

UDC 622.694.4 : 656.6

SCOPUS CODE 2210

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-3-95-103>

Технологическая схема многоступенчатой гидротранспортной установки для транспортирования по трубопроводам полезных ископаемых и других твердых сыпучих материалов на большие расстояния

Леон Махарадзе

Департамент горной технологии, Грузинский технический университет, Грузия,
0160, Тбилиси, ул. М. Костава 75
E-mail: lmakharadze@gtu.ge

Рецензенты:

Н. Молодини, профессор горно-геологического факультета ГГУ

E-mail: nor_mol@mail.ru

Г. Табатадзе, профессор эмеритус горно-геологического факультета ГГУ

E-mail: Gordatab@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрена технологическая схема многоступенчатой гидротранспортной установки для транспортирования по трубопроводам полезных ископаемых и других твердых сыпучих материалов на большие расстояния. Для достижения поставленной цели она имеет механизм для приема гидросмеси, который установлен внутри барабана и состоит из шнека с полым валом и закрепленных на валу между лопастями патрубков, сообщенных с его полостью, а сопло расположено внутри камеры для приема твердого компонента. Камера выполнена с установленным внутри шнеком. Каждая ступень (каждая станция) снабжена размещенными под перфорированным барабаном емкостями для приема жидкого и твердого компонентов. Эти емкости соответственно связаны с входным патрубком насоса и камерой для приема твердого компонента. Такая технологическая схема трубопроводной гидротранс-

портной системы позволяет смесям твердой фазы полезных ископаемых и других твердых сыпучих материалов транспортироваться в жидкой несущей среде (как правило, в воде) на любом расстоянии оптимальной концентрации. Кроме того, применение на насосных станциях высоконапорных водяных насосов позволит значительно уменьшить количество последовательно включенных в трубопроводной магистрали насосов, т.е. в значительной степени увеличить технико-экономические показатели аналогичных систем и обеспечить их устойчивую эксплуатацию.

Ключевые слова: гидросмесь; гидротранспортирование; жидкая несущая среда; лопасти патрубков; перфорированный барабан; патрубок насоса; сопло; твердый сыпучий материал; технологическая схема; шнек.

Введение

Как известно, напорные гидротранспортные системы получили широкое применение во многих отраслях промышленности из-за многих положительных сторон по сравнению с традиционными видами транспорта, из которых в первую очередь следует отметить, что при их использовании не загрязняется окружающая среда, а также они имеют высокие технико-экономические показатели, значения которых увеличиваются с увеличением дальности транспортирования гидросмеси и концентрации твердых сыпучих материалов.

Исходя из вышеизложенного, решению актуальных проблем, связанных с данным видом транспорта, посвящены труды известных ученых многих стран, в том числе и Грузии [1-7].

В Горном Институте им. Г.А. Цулукидзе выполнены фундаментальные исследования по всем вопросам связанными с проблемой развития напорных гидротранспортных систем. Проведены широкомасштабные теоретические и экспериментальные исследования, результаты которых внедрены на крупных промышленных объектах Советского Союза, в том числе Грузии [3-6].

Нами разработаны технологические схемы головной насосной установки для подготовки и транспортирования гидросмесей по напорной трубопроводной магистрали [8-10].

Эти схемы позволяют регулировать концентрацию твердых сыпучих материалов лишь во всасывающей части головной насосной установки (станции), т.е. центробежного грунтового насоса. В настоящее время на практике в напорных гидротранспортных системах используются, как правило, такие грунтовые насосы, которые по сравнению с центробежными насосами, используемыми для подачи однофазных жидкостей, являются низконапорными, поэтому для увеличения дальности подачи гидросмеси необходимо в трубопроводной магистрали последовательно включить их большое количество. Это не очень целесообразно, так как усложняет работу сис-

темы и удороживает стоимость транспортирования твердых сыпучих материалов, т.е. ухудшают технико-экономические показатели.

Основная часть

На основе анализа вышеизложенного, а также уже известных выполненных исследований и технических решений, нами разработана технологическая схема многоступенчатой гидротранспортной установки для транспортирования по трубопроводам полезных ископаемых и других твердых сыпучих материалов на большие расстояния, которая рассматривается в данной работе [10]. Эта схема позволяет комплексно осуществить регулирование как параметров, транспортируемых по трубопроводной магистрали твердых сыпучих материалов, так и давление, необходимое для их транспортирования на более дальние расстояния. Наиболее близким аналогом является известная многоступенчатая гидротранспортная установка, содержащая соединенный с питателем транспортный трубопровод и установленный по его длине в местах потери напора перекачивающие установки (станции), каждая из которых включает в себя устройство для разделения гидросмеси на твердый и жидкий компоненты, состоящее из соединенного с транспортным трубопроводом и установленного с возможностью вращения механизма для приема гидросмеси и неподвижного перфорированного барабана, насос для подачи жидкого компонента, входной патрубок, который сообщен с вышеуказанным устройством, а выходной патрубок снабжен соплом, расположенным соосно с соплом камеры для приема твердого компонента и смеси-тельную камеру [9].

