный насос выполнен с возможностью перекачивания рабочей текучей среды в непосредственном контакте со средой в системе обмена давлением, так чтобы среда вытеснялась из камеры обмена давлением посредством рабочей текучей среды; и (ii) фильтр восстановления текучей среды, установленный на платформе и соединенный со вторым подъемником, выполненным с возможностью транспортировки среды, вытесненной посредством рабочей текучей среды, к фильтру восстановления текучей среды, причем фильтр восстановления текучей среды выполнен с возможностью удаления текучей среды из среды и подачи ее в объемный насос для использования в качестве рабочей текучей

среды.

Посредством этого аспекта, нежелательная текучая среда из среды (хвосты) может быть возвращена обратно на морское дно путем использования ее в качестве рабочей текучей среды.

Плавающая платформа может содержать баржу, судно, понтон или любую другую плавучую конструкцию.

Теперь должно быть понятно, что один или более из этих аспектов позволяют надежную транспортировку оседающих смесей с очень большими частицами в и из камеры обмена давлением.

Использование объемного насоса для рабочей текучей среды имеет несколько преимуществ по сравнению с многоступенчатым центробежным насосом, который используется в системах обмена давлением предшествующего уровня техники.

Одно преимущество состоит в фактически независимой от давления скорости потока объемного насоса по сравнению с чрезвычайно зависящей от давления скорости потока центробежного насоса. Это позволяет обеспечить очень стабильную скорость потока как в камере обмена давлением (которая может содержать горизонтальную трубу), так и в любом контейнере (таком как подъемник), соединенным с нагнетательным выпускным отверстием. Изменения нагрузки от давления на насосе вследствие повторного трогания осевшего слоя в камере обмена давлением, изменения плотности в подъемнике (или другом контейнере) и изменения падения давления в подъемнике (или другом контейнере) не оказывают влияния на скорость потока в подъемнике (или другом контейнере). Тем самым качество потока значительно улучшается, приводя к более надежной системе гидравлического подъема руды.

Вторым преимуществом использования объемного насоса является то, что он намного больше подходит для работы с загрязненными рабочими текучими средами, по сравнению с многоступенчатыми центробежными насосами. При использовании объемного насоса для пульпы даже сама рабочая текучая среда может являться высококонцентрированной пульпой, потенциально более высокой вязкости, так что она может быть использована в качестве вязкой несущей текучей среды. Это, например, позволит непосредственное повторное использование загрязненной рабочей текучей среды, поступающей из камеры обмена давлением во время обратного (заполнение или всасывание) хода в вариантах осуществления, где объемный насос установлен в нижней части системы гидравлического подъема руды. На поверхности частицы руды могут быть отделены от несущей текучей среды, которая затем может быть повторно использована в качестве рабочей текучей среды. Значительное загрязнение рабочей текучей среды допустимо, когда для перекачивания рабочей текучей среды используются объемные насосы. Это значительно снижает требования к отделению по сравнению с ситуацией, где многоступенчатый центробежный насос должен перекачивать повторно используемую несущую текучую среду в качестве рабочей текучей среды.

Согласно шестому аспекту, обеспечена насосная система для перекачивания среды, причем система содержит: (i) по меньшей мере одну камеру обмена давлением, содержащую поперечную вытянутую трубу, имеющую клапанный механизм на каждом конце; (ii) нагнетательное выпускное отверстие на выпускном конце системы; (iii) механизм заполнения, выполненный с возможностью заполнения камеры обмена давлением средой; (iv) первый объемный насос, расположенный на первой высоте, и (v) второй объемный насос, расположенный на второй, более низкой высоте, причем объемные насосы взаимодействуют при перекачивании рабочей текучей среды в непосредственном контакте со средой, так чтобы среда вытеснялась из камеры обмена давлением в нагнетательное выпускное отверстие посредством рабочей текучей среды.

Первый объемный насос предпочтительно выполнен с возможностью приема рабочей текучей среды из текучей среды, извлеченной из перекачиваемой среды.

Второй объемный насос предпочтительно выполнен с возможностью приема рабочей текучей среды из текучей среды вблизи камеры обмена давлением. Эта текучая среда может быть извлечена из отведенной рабочей текучей среды или из локально доступной текучей среды (морская вода, озерная вода, пруд, с использованием подземных вод, оборудования для удаления воды или подобного).

Система обмена давлением, описанная в вышеприведенных аспектах, устраняет или снижает недостатки систем обмена давлением предшествующего уровня техники

путем использования поперечно (например горизонтально) расположенной открытой системы обмена давлением, в которой открытость относится к непосредственному контакту между средой и рабочей текучей средой без использования отделяющего элемента. Форма каждой камеры обмена давлением в виде вытянутой трубы позволяет высокие скорости в камере обмена давлением, тем самым способствуя взвешиванию и транспортировке частиц в оседающей пульпе.

Краткое описание чертежей

Эти и другие аспекты будут видны из следующего конкретного описания, приведенного исключительно в качестве примера, со ссылкой на сопровождающие чертежи, на которых

фиг. 1 упрощенный схематичный чертеж насосной системы согласно первому варианту осуществления настоящего изобретения, где первый вариант осуществления использует только одну камеру обмена давлением, и где камера обмена давлением расположена под поверхностью, на которую среду необходимо перекачать;

фиг. 1А упрощенный схематичный чертеж части насосной системы с фиг. 1, а именно камера обмена давлением, чтобы показать клапанные механизмы в камере;

фиг. 2 блок-схема (разделенная по две страницы), изображающая этапы, связанные с работой насосной системы с фиг. 1;

фиг. 3 упрощенный схематичный чертеж насосной системы с фиг. 1, обобщенно изображающий часть с фиг. 1 (открытую систему обмена давлением);

фиг. 4 упрощенный схематичный чертеж другой насосной системы согласно второму варианту осуществления настоящего изобретения, где второй вариант осуществления включает в себя три камеры обмена давлением (в открытой системе обмена давлением, альтернативной той, что показана на фиг. 1) и модернизированный контроллер;

фиг. 5 блок-схема, изображающая этапы, связанные с работой насосной системы с фиг. 4 во время операции заполнения (или обратного заполнения);

фиг. 6 блок-схема, изображающая этапы, связанные с работой насосной системы с фиг. 4 во время операции отведения;

фиг. 7 упрощенный схематичный чертеж, изображающий третий вариант осуществления насосной системы, имеющей альтернативное расположение части (объемного насоса) насосной системы либо с фиг. 1, либо с фиг. 4; и

фиг. 8 упрощенный схематичный чертеж, изображающий общую конфигурацию насосной системы 810 для системы подземного применения, причем варианты показаны пунктирными линиями, используя подземный нагнетающий объемный насос рабочей текучей среды с замкнутым контуром, согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

Описание предпочтительных вариантов осуществления изобретения

Сначала ссылка сделана на фиг. 1, которая является упрощенным схематичным чертежом насосной системы 10 согласно первому варианту осуществления настоящего изобретения. В типовых вариантах осуществления большая часть или вся насосная система 10 расположена на более нижней высоте, чем конечная точка, в которую среда подлежит доставке посредством насосной системы 10. В этом варианте осуществления среда содержит частицы руды с размерами в диапазоне от 1 до 100 мм, расположенные в жидкой несущей среде, чтобы образовать пульпу из увлеченных и взвешенных частиц руды.

Насосная система 10 содержит одну камеру 12 обмена давлением, которая имеет клапанный механизм 14, 16 на каждом ее конце, а именно клапанный механизм 14 рабочей текучей среды и клапанный механизм 16 перекачиваемой среды.

Также ссылка сделана на фиг. 1А, которая является упрощенным схематичным чертежом камеры 12 обмена давлением, изображающим клапанные механизмы 14, 16 более подробно.

Нагнетательное выпускное отверстие 20 обеспечено на выпускном конце 22 системы 10. В этом варианте осуществления нагнетательное выпускное отверстие 20 является впускным отверстием в подъемник 24 перекачиваемой среды, который продолжается в общем в вертикальном направлении от выпускного конца 22 до приемника 26 на поверхности 28. Выпускная линия 29 среды присоединена между клапанным механизмом 16 перекачиваемой среды и нагнетательным выпускным отверстием 20.

Механизм 30 заполнения обеспечен в виде центробежного насоса, который выполнен с возможностью заполнения камеры 12 обмена давлением средой 32, подлежащей перекачиванию на поверхность 28. Центробежный насос 30 заполняет камеру 12 обмена давлением средой 32 через впускную линию 31 среды.

