



## ВУ 15171 С1 2011.12.30

заданного размера, и обедненную, содержащую граничную фракцию заданного размера и песчаные некондиционные зерна совместно со шламовыми пылевидными и глинистыми частицами, после чего поток обедненной пульпы разделяют под действием центробежной силы на две струи, а кондиционную пульпу удаляют.

2. Устройство для сепарации пульпы способом по п. 1, содержащее напорный горизонтальный трубопровод для подачи пульпы, гидроциклон, сливную линию и отводной трубопровод для транспортировки товарной пульпы, два контрольных устройства для экспресс-анализа консистенции пульпы, установленный на напорном горизонтальном трубопроводе для подачи пульпы трубный горизонтальный корпус, внутри которого в диаметральной плоскости расположен плоский горизонтальный делитель потока, снабженный со стороны движения потока пульпы поворотной заслонкой, закрепленной на горизонтальной оси с возможностью как разделения потока пульпы на две зоны - нижнюю, содержащую кондиционную пульпу из крупных, средних и граничных фракций, и верхнюю, содержащую обедненную пульпу с фракциями граничного зерна, песчаные зерна совместно со шламовыми пылевидными и глинистыми частицами, так и полного перекрытия половинной площади вертикального сечения трубного горизонтального корпуса, находящейся сверху или снизу относительно плоского горизонтального делителя потока, кроме того, на выходе из трубного горизонтального корпуса герметично установлены верхний и нижний патрубки, соединенные соответственно с верхней и нижней частями трубного горизонтального корпуса с одной стороны, а с другой стороны верхний патрубок соединен с трубопроводом для подачи обедненной пульпы к гидроциклону, а нижний патрубок - с трубопроводом для отвода товарной пульпы, причем одно контрольное устройство установлено на трубопроводе подачи обедненной пульпы, а другое - на сливной линии гидроциклона.

---

Предлагаемое изобретение относится к области гидромеханизации в мелиоративном и водохозяйственном строительстве. В частности, оно может быть использовано на земснарядах, обеспечивая при проведении работ по расширению или углублению фарватера попутную сепарацию пульпы, позволяющую получить товарный песок (мелкий и крупный) стандартной крупности. Этот песок можно раздельно загружать на прицепные баржи с последующей их буксировкой в порт назначения, где после разгрузки и складирования его можно продавать строительным организациям и заводам ЖБК как сырье для производства качественных железобетонных изделий, штукатурных смесей, изделий из высококачественного хрусталя и стекла.

Известен способ разделения материалов в потоке пульпы [1, с. 125-126], основанный на использовании гравитационных сил тяжести, действующих на зерна в объеме пульпы. На практике этот способ реализуется либо с подачей или без подачи дополнительного потока чистой воды.

Известно устройство для реализации гравитационного способа [2, с. 86], характеризующееся громоздкой конструкцией и значительной массой в рабочем состоянии после заполнения водой. Как уже отмечалось, при эксплуатации этих аппаратов возникает необходимость дополнительно применять для промывки чистую воду в объеме, сопоставимом с объемом всей сепарируемой гидросмеси, и использовать соответствующие насосы большей мощности для подачи воды в аппараты при дополнительных затратах энергии. Используются рассмотренные аппараты, как правило, в стационарных условиях. Так как они характеризуются большой металло- и энергоемкостью, то применение их непосредственно, например, на земснарядах ввиду больших габаритов и массы весьма проблематично из-за ограниченной плавучести земснаряда.

Известен способ сепарации пульпы [1, с. 125-126] - прототип, включающий разделение потока под действием центробежной силы на две струи - внешнюю, содержащую

## ВУ 15171 С1 2011.12.30

крупные, средние и заданного размера граничные фракции, и внутреннюю, содержащую песчаные некондиционные зерна совместно со шламовыми, пылевидными и глинистыми частицами [1, с. 125-126].

Известно устройство для осуществления способа сепарации пульпы [1, с. 125-126] - прототип, гидроциклон, содержащий питающий и сливной патрубков, цилиндрическую и коническую части, песковый отводной насадок. В отличие от аппаратов гравитационного действия гидроциклон является более простым и компактным аппаратом, не требующим больших площадей для своей работы. Однако прохождение всего объема пульпы, сформированного грунтовым насосом земснаряда ( $800 \div 1200 \text{ м}^3/\text{час}$ ) и содержащего по объему до  $15 \div 20 \%$  такого абразивного материала как речной песок, приводит к быстрому износу таких ответственных деталей циклона, как питающий патрубок, коническая часть гидроциклона, песковая насадка и т.д. Для повышения срока службы при их изготовлении необходимо применять гоббро-диабазовое литье, либо футеровать поверхности, находящиеся в контакте с пульпой, специальными сортами износостойчивой резины, что значительно удорожает стоимость изготовления гидроциклонов.