Недостатком известной установки является то, что на промежуточных перекачивающих установках (станциях) не происходит полное осветление потока гидросмеси, которое происходит в смесительной камере и выделенный от общего потока поток гидросмеси попадает в трубопроводную магистраль через сопло. Это обуславливает износ сопла, уменьшение

скорости истечения из него, так как происходит разделение потока на две части, что уменьшает возможность увеличения давления в магистральном трубопроводе. Кроме того, нарушение режима одной из ступеней установки обуславливает нарушение режима всей системы, так как в магистраль транспортирующие агрегаты включены последовательно без раз-

рыва потока на промежуточных перекачивающих установках (станциях).

Эти недостатки отсутствуют в разработанной нами технологической схеме многоступенчатой гидротранспортной установки, представленной на рисунках 1-4 [10].

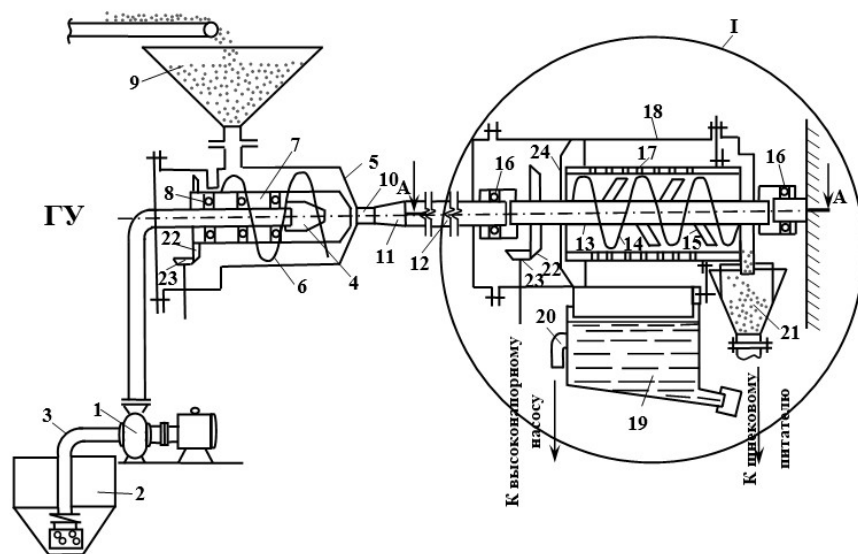


Рис. 1. Технологическая схема головной (первой ступени) насосной станции (установки) многоступенчатой гидротранспортной установки, разработанной в Горном институте им. Г.А. Пулукидзе: 1 – насос для подачи жидкого несущего компонента (как правило, чистой воды); 2 – приемный зумпф; 3 – всасывающая труба насоса; 4 – сопло; 5 – камера для приема твердого компонента (твердого сыпучего материала); 6 – шнек; 7 – цилиндр; 8 – подшипники; 9 – бункер для подачи твердого сыпучего материала (компонента); 10 – смесительная камера для смешения твердого сыпучего материала (компонента) и чистой воды; 11 – диффузор; 12 – транспортный трубопровод; 13 – труба для разделения гидросмеси на твердый и жидкий компоненты; 14 – шнек с полым валом; 15 – патрубки, сообщенные с трубой 13; 16 – подшипники; 17 – перфорированный барабан; 18 – корпус; 19 – емкость для приема жидкого и твердого компонентов; 20 – патрубок для присоединения к высоконапорному водяному насосу, расположенному на промежуточной перекачивающей станции (установки); 21 – бункер для подачи твердого компонента на второй промежуточной станции (установки); 22 – редуктор с зубчатыми передачами; 23 – электропривод; 24 – защитная перегородка