Насосная система 10 также включает в себя объемный насос 34, выполненный с возможностью перекачивания рабочей текучей среды 36 через камеру 12 обмена давлением и в непосредственном контакте со средой 32, так чтобы среда 32 вытеснялась из камеры 12 обмена давлением в нагнетательное выпускное отверстие 20 и оттуда на поверхность 28 посредством подъемника 24 перекачиваемой среды.

Объемный насос 34 соединен с клапанным механизмом 14 рабочей текучей среды посредством подъемника 38 рабочей текучей среды и впускной линии 40 рабочей текучей среды.

Выпускная линия 42 рабочей текучей среды соединяет камеру 12 обмена давлением с точкой 44 отведения рабочей текучей среды.

Комбинация камеры 12 обмена давлением, клапанного механизма 14 рабочей текучей среды, клапанного механизма 16 перекачиваемой среды, впускной линии 40 и выпускной линии 42 рабочей текучей среды и впускной линии 31 и выпускной линии 29 среды называется здесь открытая система 46 обмена давлением. "Открытая" относится к непосредственному контакту между рабочей текучей средой 36 и средой 32. "Обмен давлением" относится к обмену давлением между двумя различными перекачиваемыми текучими средами (рабочей текучей средой 36 и средой 32).

Клапанный механизм 14 рабочей текучей среды расположен на конце 48 объемного насоса и содержит впускной клапан 50 рабочей текучей среды, выпускной клапан 52 рабочей текучей среды, компрессионный клапан 54, декомпрессионный клапан 56, дроссельную заслонку 57 и управляющий привод 58 клапанов. Управляющий привод 58 клапана обеспечен для приведения в действие различных клапанов 50-56 в корректное время для эффективной работы насосной системы 10.

Как показано на фиг. 1А, впускной клапан 50 рабочей текучей среды включает в себя гидравличе-

ский привод 58а для открытия и закрытия впускного клапана 50 (рабочей) текучей среды. Аналогично, каждый гидравлический привод 58b, c, d образует пару с выпускным клапаном 52 рабочей текучей среды, компрессионным клапаном 54 и декомпрессионным клапаном 56. Каждый из этих гидравлических приводов 58a, b, c, d управляется посредством управляющего привода 58 клапанов. Это не показано на фиг. 1А для ясности.

В этом варианте осуществления, управляющий привод 58 клапанов содержит гидравлическую силовую установку. Эта силовая установка 58 соединена со множеством отдельных приводов 58a, b, c, d клапана, по одному в каждом клапане 50, 52, 54, 56. Эти приводы 58a, b, c, d выполнены с возможностью управления их соответствующими клапанами 50, 52, 54, 56 в ответ на прием управляющим приводом 58 клапанов команды от системного контроллера 70.

В этом варианте осуществления все эти клапаны являются приводными, обратными, тарельчатыми клапанами высокого давления (например, более 40 бар); однако в других вариантах осуществления могут быть использованы различные типы клапанов.

Дроссельная заслонка 57 (на фиг. 1 изображена одна; тогда как, на фиг. 1А изображены две) установлена последовательно с компрессионным 54 и декомпрессионным 56 клапанами, чтобы ограничивать и управлять скоростью потока во время компрессии и декомпрессии камеры 12 обмена давлением. Посредством ограничения скорости потока рабочей текучей среды 36 (и любой среды 32, которая проходит через эти клапаны 54, 56), износ в компрессионном 54 и декомпрессионном 56 клапанах уменьшается.

В других вариантах осуществления отдельная специальная дроссельная заслонка может быть предусмотрена для каждого из компрессионного 54 и декомпрессионного 56 клапанов (то есть две дроссельные заслонки могут быть использованы, как показано на фиг. 1А). Дроссельные заслонки могут содержать ограничители неизменной геометрии, такие как дроссельные диафрагмы, и могут быть расположены ближе или дальше по ходу от компрессионного и декомпрессионного клапана.

Чтобы позволить открытие впускного клапана 50 и выпускного клапана 52 в среде с в общем выравненным давлением, обеспечена линия 60 для выравнивания давления. Эта линия 60 для выравнивания давления соединяет компрессионный клапан 54 и декомпрессионный клапан 56 для камеры 12 обмена давлением в виде обходной конструкции (то есть в обход впускного клапана 50 и выпускного клапана 52 рабочей текучей среды).

Компрессионный клапан 54 обеспечен для обхода впускного клапана 50 рабочей текучей среды, так чтобы давление в камере 12 обмена давлением могло быть повышено перед открытием впускного клапана 50 рабочей текучей среды; тем самым уменьшая усилие, требуемое для открытия клапана 50, и снижая скорость потока текучей среды через впускной клапан 50 рабочей текучей среды при открытии. Это имеет преимущество в продлении срока службы впускного клапана 50 рабочей текучей среды.

Аналогично декомпрессионный клапан 56 обеспечен для обхода выпускного клапана 52 рабочей текучей среды, так чтобы давление в камере 12 обмена давлением могло быть снижено перед открытием выпускного клапана 52 рабочей текучей среды; тем самым предотвращая высокие скорости потока рабочей текучей среды 36 через выпускной клапан 52 рабочей текучей среды при его открытии.

Компрессионный 54 и декомпрессионный 56 клапаны предназначены для открытия при большой разности давлений. Однако эти клапаны главным образом позволяют течение рабочей текучей среды 36 (не несущей руду среды 32, подлежащей перекачиванию) и, следовательно, работают с более чистой текучей средой (имеющей меньшее количество частиц или по меньшей мере меньшее количество частиц больших размеров). Это означает, что эти клапаны не подвержены чрезмерному износу.

Клапанный механизм 16 перекачиваемой среды расположен на выпускном конце 22 и содержит выпускной клапан 62 перекачиваемой текучей среды (также называемый нагнетательным клапаном), впускной клапан 64 перекачиваемой текучей среды (также называемый всасывающий или наполнительный клапан) и управляющий привод 66 клапанов для приведения в действие клапанов 62, 64 в надлежащее время. Впускной клапан 64 и выпускной клапан 62 перекачиваемой текучей среды открывается в ситуации выравненного давления, когда давление в камере 12 обмена давлением надлежащим образом уменьшено или увеличено соответственно.

Как показано на фиг. 1А, выпускной клапан 62 перекачиваемой текучей среды включает в себя гидравлический привод 66а для открытия и закрытия выпускного клапана 62 (перекачиваемой) текучей среды. Аналогично, гидравлический привод 66b образует пару с впускным клапаном 64 перекачиваемой текучей среды. Каждый из этих гидравлических приводов 66a, b управляется посредством управляющего привода 66 клапанов (показанного пунктирной линией на фиг. 1А).

В этом варианте осуществления управляющий привод 66 клапанов также является гидравлической силовой установкой. Эта силовая установка 66 соединена с двумя отдельными приводами 66a, b клапана, по одному в каждом клапане 62, 64. Эти приводы 66a, b выполнены с возможностью управления их соответствующими клапанами 62, 64 в ответ на получение управляющим приводом 66 клапанов команды от системного контроллера 70. Выпускной клапан 62 и впускной клапан 64 перекачиваемой текучей среды подходят для использования с высокими давлениями (например более 40 бар).

В этом варианте осуществления, впускной клапан 64 и выпускной клапан 62 перекачиваемой текучей среды закрываются после закрытия соответствующих впускного клапана 50 и выпускного клапана 52

рабочей текучей среды. Другими словами, впускной клапан 50 рабочей текучей среды закрывается до выпускного клапана 62 перекачиваемой текучей среды; и выпускной клапан 52 рабочей текучей среды закрывается до впускного клапана 64 перекачиваемой текучей среды. Это имеет преимущество в остановке потока рабочей текучей среды 36 (и следовательно также потока среды 32) до закрытия впускного клапана 50 и выпускного клапана 52 перекачиваемой текучей среды. Это позволяет более крупным частицам в среде 32 оседать в направлении от впускного клапана 64 и выпускного клапана 62 перекачиваемой текучей среды до закрытия впускного клапана 64 и выпускного клапана 62 перекачиваемой текучей среды; тем самым снижая риск захвата больших частиц из среды 32 в эти клапаны 62, 64.