Задача изобретения заключается в повышении эффективности процесса сепарации пульпы непосредственно на работающем земснаряде.

Решение этой задачи обеспечивается тем, что в способе сепарации пульпы, при котором разделяют поток пульпы под действием центробежной силы на две струи, предварительно пульпу прокачивают по напорному горизонтальному трубопроводу с верхней критической скоростью и осуществляют ее сепарацию на две зоны - нижнюю и верхнюю, содержащие соответственно кондиционную пульпу, состоящую из крупных, средних и граничных фракций заданного размера, и обедненную, содержащую граничную фракцию заданного размера и песчаные некондиционные зерна совместно со шламовыми пылевидными и глинистыми частицами, после чего поток обедненной пульпы разделяют под действием центробежной силы на две струи, а кондиционную пульпу удаляют.

Решение этой задачи обеспечивается также тем, что устройство для сепарации пульпы указанным способом, содержащее напорный горизонтальный трубопровод для подачи пульпы, гидроциклон, сливную линию и отводной трубопровод для транспортировки товарной пульпы, два контрольных устройства для экспресс-анализа консистенции пульпы, установленный на напорном горизонтальном трубопроводе для подачи пульпы трубный горизонтальный корпус, внутри которого в диаметральной плоскости расположен плоский горизонтальный делитель потока, снабженный со стороны движения потока пульпы поворотной заслонкой, закрепленной на горизонтальной оси с возможностью как разделения потока пульпы на две зоны - нижнюю, содержащую кондиционную пульпу из крупных, средних и граничных фракций, и верхнюю, содержащую обедненную пульпу с фракциями граничного зерна, песчаные зерна совместно со шламовыми пылевидными и глинистыми частицами, так и полного перекрытия половинной площади вертикального сечения трубного горизонтального корпуса, находящейся сверху или снизу относительно плоского горизонтального делителя потока, кроме того, на выходе из трубного горизонтального корпуса герметично установлены верхний и нижний патрубки, соединенные соответственно с верхней и нижней частями трубного горизонтального корпуса с одной стороны, а с другой стороны верхний патрубок соединен с трубопроводом для подачи обедненной пульпы к гидроциклону, а нижний патрубок - с трубопроводом для отвода товарной пульпы, причем одно контрольное устройство установлено на трубопроводе подачи обедненной пульпы, а другое - на сливной линии гидроциклона.

Сущность предлагаемого изобретения поясняется чертежами. На фиг. 1 показано общее расположение аппаратов на кормовой части палубы земснаряда, к бортам которого пришвартованы баржи для загрузки песка. На фиг. 2 представлено вертикальное сечение трубного корпуса, а на фиг. 3 - продольное горизонтальное сечение трубного корпуса (вид сверху).

## ВУ 15171 С1 2011.12.30

Предлагаемое устройство для осуществления способа состоит из напорного горизонтального трубопровода 1 для подачи пульпы, к выходному фланцу 2 которого посредством фланца 3 присоединяется подводящая труба 4, которая, в свою очередь, соединяется с входным фланцем 5 трубного горизонтального корпуса 6.

Внутри трубного горизонтального корпуса 6 на горизонтальной оси 7 (фиг. 2) смонтирована поворотная заслонка 8. Заслонка 8 направлена своим острием А навстречу потоку движущейся пульпы, что позволяет, не разрушая структуры потока, предварительно легко разделять его на две зоны - верхнюю В и нижнюю Н. Конструктивно заслонка 8 для случая установки в цилиндрическом корпусе 6 может быть выполнена в виде полукруга. Для контроля положения заслонки 8 в потоке пульпы на внешней стороне трубного горизонтального корпуса 6 смонтирована шкала 9 со стрелкой 10. Для поворота заслонки 8 предусмотрено использовать гидроцилиндр 11. Для окончательного разделения потока пульпы на две зоны - верхнюю В и нижнюю Н служит установленный в диаметральной плоскости трубного горизонтального корпуса 6 горизонтальный плоский делитель потока 12. Предложенное совместное исполнение поворотной заслонки 8, направленной навстречу потоку пульпы, и горизонтального плоского делителя 12 позволяет при необходимости осуществлять полное перекрытие любой половины площади трубного горизонтального корпуса 6, расположенной сверху или снизу относительно делителя потока 12. На выходе из трубного горизонтального корпуса 6 герметично по отношению к делителю 12 установлены два патрубка 13 и 14. Причем верхний патрубок 13 с одной стороны герметично соединен с верхней частью трубного горизонтального корпуса 6, где находится верхняя зона потока В, а с другой стороны - с трубопроводом 15 для подачи обедненной пульпы, который, в свою очередь, соединен с питающим патрубком 16 гидроциклона 17 (фиг. 1).