Как показано на фиг. 1А, впускной и выпускной клапаны 50, 52, 62, 64 расположены так, что разность давлений на клапанах 50, 52, 62, 64, когда они закрыты, способствуют удерживанию клапанов 50, 52, 62, 64 в закрытом положении. Для впускного клапана 64 и выпускного клапана 62 перекачиваемой текучей среды, направление потока перекачиваемой текучей среды (среды и рабочей текучей среды) 36, 32 способствует открытию этих клапанов 64, 62. Для впускного клапана 50 и выпускного клапана 52 рабочей текучей среды, направление потока перекачиваемой текучей среды (среды и рабочей текучей среды) 36, 32 работает наоборот, способствуя закрытию клапанов 50, 52. Это обеспечивает надлежащее уплотнение клапанов 50, 52, 54, 56, 62, 64, когда они закрыты, чему способствует разность давлений без дополнительных усилий со стороны привода. Клапан 50, 52, 54, 56, 62, 64 будет открываться вблизи состояния выравненного давления, когда только небольшое усилие прикладывается приводом 58а, b, c, d и 66а, b. "Небольшое" относится к малому (усилию) относительно гидравлического усилия закрытия на клапане 50, 52, 54, 56, 62, 64 в закрытом положении, причем на клапане 50, 52, 54, 56, 62, 64 имеет место полная разность давлений между частями высокого и низкого давления системы 10.

Открытие вблизи состояния выравненного давления относится к впускному клапану 50 и выпускному клапану 52 рабочей текучей среды и впускному клапану 64 и выпускному клапану 62 перекачиваемой текучей среды. Открытие вблизи ситуации выравненного давления устраняет высокие скорости потока в клапане 50, 52, 54, 56, 62, 64 при открытии, которые в противном случае будут возникать вследствие высокой разности давлений на клапане 50, 52, 54, 56, 62, 64. Эти высокие скорости потока в противном случае будут повреждать рабочие уплотняющие поверхности клапана 50, 52, 54, 56, 62, 64 вследствие присутствия небольших абразивных частиц как в рабочей текучей среде 36, так и в перекачиваемой среде 32.

Автоматическое открытие вблизи ситуации выравненного давления позволяет прикладывать относительно малое усилие привода до завершения выравнивания давления при открытии компрессионного или декомпрессионного клапана 54, 56. Это значительно упрощает системный контроллер 70, поскольку ему не требуется измерение давления, чтобы определить корректное выравнивание давления перед приведением в действие впускного и выпускного клапанов 50, 52, 64, 62 рабочей текучей среды 36 и перекачиваемой среды 32.

Компрессионный и декомпрессионный клапаны 54, 56 предназначены для открытия, когда полная разность давлений по-прежнему имеет место, следовательно требуя большего усилия привода относительно гидравлического усилия закрытия, имеющего место от разности давлений на них. Для того чтобы ограничить скорость потока на рабочих уплотняющих поверхностях компрессионного и декомпрессионного клапанов 54, 56, один или более дросселей 57 могут быть установлены либо ближе, либо дальше по ходу отдельных компрессионного и декомпрессионного клапанов 54, 56. В этом варианте осуществления, дроссель 57 является ограничителем в обводной линии, таким как дроссельная диафрагма. Таким образом функция дросселирования, с ее более высоким допуском к износу, отделена от функции уплотнения компрессионного и декомпрессионного клапанов 54, 56 с их более низким допуском к износу, снижая их требования к износостойчивости. Другими словами, путем использования ограничения (дросселя 57) износ, испытываемый клапанами 54, 56 снижается. Посредством отделения функции управления скоростью потока от функции уплотнения, легче сконструировать износостойкую часть, чтобы выполнять функцию управления скоростью, чем конструировать уплотняющие части с высокой износостойкостью, которые должны сохранять дополнительные структуры.

В некоторых вариантах осуществления управляющие приводы 58 и 66 клапанов могут быть объединены в одном управляющем приводе 58 клапанов, который управляет всеми приводами 58а, b, c, d и 66а, b клапанов всех приводных клапанов 50, 52, 54, 56, 62, 64.

Насосная система 10 также включает в себя системный контроллер 70 для управления работой всей системы, включая в себя насосы 30, 34, клапаны 50-56 и 62-64 и управляющие приводы 58, 66 клапанов.

Каждый из насосов 30, 34 требует снабжением текучей средой.

В этом варианте осуществления, первый (поверхностный) источник 74 текучей среды обеспечен на поверхности 28, чтобы обеспечивать воду для рабочей текучей среды 36. Это обеспечивает воду с поверхности 28, которая может быть морской водой или озерной водой для применений на морском или озерном дне, или водой из насоса для удаления воды в применениях с подземной (или открытой) разработкой. Это обеспечивает преимущество в части гидростатического давления от использования поверхностной воды. Источник 74 текучей среды может включать в себя фильтр для удаления больших твердых частиц из текучей среды перед обеспечением ее в объемный насос 34.

Источник 74 текучей среды может быть использован для выделения и повторного использования текучей среды из перекачиваемой среды 32 в приемнике 26, так чтобы текучая среда из среды 32 могла быть использована в качестве рабочей текучей среды 36, возможно, с дополнительной текучей средой, обеспеченной посредством воды, поставляемой локально (в применениях с подземной или открытой разработкой от оборудования для удаления воды, используемого для перекачивания нежелательной воды из шахты, или чрезмерной воды, если она легко доступна; в применениях на морском или озерном дне от поверхностной воды). В применениях на морском или озерном дне повторное использование хвостов среды, которая была перекачена на поверхность, имеет преимущество в удалении требования к утилизации хвостов (нежелательной текучей среды или частиц из среды 32) на поверхности. Причина состоит в том, что рабочая текучая среда 36 (который содержит хвосты), которая вытесняется из камеры 12 обмена давлением во время этапа заполнения камеры обмена давлением (этап 106 на фиг. 2 и этапы 402, 406, 410 на фиг. 5), может быть отведена непосредственно на морском или озерном дне.

В этом варианте осуществления второй источник 76 текучей среды обеспечен на приблизительно том же уровне, что и камера 12 обмена давлением, чтобы обеспечить воду для смешивания с рудой для создания среды 32. Это (источник) использует местную воду, которая может быть морской или озерной водой для применения на морском или озерном дне, или шахтной водой в применениях с подземной (или открытой) разработкой.

Теперь ссылка сделана также на фиг. 2, которая является блок-схемой (100), изображающей этапы, выполняемые во время работы насосной системы 10.

Первый изображенный этап (этап 102) является этапом снижения давления. На этом этапе, управляющий привод 58 клапанов открывает декомпрессионный клапан 56 для снижения давления в камере 12 обмена давлением до давления в выпускной линии 42 рабочей текучей среды, тем самым позволяя открытие выпускного клапана 52 рабочей текучей среды и впускного клапана 64 перекачиваемой текучей среды.

Этап снижения давления продолжается до тех пор, пока не будет получена команда заполнения (этап 103).

Как только команда заполнения получена (что происходит, как только давление в камере 12 обмена давлением достаточно снижено), управляющий привод 58 клапанов открывает выпускной клапан 52 рабочей текучей среды (этап 104). Управляющий привод 58 клапанов может подать питание на выпускной клапан 52 во время этапа снижения давления (этап 102). Вследствие ограниченного давления открытия клапана 52, он откроется только когда разность давлений снизится до давления открытия клапана 52, которое определено усилием открытия управляющего привода 58 клапанов. В этом варианте осуществления предпочтительно (но не существенно), чтобы управляющий привод 58 клапанов закрывал декомпрессионный клапан 56 до вытеснения рабочей текучей среды 36 из камеры 12 обмена давлением, чтобы предотвратить прохождение среды 32 через декомпрессионный клапан 56.

Как только давление в камере снижено, управляющий привод 66 клапанов открывает впускной клапан 64 перекачиваемой текучей среды (всасывающий клапан), и как только впускной клапан 64 перекачиваемой текучей среды (всасывающий клапан) открывается, среда 32 автоматически течет в камеру 12 обмена давлением вследствие работы центробежного насоса 30 (этап 106). Управляющий привод 66 клапанов может подать питание на впускной клапан 64 во время этапа снижения давления (этап 102). Вследствие ограниченного давления открытия, клапан 64 откроется только когда разность давлений снизится до давления открытия клапана 64, которое определено усилием открытия управляющего привода 66 клапанов. Среда, поступающая в камеру 12 обмена давлением, вытесняет из камеры 12 обмена давлением рабочую текучую среду 36 через выпускной клапан 52 рабочей текучей среды, так чтобы среда 32 начала заполнять камеру 12 обмена давлением. Среда 32 перекачивается с относительно высокой скоростью потока, но относительно низком давлении, таким образом камера 12 обмена давлением заполняется относительно быстро.

Как только камера 12 обмена давлением заполнена (что может быть определено посредством прямого или косвенного измерения или оценки заполненного объема, например посредством внедрения в системный контроллер 70 измерения или оценки скорости потока в единицу времени) (этап 108), управляющий привод 58 клапанов закрывает выпускной клапан 52 рабочей текучей среды (этап 110), тем самым останавливая отток рабочей текучей среды 36 из камеры 12 обмена давлением и останавливая приток среды 32 в камеру 12 обмена давлением.

После остановки потока среды 32, управляющий привод 66 клапанов ожидает заданное время (этап 112). В этом варианте осуществления, время ожидания составляет 3 секунды, но в других вариантах осуществления время ожидания может быть выбрано между нулем секунд и десятью секундами. Это время ожидания позволяет более крупным частицам в среде 32 осесть в нижней части камеры 12 обмена давлением и в направлении от седла клапана 64, тем самым позволяя лучшее уплотнение клапана 64.

Управляющий привод 66 клапанов закрывает впускной клапан 64 перекачиваемой текучей среды (всасывающий клапан), по прошествии заданного времени ожидания (этап 114).

Как только впускной клапан 64 перекачиваемой текучей среды (всасывающий клапан) закрыт, управляющий привод 58 клапанов открывает компрессионный клапан 54 (этап 116), тем самым позволяя

поступление рабочей текучей среды 36 высокого давления, доставленной объемным насосом 34, в камеру 12 обмена давлением. Это вызывает повышение давления содержимого камеры 12 обмена давлением до давления во впускной линии 40 рабочей текучей среды.

После повышения давления в камере 12 обмена давлением до достаточного уровня, и получения команды опустошения (или начала), (этап 117), управляющие приводы 58, 66 клапанов открывают впускной клапан 50 рабочей текучей среды и выпускной клапан 62 перекачиваемой текучей среды (этап 118). Как (описано) выше, управляющие приводы 58, 66 клапанов могут приводить в действие клапаны 50, 62 перед выравниванием давления, поскольку клапаны 50, 62 откроются только когда разность давлений снизится до давления открытия клапанов 50, 62, которое определено усилием открытия управляющих приводов 58, 66 клапанов. В этом варианте осуществления, предпочтительно (но не существенно), чтобы управляющий привод 58 клапанов закрывал компрессионный клапан 54, когда давление выравнивается, так чтобы рабочая текучая среда 36 текла главным образом через впускной клапан 50 рабочей текучей среды, а не компрессионный клапан 54.

Как только эти клапаны 50, 62 открываются, рабочая текучая среда 36 течет в камеру 12 обмена давлением через впускную линию 40 рабочей текучей среды и впускной клапан 50 рабочей текучей среды вследствие работы объемного насоса 34 (этап 120). Рабочая текучая среда 36 вытесняет среду 32 через выпускной клапан 62 перекачиваемой текучей среды, выпускную линию 29 среды, нагнетательное выпускное отверстие 20 и частично вверх в подъемник 24 перекачиваемой среды (в зависимости от высоты подъемника 24).

Как только среда 32 вытеснена в выпускную линию 29 среды (что может быть определено посредством прямого или косвенного измерения или оценки заполненного объема, например посредством внедрения в системный контроллер 70 измерения или оценки скорости потока в единицу времени) (осуществленное командой останова, выработанной системным контроллером 70, этап 121), впускной клапан 50 рабочей текучей среды закрывается (этап 122). Это останавливает приток рабочей текучей среды 36 в камеру 12 обмена давлением и останавливает отток среды 32 из камеры 12 обмена давлением.

После остановки оттока среды 32, управляющий привод 66 клапанов ожидает заданное время (этап 124). В этом варианте осуществления, время ожидания составляет 3 секунды, но в других вариантах осуществления время ожидания может быть выбрано между нулем секунд и десятью секундами. Это время ожидания позволяет более крупным частицам в среде 32 осесть в нижней части камеры 12 обмена давлением и в направлении от седла выпускного клапана 62 перекачиваемой текучей среды, тем самым позволяя лучшее уплотнение клапана 62.

В других вариантах осуществления в качестве дополнения или альтернативы, этап 120 продлен, так чтобы рабочая текучая среда 36 протекла через выпускной клапан 62 перекачиваемой текучей среды. Это обеспечивает то, что выпускной клапан 62 перекачиваемой текучей среды закрывается в присутствии рабочей текучей среды 36, которая может быть чище или может иметь меньшее количество больших частиц, чем среда 36. В таких вариантах осуществления, перекачиваемая текучая среда (или среда) 32 может включать в себя некоторое количество рабочей текучей среды 36. Это также предотвращает скапливание частиц из среды в камере 12 обмена давлением.

Управляющий привод 66 клапанов закрывает выпускной клапан 62 перекачиваемой текучей среды (нагнетательный клапан), по прошествии заданного времени ожидания (этап 126).

Как только выпускной клапан 62 перекачиваемой текучей среды закрыт, последовательность возвращается к этапу 102 для снижения давления в камере 12 обмена давлением и начала нового процесса заполнения среды.

Теперь ссылка сделана на фиг. 3, которая является упрощенным схематичным чертежом насосной системы 10 с фиг. 1. На фиг. 3, открытая система 46 обмена давлением (то есть, камера 12 обмена давлением, клапанный механизм 14 рабочей текучей среды, клапанный механизм 16 перекачиваемой среды, впускная линия 40 и выпускная линия 42 рабочей текучей среды и впускная линия 31 и выпускная линия 29 среды) в целом обозначена ссылкой позицией 46.

Теперь ссылка сделана на фиг. 4, которая является упрощенным схематичным чертежом другой насосной системы 310, согласно второму варианту осуществления настоящего изобретения. Для ясности, части, общие с частями варианта осуществления с фиг. 1, были удалены. Эта насосная система 310 очень похожа на насосную систему 10. Главные отличия состоят в том, что открытая система 346 обмена давлением содержит три камеры 312a, b, c обмена давлением вместо одной камеры 12 обмена давлением, и системный контроллер 370 управляет последовательным заполнением и отведением из трех камер 312 обмена давлением.

Каждая из трех камер 312a, b, c обмена давлением включает в себя идентичные клапаны тем, что были описаны со ссылкой на насосную систему 10 с фиг. 1 (дроссельная заслонка 57 не изображена на фиг. 4 для ясности, но включена в состав каждой камеры 312 обмена давлением). Каждая из трех камер 312a, b, c обмена давлением идентична (или по меньшей мере очень похожа во всех практических целях) камере 12 обмена давлением с фиг. 1. Насосная система 310 также включает в себя системный контроллер 370 насоса, который аналогичен системному контроллеру 70 насоса, но дополнительно управляет последовательным заполнением и отведением из трех камер 312 обмена давлением. Задание последова-

тельности заполнения и отведения из камер 312a, b, c обмена давлением может определяться главным образом посредством настроек времени в системном контроллере 370 насоса, или может определяться статусом (или состоянием) другой камеры 312a, b, c обмена давлением.

Имея множества камер 312 обмена давлением, расположенных параллельно, насосная система 310 может обеспечить то, что по меньшей мере одна камера 312 обмена давлением всегда заполнена средой 32 и готова для отведения, тем самым позволяя непрерывную подачу рабочей текучей среды 36 в камеры 312 обмена давлением и непрерывную подачу среды 32 в камеры 312 обмена давлением.

Теперь ссылка сделана на фиг. 5 и 6, которые являются блок-схемами 400, 420, изображающими этапы, выполняемые во время работы насосной системы 310 (заполнение и отведение соответственно).

Изначально, одна из камер обмена давлением (например, первая камера 312a обмена давлением) заполняется, используя этап 106 процесса 100 с фиг. 2 (этап 402).

Затем системный контроллер 370 позволяет заполнение первой камеры 312a обмена давлением до тех пор, пока не будет достигнут этап 108 (фиг. 2) (этап 404).

Как только первая камера 312a достигла этапа 108 (фиг. 2), системный контроллер 370 начинает заполнять следующую камеру 312b обмена давлением (этап 406).

Затем системный контроллер 370 позволяет заполнение второй камеры 312b обмена давлением до тех пор, пока не будет достигнут этап 108 (фиг. 2) (этап 408).