Нижний патрубок 14 с одной стороны герметично соединен с нижней частью Н трубного горизонтального корпуса 6, где находится нижняя зона Н потока пульпы, а с другой стороны с дополнительным трубопроводом 18 для отвода товарной пульпы.

Для контроля консистенции потока обедненной пульпы на трубопроводе 15 смонтировано контрольное приспособление, содержащее шаровой вентиль 19, фильтровальное сито 20 с размером ячейки 0,16 мм и емкость 21. В зависимости от объема твердого осадка на сите 20 проводится регулировка ординаты У, характеризующей по высоте трубного горизонтального корпуса 6 положение границы раздела между нижней Н и верхней В в потоке пульпы. Так, например, при большом объеме частиц размером более 0,16 мм на фильтровальном сите 20 угол наклона  $\alpha$  поворотной заслонки 8 несколько увеличивается, что приводит к увеличению ординаты У, характеризующей новое, более высокое положение границы раздела между верхней и нижней зонами потока пульпы. Это новое положение поворотной заслонки 8 будет отвечать увеличению объема нижней зоны, через которую проходят крупные, средние и заданного размера, например 0,16 мм, фракции граничного зерна, и, соответственно, уменьшать объем граничных зерен в верхней зоне потока пульпы.

Для проведения финишной обработки обедненной пульпы предусмотрен гидроциклон 17, который через песковую насадку (на фиг. 1 не показана) связан с трубопроводом 22, предназначенным для подачи мелкозернистого песка, состоящего из граничных фракций крупностью 0,16 мм, на баржу 23.

Для отвода потока, содержащего шламовые глинистые и песчаные зерна крупностью менее 0,16 мм, к сливному патрубку 24 гидроциклона 17 подсоединена сливная линия 25. На этой линии смонтировано контрольное приспособление, предназначенное для отбора проб пульпы. По аналогии с уже рассмотренным приспособлением на линии 15 это приспособление содержит кран 26, фильтровальное сито 27 с ячейкой 0,16 мм и емкость для приема пульпы (на фиг. 1 не показана). Принцип отбора проб на сливной линии 25 такой же, как и на линии 15.

Для приема товарной пульпы из трубопровода 18 предусмотрена баржа 28.

## ВУ 15171 С1 2011.12.30

Предлагаемый способ сепарации пульпы осуществляется следующим образом. Грунтовый насос (на фиг. 1 не показан) подает пульпу по горизонтальному напорному трубопроводу 1 через подводящую трубу 4 в горизонтальный трубный корпус 6. При этом на всей длине горизонтального трубного корпуса 6 с помощью грунтового насоса потоку пульпы придается движение с верхней критической скоростью, при которой все фракции в потоке находятся во взвешенном состоянии [3, с. 185, 2-й абзац сверху]. Под действием заслонки 8 (фиг. 2), которая поворачивается в горизонтальном трубном корпусе 6 вокруг оси 7 и устанавливается в заданное положение с помощью гидроцилиндра 11, осуществляется предварительное разделение потока пульпы на две зоны: нижнюю Н и верхнюю В. При этом в нижнюю зону Н с помощью заслонки 8 и плоского делителя 12 обеспечивается подача концентрированной пульпы с крупными, средними и кондиционными мелкими - граничными (равными 0,16 мм) фракциями песка.

А в верхнюю зону В в этот момент разделения потока за счет установки заслонки 8 на заданную высоту У направляется обедненная пульпа, в основном содержащая шламовые частицы и фракции граничного зерна. В этой же верхней зоне в зависимости от скорости движения вполне возможно нахождение и более крупных частиц, которые могут попадать сюда за счет пульсаций скорости и вихревого движения взвешенных частиц, находящихся в турбулентном потоке пульпы.