Как только вторая камера 312b достигла этапа 108 (фиг. 2), системный контроллер 370 начинает заполнять следующую камеру 312c обмена давлением (этап 410).

Затем системный контроллер 370 позволяет заполнение третьей камеры 312c обмена давлением до тех пор, пока не будет достигнут этап 108 (фиг. 2) (этап 412).

Затем процесс возвращается к заполнению первой камеры 312a обмена давлением (этап 402).

Со ссылкой на фиг. 6, изначально, системный контроллер 370 начинает отведение из первой камеры 312a обмена давлением, используя этап 120 процесса 100 с фиг. 2 (этап 422).

Затем системный контроллер 370 позволяет отведение из первой камеры 312a обмена давлением до тех пор, пока не будет достигнут этап 122 (фиг. 2) (этап 424).

Как только первая камера 312a достигла этапа 122 (фиг. 2), системный контроллер 370 начинает отведение из следующей камеры 312b обмена давлением (этап 426).

Затем системный контроллер 370 позволяет отведение из второй камеры 312b обмена давлением до тех пор, пока не будет достигнут этап 122 (фиг. 2) (этап 428).

Как только вторая камера 312b достигла этапа 122 (фиг. 2), системный контроллер 370 начинает отведение из следующей камеры 312c обмена давлением (этап 430).

Затем системный контроллер 370 позволяет отведение из третьей камеры 312c обмена давлением до тех пор, пока не будет достигнут этап 122 (фиг. 2) (этап 432).

Затем процесс возвращается к отведению из первой камеры 312a обмена давлением (этап 422).

Эта последовательность заполнения и отведения обеспечивает постепенную передачу порядка заполнения от одной камеры 312 обмена давлением к следующей, и порядка отведения от одной камеры 312 обмена давлением к следующей.

Для поддержания непрерывной подачи в и из насосной системы 310 тайминг последовательности отдельных камер 312 обмена давлением управляется и согласовывается системным контроллером 370.

Множество параметров могут быть использованы, чтобы управлять таймингом последовательности. Например, скорость потока рабочей текучей среды 36 может регулироваться. Скорость потока рабочей текучей среды 36 непосредственно пропорциональна скорости объемного насоса 34. Продолжительность этапа отведения из камеры обмена давлением (этап 120) может регулироваться. В предпочтительных вариантах осуществления, этап отведения из камеры (этап 120) продолжается после вытеснения среды 32 из камеры 312 обмена давлением, позволяя закрытие выпускного (нагнетательного) клапана 62 перекачиваемой текучей среды в менее загрязненной рабочей текучей среде 36, а не в перекачиваемой среде 32.

Скорость потока механизма 30 заполнения (центробежный насос в вышеописанных вариантах осуществления) может регулироваться. Скорость потока такого насоса может быть изменена посредством изменения либо скорости самого насоса 30, либо нагрузки от давления на насосе 30 путем использования клапана регулирования потока в выпускной линии 42 рабочей текучей среды. Поскольку скорость потока центробежного насоса зависит как от скорости насоса, так и от нагрузки от давления насоса, измерение скорости потока в выпускной линии 42 рабочей текучей среды может быть использовано для определения фактической скорости потока.

Продолжительность этапа заполнения камеры (этап 106) может регулироваться. В предпочтительных вариантах осуществления, этап заполнения камеры (этап 106) останавливается до вытеснения среды 32 из камеры 312 обмена давлением через выпускной клапан 52 рабочей текучей среды, позволяя закрытие выпускного клапана 52 рабочей текучей среды в менее загрязненной рабочей текучей среде 36, а не в перекачиваемой среде 32.

Одно преимущество насосной системы 10, 310 с непосредственным контактом между рабочей текучей средой 36 и перекачиваемой средой 32 состоит в том, что продолжительность этапов заполнения и

отведения может быть продлена практически без ограничений. Это в отличие от фиксированных ограничений хода в насосе с приводом от коленчатого вала или с гидравлическим приводом, или систем обмена давлением, использующих отделяющий элемент между рабочей текучей средой и перекачиваемой смесью. Это позволяет большую гибкость в тайминге последовательности, делая ее очень надежной, даже если имеют место отклонения от тайминга вследствие изменяющихся условий в насосе 34.

В качестве альтернативы вариантам осуществления с фиг. 1-6, возможно расположить первый источник 74 текучей среды на том же уровне, что и камера(-ы) 12, 312 обмена давлением. Это изображено пунктирной линией на фиг. 1 в виде источника 74' текучей среды на нижнем уровне. Источник 74' текучей среды на нижнем уровне может повторно использовать рабочую текучую среду 36, вытесненную из камеры(камер) 12, 312 обмена давлением во время этапа заполнения камеры обмена давлением (этап 106 на фиг. 2, и этапы 402, 406, 410 на фиг. 5) посредством ее подачи во впускную линию 40 рабочей текучей среды, либо частично (некоторое количество рабочей текучей среды обеспечено из другого места), либо полностью (вся рабочая текучая среда обеспечена из источника 74' текучей среды). Однако эта вытесненная текучая среда найдется на намного более низкой высоте, чем расположенный на поверхности объемный насос 34, и впускная линия 40 рабочей текучей среды находится под высоким давлением (подаваемом объемным насосом 34), таким образом потребует приведение в действие источника 74' текучей среды на нижнем уровне посредством второго объемного насоса 34', расположенного на уровне камеры 12 обмена давлением (показанного пунктирной линией на фиг. 1). Второй объемный насос 34' может быть использован для доставки всей рабочей текучей среды, отрицая необходимость в объемном насосе 34 на поверхности (как показано на фиг. 7). Это имеет преимущество в подземных шахтах, где вода доступна на подземном уровне для создания смеси пульпы, и чрезмерная вода из перекачиваемой среды может быть удалена и утилизирована на поверхности. Это снизит требования к удалению воды из шахт, которые большинство подземных шахт уже имеют.

Возможно комбинировать источник 74 текучей среды на поверхности, выполненный с возможностью выделения и повторного использования текучей среды из перекачиваемой среды 32, так чтобы текучая среда из среды 32 могла быть использована в качестве рабочей текучей среды 36, со вторым объемным насосом 34', выполненным с возможностью повторного использования рабочей текучей среды 36, отведенной во время этапа заполнения камеры насоса (этап 106 на фиг. 2 и этапы 402, 406, 410 на фиг. 5), так чтобы была обеспечена система с теоретически замкнутым контуром текучей среды, которая не требует (или только очень небольшого количества) какой-либо внешней подачи текучей среды, так как она работоспособна, поскольку вся рабочая текучая среда 36 и среда 32 используется повторно (показано сплошными линиями на фиг. 8). В этом примере, второй объемный насос 34' компенсирует недостаток рабочей текучей среды 36, поступающей от удаления воды из среды 32 на поверхности 28. Использование объемных насосов 34, 34' для рабочей текучей среды позволяет параллельную установку насосов для рабочей текучей среды, что будет намного сложнее сделать с параллельными центробежными насосами для рабочей текучей среды, поскольку чувствительность давления к скорости потока повлияет на взаимодействие между отдельными центробежными насосами.

Теперь ссылка сделана на фиг. 7, которая является упрощенным схематичным чертежом, изображающим третий вариант осуществления насосной системы 710, имеющей альтернативное расположение части (объемный насос) насосной системы с фиг. 1 или фиг. 4.

В первом и втором вариантах осуществления (фиг. 1-6), объемный насос 34 расположен на поверхности 28, значительно выше камеры(камер) 12, 312 обмена давлением. Например, поверхность 28 может располагаться на 50 м - 5000 м выше камеры 12 обмена давлением. Однако возможно расположить объемный насос на приблизительно том же уровне (или высоте, или глубине), что и камера 12 обмена давлением или камеры 312 обмена давлением. Это изображено в виде объемного насоса 734 на нижнем уровне на фиг. 7.

Это имеет преимущество в том, что объемный насос 734 расположен вблизи камеры(камер) 12, 312 обмена давлением, тем самым улучшая время отклика на нагрузку при переключении между камерами 312 обмена давлением. Еще одним преимуществом является то, что подъемник рабочей текучей среды (подъемник 38 на фиг. 1) не требуется, поскольку рабочая текучая среда 36 может быть обеспечена посредством источника 74' текучей среды на нижнем уровне. Альтернативно, подъемник рабочей текучей среды может быть использован для обеспечения рабочей текучей среды 36 с поверхности 28 непосредственно в объемный насос 734. Это имеет преимущество в том, что гидростатическое давление в подъемнике рабочей текучей среды создает высокое давление всасывания на объемном насосе 734, снижая его потребление энергии.

Когда камера(камеры) 12, 312 обмена давлением расположены под землей (в отличие от расположения на морском или озерном дне), объемный насос 734 должен поставлять полную мощность, чтобы преодолеть нагнетательное выпускное отверстие 20 (то есть поднять среду 32 на поверхность 28). Когда камера(камеры) 12, 312 обмена давлением расположены на морской (или озерном) дне, окружающая вода может быть использована в качестве рабочей текучей среды 36, и она имеет гидростатическое давление, зависящее от глубины, таким образом объемный насос 734 должен преодолевать только разность давлений вследствие различия плотности морской воды и среды 32 в подъемнике 24 перекачиваемой

среды, плюс потери от трения в подъемнике 24 перекачиваемой среды.

Альтернативно, аналогично описанному со ссылкой на фиг. 1, рабочая текучая среда 36 может подаваться из источника 74 текучей среды на поверхности посредством подъемника 38 рабочей текучей среды.

Обеспечение объемного насоса 34 на том же уровне, что и камеры 312 обмена давлением имеет недостаток, который может быть дорого обеспечить мощный источник питания там, где расположены камеры 312 обмена давлением (например, в шахте или на морском дне).

Теперь понятно, что объемный насос 34 может быть расположен на поверхности 28 или на отрицательной высоте. Аналогично, рабочая текучая среда 36 может быть обеспечена с поверхности 28 или с отрицательной высоты, или с их комбинации.

Теперь ссылка сделана на фиг. 8, которая является упрощенным схематичным чертежом, изображающим общую конфигурацию насосной системы 810, причем варианты показаны пунктирной линией, для подземной системы, использующей подземный нагнетающий объемный насос для рабочей текучей среды с замкнутым контуром, согласно варианту осуществления настоящего изобретения. Насосная система 810 включает в себя открытую систему 46, 346 обмена давлением, как описано выше.

На фиг. 8, C_v обозначает объемную концентрацию твердых частиц в пульпе, и Q_{ur} обозначает общий расход, который обеспечивает насосная система 810. Источник 74 текучей среды на поверхности изображен в виде резервуара для воды при атмосферном давлении. Этот (первый) источник 74 текучей среды на поверхности может питаться любой легко доступной водой (изображена прямоугольником 74") с поверхности моря, озера или пруда, или из оборудования для удаления воды, когда требуется, в зависимости от того, какой вариант системы используется.

Прямоугольник 811 показан пунктирной линией вокруг второго объемного насоса 34' (или в некоторых вариантах осуществления, только объемного насоса 34') и второго источника 76 текучей среды. В подземной среде (не на морском или озерном дне), второй источник 76 текучей среды требуется для захвата текучей среды из открытой системы 46, 346 обмена давлением, в противном случае отведенная рабочая текучая среда затопит площадь. В таких применениях, второй источник 76 текучей среды может питать мешалку

813 для подготовки пульпы, которая смешивает текучую среду из второго источника 76 текучей среды с рудой, которая была добыта (не показана). Варианты осуществления с фиг. 1, 3 и 7 также включают в себя мешалку 813 для подготовки пульпы, но она не показана на этих фигурах для ясности. На морском или озерном дне, второй источник 76 текучей среды не требуется, поскольку отсутствует необходимость захватывать текучую среду из открытой системы 46, 346 обмена давлением, поскольку она может быть отведена в морскую или озерную воду вокруг камеры 12, 312 обмена давлением.

Фиг. 8 также показывает подземный источник 876 текучей среды (который может являться прудом или резервуарами, используемыми для удерживания воды), который может быть использован для подачи любого недостатка текучей среды или для приема любого избытка текучей среды, когда требуется, в зависимости от того, какой вариант системы используется.

Этапы описанных здесь способов могут быть выполнены в любом подходящем порядке, или одновременно по необходимости.

Термины "содержащий", "включающий в себя", "закрывающий" и "имеющий" используются здесь для перечисления неисчерпывающего списка из одного или более элементов или этапов, а не закрытого списка. Когда такие термины используются, эти элементы или этапы, приведенные в списке, не исключают другие элементы или этапы, которые могут быть добавлены в список.

Если обратное не указано контекстом, термины "a" и "an" используются здесь для обозначения по меньшей мере одного из элементов, целых чисел, этапов, признаков, операций или компонентов, упомянутых после этого, но не исключают дополнительные элементы, целые числа, этапы, признаки, операции или компоненты.

Присутствие расширительных слов и фраз, таких как "один или более," "по меньшей мере," "но не ограничиваясь" или других подобных фраз, в некоторых случаях не означает, и должно толковаться означаемым, что более узкий случай предполагается или требуется в случаях, где такие расширительные фразы не используются.

В других вариантах осуществления, механизм 30 заполнения может содержать грязевый насос или любой другой подходящий насос.

Ссылочные позиции и соответствующие элементы, использованные в настоящем документе, приведены ниже:

- 10 - насосная система;
- 12 - камера обмена давлением;
- 14 - клапанный механизм рабочей текучей среды;
- 16 - клапанный механизм перекачиваемой среды;
- 20 - нагнетательное выпускное отверстие;
- 22 - выпускной конец;
- 24 - подъемник перекачиваемой среды;

- 26 - приемник;
- 28 - поверхность;
- 29 - выпускная линия среды;
- 30 - механизм заполнения;
- 31 - впускная линия среды;
- 32 - среда (перекачиваемая пульпа);
- 34 - объемный насос;
- 34' - второй объемный насос;
- 36 - рабочая текучая среда;
- 38 - подъемник рабочей текучей среды;
- 40 - впускная линия рабочей текучей среды;
- 42 - выпускная линия рабочей текучей среды;
- 44 - точка отведения рабочей текучей среды;
- 46 - открытая система обмена давлением;
- 48 - конец объемного насоса;
- 50 - впускной клапан рабочей текучей среды;
- 52 - выпускной клапан рабочей текучей среды;
- 54 - компрессионный клапан;
- 56 - декомпрессионный клапан;
- 57 - дроссельная заслонка;
- 58 - управляющий привод клапанов (для клапанов 50-56);
- 60 - линия для выравнивания давления;
- 62 - выпускной клапан перекачиваемой текучей среды;
- 64 - впускной клапан перекачиваемой текучей среды;
- 66 - управляющий привод клапанов (для клапанов 60, 62);
- 70 - системный контроллер;
- 72' - второй объемный насос;
- 74 - источник текучей среды на поверхности;
- 74' - источник текучей среды на нижнем уровне;
- 76 - второй источник текучей среды;
- 100 - блок-схема;
- 310 - альтернативная насосная система;
- 312a, b, c - камеры обмена давлением;
- 346 - открытая система обмена давлением (3 камеры);
- 370 - системный контроллер;
- 400 - блок-схема заполнения камеры 310 обмена давлением;
- 420 - блок-схема отведения из камеры 310 обмена давлением;
- 710 - насосная система;
- 734 - объемный насос на нижнем уровне;
- 810 - насосная система;
- 811 - прямоугольник с опциональными компонентами;
- 813 - мешалка для подготовки пульпы;
- 876 - подземный источник текучей среды.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Насосная система для перекачивания среды, содержащей жидкость с частицами руды, из подземного или подводного расположения на поверхность, расположенную выше по уровню, причем система содержит

по меньшей мере одну камеру обмена давлением, располагаемую на значительно более низкой высоте, чем расположенный выше уровень, и содержащую вытянутую трубу, которая продолжается в поперечном направлении, и имеющую клапанный механизм рабочей текучей среды на одном конце и клапанный механизм перекачиваемой среды на противоположном конце;

нагнетательное выпускное отверстие на выпускном конце системы на стороне клапанного механизма перекачиваемой среды камеры обмена давлением;

подъемник, продолжающийся вверх из выпускного конца до расположенного выше уровня и служащий для доставки на него среды;

источник текучей среды, располагаемый на приблизительно том же уровне, что и камера обмена давлением, чтобы обеспечить воду для смешивания с рудой для создания среды;

механизм заполнения, выполненный с возможностью заполнения камеры обмена давлением средой;

и

объемный насос, соединенный с камерой обмена давлением и выполненный с возможностью пере-

качивания рабочей текучей среды в непосредственном контакте со средой, так что среда вытесняется из камеры обмена давлением в нагнетательное выпускное отверстие посредством рабочей текучей среды.