Если не принимать во внимание отмеченные эпизодические флуктуации в потоке пульпы и опираться только на официальные научно-практические результаты, то можно сделать вывод, что по вертикальному сечению потока снизу-вверх крупность частиц при их движении с верхней критической скоростью изменяется по убывающему закону [3, с. 181], [4, с. 120-121]. Знание этого закона позволяет установить поворотную заслонку 8 в нужное положение по сечению потока пульпы, характеризующее углом  $\alpha$  и высотой У, отсчитанной от донной части корпуса 6. Поворот заслонки 8 в нужное положение относительно горизонтальной оси 7 осуществляется с помощью гидроцилиндра 11, к штоку которого прикрепляется зубчатая рейка, связанная с шестеренкой (на фиг. 2 не показаны), которая закреплена на оси 7. Таким образом, поступательное движение штока гидроцилиндра 11 преобразуется с помощью зубчатого соединения (рейка-шестерня) (на фиг. 1, 3 не показаны) в поворотное движение оси 7 и жестко связанной с ней заслонки 8. Положение заслонки 8 в данный момент времени в потоке пульпы устанавливается с помощью стрелки 10, связанной с осью 7, и шкалы 9 (фиг. 3).

Отделенная таким образом нижняя часть, составляющая по массе 80-85 % от исходного начального потока, содержащая крупные, средние и заданного размера граничные фракции (граничные фракции имеют размер песчинок не менее 0,16 мм), проходит после отсечения от верхней части под делителем 12 и через выходной нижний патрубок 14, соединенный с трубопроводом 18, направляется для отстоя в прицепную баржу 28, которая после загрузки отправляется в порт назначения для выгрузки песка и последующего складирования.

Одновременно со стадией отбора кондиционной товарной массы пульпы осуществляется подача обедненной пульпы, находящейся в верхней части потока над делителем 12, через верхний патрубок 13 и трубопровод 15 в патрубок 16 гидроциклона 17.

В гидроциклоне 17 под действием центробежных сил происходит обработка обедненной пульпы, сопровождаемая формированием двух струй, восходящей и нисходящей. При этом нисходящая струя, содержащая в основном фракции заданного размера граничного зерна, например 0,16 мм, через песковую насадку (на фиг. 1 не показана) сливается в трубопровод 22 и далее по этому трубопроводу поступает на баржу 23.

Одновременно с этим восходящая струя в гидроциклоне 17 осуществляет унос некондиционных песчаных фракций, например менее 0,16 мм, а также шламовых частиц, через патрубок 24 и трубопровод 25 на слив или к насосу гидрорыхлителя (на фиг. 1 не показан). При прохождении потока обедненной пульпы по трубопроводу 15 в гидроциклон 17

## ВУ 15171 С1 2011.12.30

осуществляется контроль его фракционного состава. Для этого открывается шаровой кран 19 и из трубы 15 осуществляется отбор пробы, которая, проходя через сито 20 с ячейкой - 0,16 мм, попадает в мерную емкость 21. В зависимости от объема осадка на фильтровальном сите 20 с помощью гидроцилиндра 11 и заслонки 8 производится корректировка границы раздела верхней и нижней зоны потока пульпы. При большом объеме граничных зерен и зерен песка размером более 0,16 мм угол наклона  $\alpha$  заслонки 8 несколько увеличивается, что приводит к увеличению количества граничных зерен и частиц с размером более 0,16 мм, попадающих в трубопровод 18. Однако для стандартных условий работы земснаряда, которые характеризуются категорией разрабатываемого грунта, режимом работы грунтового насоса, скоростью транспортировки пульпы и т.д. регулировка и изменение положения заслонки 8 будут носить эпизодический характер. При изменении условий работы земснаряда регулировку положения заслонки 8 следует производить чаще, ориентируясь на контрольные результаты ситового анализа.

При осуществлении верхнего слива из гидроциклона 17 также осуществляется гранулометрический ситовый анализ потока с помощью контрольного устройства, смонтированного на сливной линии 25 гидроциклона.

В состав этого устройства входят те же элементы: шаровой клапан 26, фильтровальное сито 27 и мерная емкость (на фиг. 1 не показана), что уже рассматривались при описании контрольного устройства, установленного на трубопроводе 15, который соединен с входным патрубком 16 гидроциклона 17.

С помощью контрольного устройства, смонтированного на линии 25, устанавливается наличие граничных зерен на сливном трубопроводе. Это является при необходимости обоснованием для регулировки (увеличения диаметра песковой насадки) гидроциклона 17.