2. Насосная система по п.1, в которой клапанный механизм рабочей текучей среды расположен на конце камеры обмена давлением, соединенном с объемным насосом, и содержит впускной клапан рабочей текучей среды и выпускной клапан рабочей текучей среды, и клапанный механизм перекачиваемой среды содержит впускной клапан перекачиваемой текучей среды, посредством которого среда может быть подана в камеру обмена давлением, и выпускной клапан перекачиваемой текучей среды, посредством которого среда может быть отведена из камеры обмена давлением, и привод, связанный с каждым клапаном и выполненный с возможностью смещения клапана между открытым положением и закрытым положением, причем клапаны выполнены так, чтобы поток перекачиваемой текучей среды способствовал закрытию впускного и выпускного клапанов рабочей текучей среды и способствовал открытию впускного и выпускного клапанов перекачиваемой текучей среды.

3. Насосная система по п.2, в которой клапанный механизм рабочей текучей среды дополнительно содержит компрессионный клапан для обхода впускного клапана рабочей текучей среды, так чтобы давление в камере обмена давлением могло быть повышено перед открытием впускного клапана рабочей текучей среды, и декомпрессионный клапан для обхода выпускного клапана рабочей текучей среды, так чтобы давление в камере обмена давлением могло быть снижено перед открытием выпускного клапана рабочей текучей среды, и дроссельную заслонку, соединенную последовательно с компрессионным клапаном для ограничения скорости потока рабочей текучей среды через компрессионный клапан.

4. Насосная система по п.1, в которой насосная система содержит множество камер обмена давлением, соединенных параллельно и заполняемых последовательно средой, подлежащей перекачиванию, и опустошаемых последовательно рабочей текучей средой.

5. Насосная система по п.4, в которой насосная система дополнительно содержит контроллер камеры обмена давлением, выполненный с возможностью приведения в действие любого из компрессионного и декомпрессионного клапана, впускного клапана и выпускного клапана рабочей текучей среды и, когда требуется, впускного и выпускного клапана перекачиваемой текучей среды, в надлежащее время для обеспечения того, что по меньшей мере одна камера обмена давлением заполнена средой, когда камера, из которой происходит отведение, опустошается перекачиваемой средой, в то время как другая камера обмена давлением заполняется средой.

6. Насосная система по любому из предшествующих пунктов, в которой объемный насос перекачивает рабочую текучую среду в том же направлении, в котором течет среда.

7. Насосная система по любому из предшествующих пунктов, в которой механизм заполнения содержит центробежный насос.

8. Насосная система по любому из предшествующих пунктов, в которой объемный насос расположен на приблизительно той же высоте, что и камера обмена давлением.

9. Насосная система по любому из пп.1-7, в которой объемный насос расположен на значительно более высокой высоте, чем камера обмена давлением.

10. Насосная система по любому из пп.1-7 или 9, в которой система дополнительно содержит подъемник рабочей текучей среды, соединенный с объемным насосом на поверхности, и источник рабочей текучей среды, расположенный на поверхности и выполненный с возможностью выделения и повторного использования текучей среды из перекачиваемой среды, так чтобы текучая среда из среды могла быть использована в качестве рабочей текучей среды.

11. Насосная система по п.10, в которой система дополнительно содержит фильтр восстановления текучей среды для удаления больших твердых частиц из перекачиваемой среды перед ее обеспечением в объемный насос.

12. Насосная система по любому из пп.1-11, в которой система дополнительно содержит источник рабочей текучей среды, расположенный на приблизительно той же высоте, что и камера обмена давлением, в которой источник рабочей текучей среды повторно использует рабочую текучую среду, выталкиваемую из камеры обмена давлением во время этапа заполнения камеры.

13. Насосная система по п.12, дополнительно содержащая второй объемный насос, расположенный на уровне камеры обмена давлением.

14. Насосная система по п.13, в которой система дополнительно содержит подъемник рабочей текучей среды, соединенный с объемным насосом на поверхности, и источник рабочей текучей среды, расположенный на поверхности и выполненный с возможностью выделения и повторного использования текучей среды из перекачиваемой среды, так чтобы текучая среда из среды могла быть использована в качестве рабочей текучей среды, посредством которого обеспечивается система текучей среды с замкнутым контуром, которая требует очень небольшого количества, или вообще не требует, внешней подачи текучей среды, так как она работоспособна, поскольку вся рабочая текучая среда и среда используется повторно.

15. Насосная система по любому из предшествующих пунктов, в которой нагнетательное выпускное отверстие содержит либо подачу в контейнер под давлением, либо подачу в вытянутую транспортную линию, требующую высокое давление.

16. Насосная система по любому из предшествующих пунктов, в которой клапанные механизмы рабочей текучей среды и перекачиваемой среды содержат приводные, тарельчатые, обратные клапаны, которые ориентированы и выполнены так, чтобы (i) разность давлений на каждом клапане действовала на стороне нагнетания клапана, чтобы способствовать поддержанию клапана в закрытом положении, когда клапаны не приведены в действие, (ii) направление потока рабочей текучей среды способствует закрытию клапанов рабочей текучей среды и (iii) направление потока перекачиваемой среды способствует открытию клапанов перекачиваемой текучей среды.

17. Насосная система по п.16, в которой усилие привода выбрано так, что клапаны открываются только в присутствии небольшой разности давлений, даже когда приведены в действие.

18. Способ перекачивания среды, содержащий жидкость с частицами руды, из подземного или подводного расположения на поверхность, расположенную выше по уровню, используя насосную систему по любому из пп.1-17, причем способ включает в себя этапы, на которых:

(i) снижают давление в камере обмена давлением, которая продолжается в поперечном направлении;

(ii) заполняют камеру обмена давлением средой, подлежащей перекачиванию, используя источник относительно низкого давления;

(iii) повышают давление в камере обмена давлением, используя объемный насос;

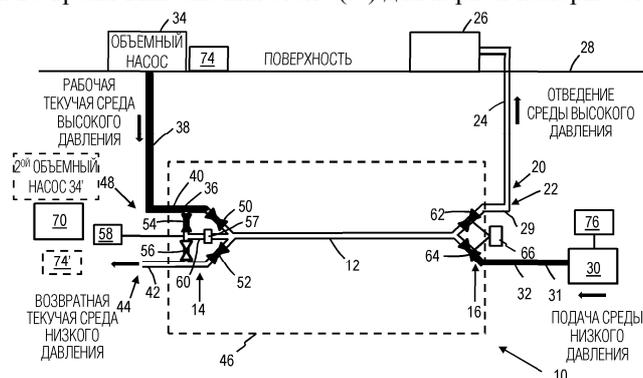
(iv) вытесняют среду, используя рабочую текучую среду в непосредственном контакте со средой, где рабочая текучая среда доставляется, используя объемный насос; и

(v) обеспечивают задержку в закрытии впускного и выпускного клапанов перекачиваемой среды относительно впускного и выпускного клапанов рабочей текучей среды, чтобы ограничить поток перекачиваемой среды до закрытия впускного и выпускного клапанов перекачиваемой среды, тем самым позволяя более крупным частицам руды в среде оседать в направлении от впускного и выпускного клапанов перекачиваемой среды до их закрытия.

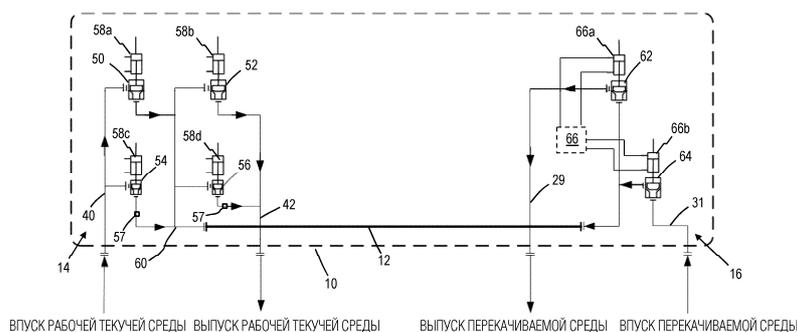
19. Способ перекачивания среды по п.18, в котором этап (ii) дополнительно содержит заполнение камеры обмена давлением, так что среда проходит через существенную часть камеры обмена давлением и выпускается через выпускной клапан рабочей текучей среды.

20. Способ перекачивания среды по п.18 или 19, в котором этап (iv) дополнительно содержит вытеснение среды, используя рабочую текучую среду в непосредственном контакте со средой, так что рабочая текучая среда проходит через существенную часть камеры обмена давлением и выпускается через выпускной клапан перекачиваемой текучей среды.

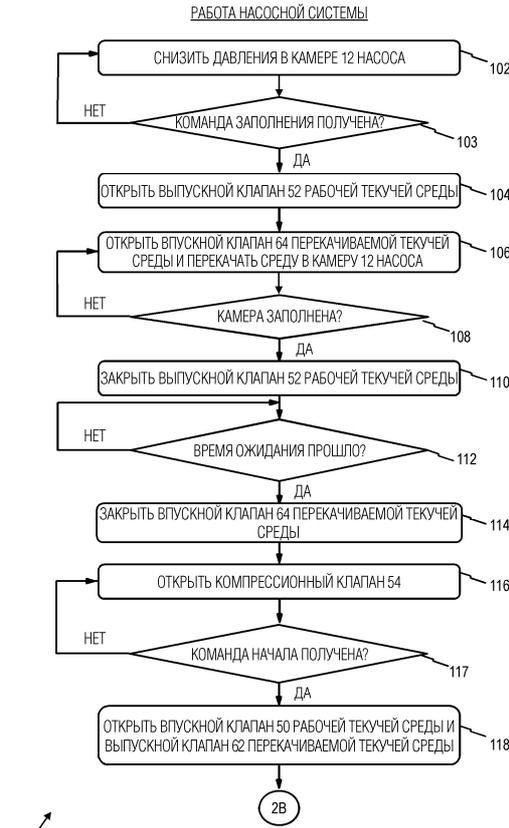
21. Способ перекачивания среды по любому из пп.18-20, в котором способ содержит выполнение этапов (i)-(iii) для первой камеры обмена давлением, затем выполнение этапов (i)-(iii) для второй камеры обмена давлением до или во время выполнения этапа (iv) для первой камеры обмена давлением.



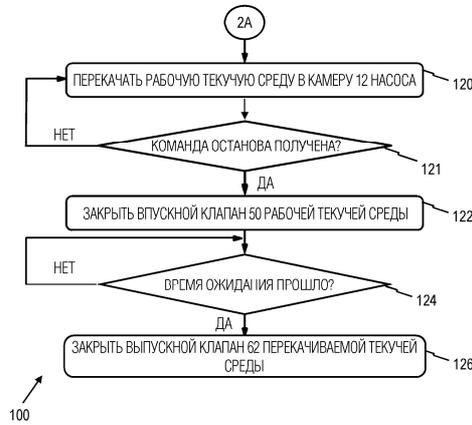
Фиг. 1



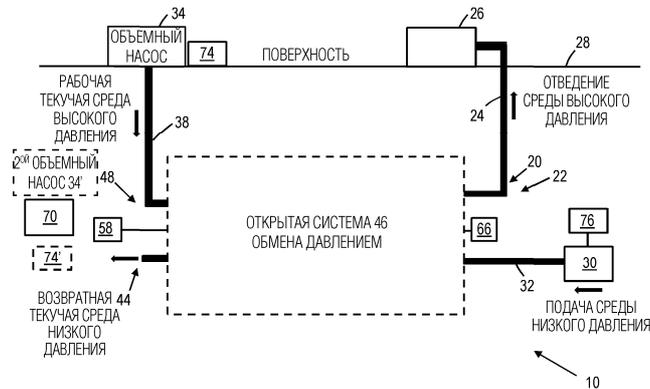
Фиг. 1А



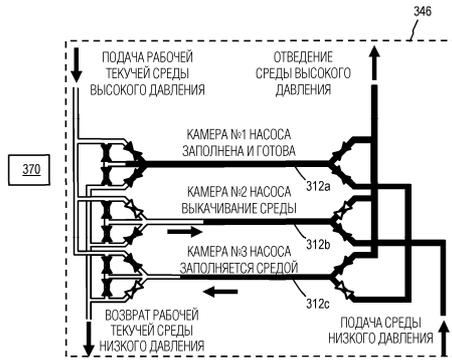
Фиг. 2А



Фиг. 2В



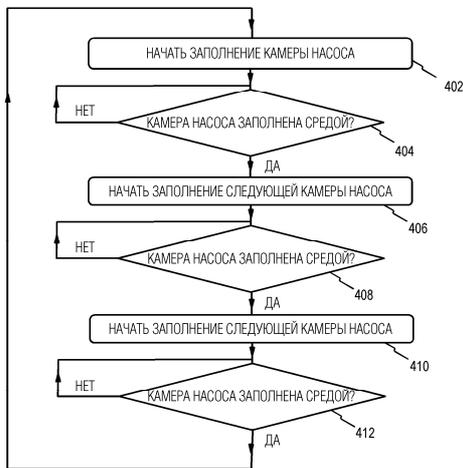
Фиг. 3



310

Фиг. 4

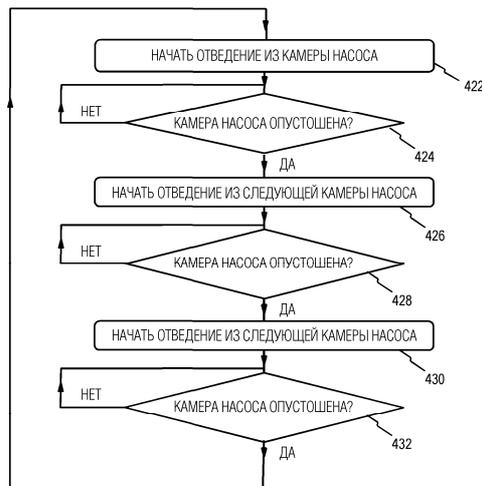
РАБОТА НАСОСНОЙ СИСТЕМЫ 310 - ЗАПОЛНЕНИЕ КАМЕРЫ НАСОСА



400

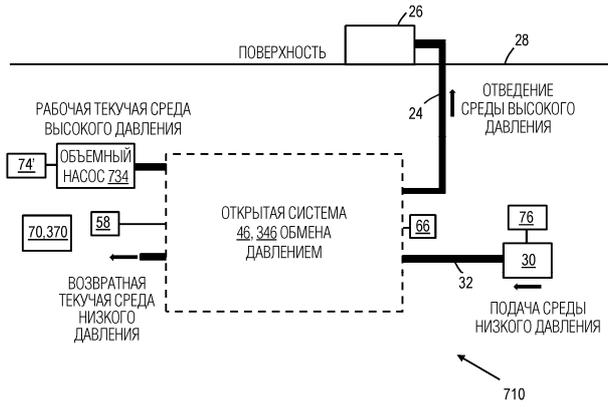
Фиг. 5

РАБОТА НАСОСНОЙ СИСТЕМЫ 310 - ОТВЕДЕНИЕ ИЗ КАМЕРЫ НАСОСА

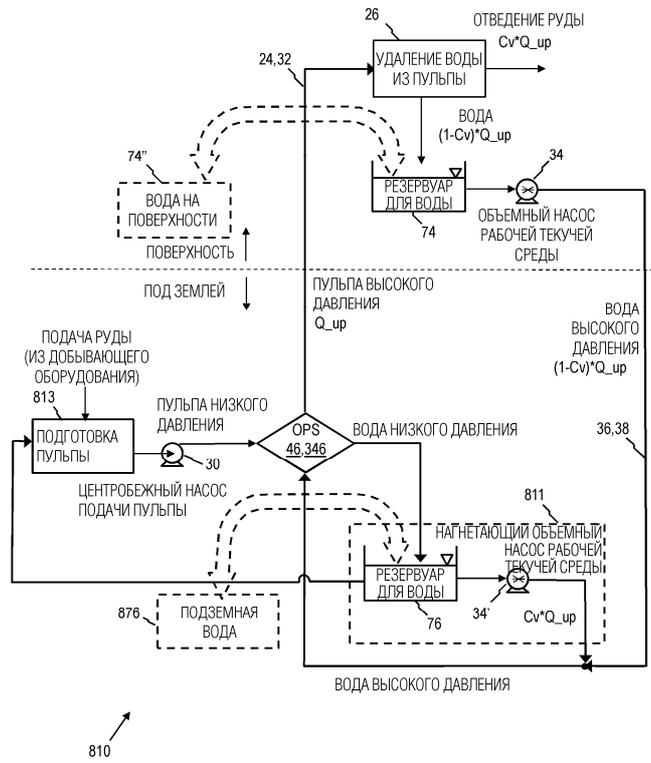


420

Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