Оценивая предлагаемое изобретение, направленное на комплексное решение актуальной народно-хозяйственной задачи, в первую очередь следует отметить высокую точность разделения потока пульпы на три компонента, содержащие:

1. Товарную, кондиционную смесь фракций крупного, среднего и мелкого песка, отвечающую требованиям ГОСТа 8736-77 по размерам граничного зерна, которое в рассмотренном примере принято не менее 0,16 мм, что также отвечает требованиям ГОСТа 8736-77.

2. Однородную фракцию мелкозернистого песка, состоящую в основном из граничных зерен заданного размера, например 0,16 мм, и песчинок, крупностью незначительно превышающих 0,16 мм, что также отвечает требованиям ГОСТа 8736-77.

3. Смесь шламовых включений и песчинок размером менее 0,16 мм, собираемую на выходе из гидроциклона и отправляемую к насосу гидрорыхлителя земснаряда.

Существенным преимуществом предлагаемого изобретения является то, что через гидроциклон проходит только около 15÷20 % от того объема пульпы, которая поступила в нагнетательную линию грунтового насоса. Это существенно снижает нагрузку на гидроциклон, уменьшает абразивный износ его основных деталей, повышает точность выделения из потока мелкозернистых фракций песка, снижает энерго- и металлоемкость всего технологического комплекса, так как за счет установления контролируемого положения границы в потоке около 80÷85 % объема пульпы напрямую поступает в баржу для отстоя крупнозернистого, среднего и мелкого песка.

Малые габариты и низкая металлоемкость позволяют устанавливать данное оборудование непосредственно на палубе земснаряда.

При этом земснаряд, выполняя работу по расширению и углублению судоходного фарватера, способен, при наличии предлагаемого изобретения, одновременно осуществлять сепарацию и сгущение гидросмеси в едином технологическом процессе без особых дополнительных затрат. Это в свою очередь обеспечивает попутное получение дешевого товарного песка, необходимого как для изготовления высококачественных бетонных изделий, так и для приготовления штукатурных смесей, либо для изготовления высококачественных стекло- и хрустальных изделий на стеклозаводах Республики Беларусь.

# BY 15171 C1 2011.12.30

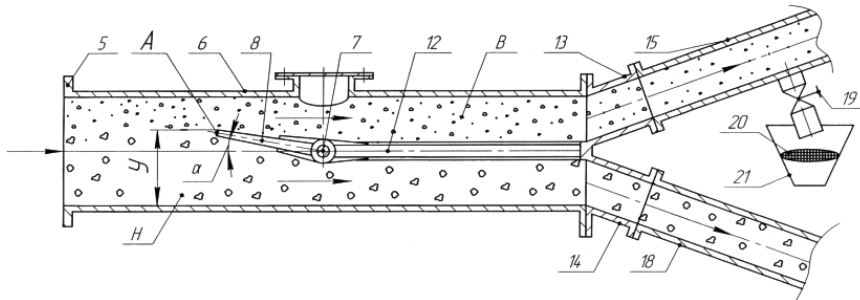
Источники информации:

1. Меламуд Д.Л. Гидромеханизация в мелиоративном и водохозяйственном строительстве: Учебное пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1981. - С. 125-126.

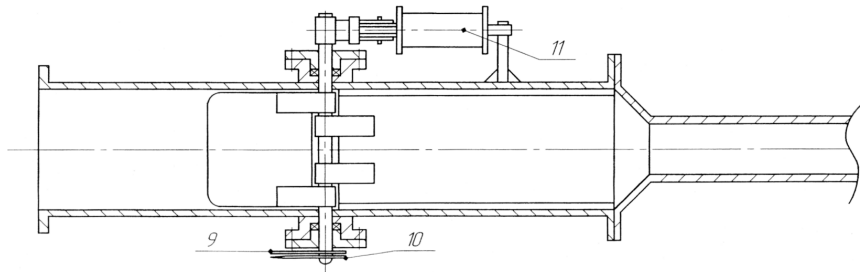
2. Кизевальтер Б.В. Теоретические основы гравитационных процессов обогащения. - М.: Недра, 1979. - С. 86.

3. Краковский И.И. Суда технического флота. - Л.: Судостроение, 1968. - С. 180-185.

4. Доманевский Н.А. Дноуглубление. Изд. 2-е перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1971. - С. 120-121.



Фиг. 2



Фиг. 3