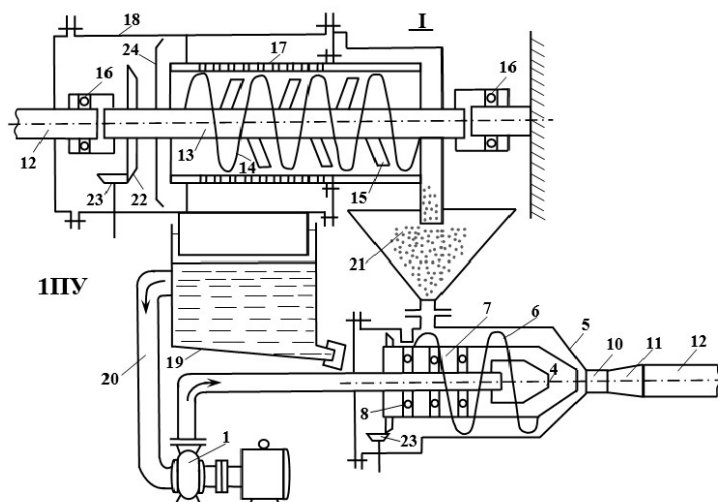


Рис. 2. Узел I на рис. 1 технологической схемы первой перекачивающей насосной станции (установки) 1ПУ: 1 – насос для подачи жидкого компонента (как правило, чистой воды); 4 – сопло; 5 – камера для приема твердого компонента (твердого сыпучего материала); 6 – шнек; 7 – цилиндр; 8 – подшипники; 10 – камера для смешивания твердого сыпучего материала (компонента) и чистой воды; 11 – диффузор; 12 – транспортный трубопровод; 13 – труба для разделения гидросмеси на твердый и жидкий компоненты; 14 – шнек с полым валом; 15 – патрубки, сообщенные с трубой 13; 16 – подшипники; 17 – перфорированный барабан; 18 – корпус; 19 – емкость для приема жидкого и твердого компонентов; 20 – патрубок для присоединения к высоконапорному водяному насосу, расположенному на следующей промежуточной перекачивающей насосной станции (установки); 21 – бункер для подачи твердого компонента на следующие промежуточные станции (установки); 22 – редуктор с зубчатыми передатчиками; 23 – электропривод; 24 – защитная перегородка

На рис. 1 дается общий вид технологической схемы головной насосной станции (первой ступени) многоступенчатой гидротранспортной установки; на рис. 2 – узел I на рис. 1; на рис. 3 – разрез А-А на рис. 1; на рис. 4 – общая схема многоступенчатой гидро-

транспортной установки всех ступеней (а); эпюра распределения напоров, развиваемых насосами каждой ступени (станции) многоступенчатой гидротранспортной установки (б).

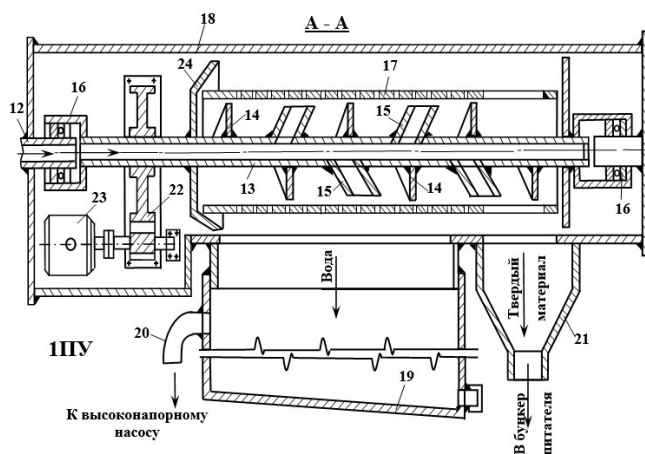


Рис. 3. Разрез А-А на рис.1 технологической схемы многоступенчатой гидротранспортной установки: 12 – транспортный трубопровод; 13 – труба для разделения гидросмеси на твердый и жидкий компоненты; 14 – шнек с полым валом; 15 – патрубки, сообщенные с трубой 13; 16 – подшипники; 17 – перфорированный барабан; 18 – корпус; 19 – емкость для приема жидкого и твердого компонентов; 20 – патрубок для присоединения к высоконапорному водяному насосу, расположенному на промежуточной насосной станции (установки); 21 – бункер для подачи твердого компонента на следующую промежуточную станцию (установки); 22 – редуктор с зубчатыми передатчиками; 23 – электропривод; 24 – защитная перегородка

Многоступенчатая гидротранспортная установка содержит насос [1] для подачи жидкого компонента (несущей среды), который из приемного зумпфа [2] через всасывающую трубу [3] засасывает чистую воду и посредством сопла [4] подает в камеру [5] для приема твердого компонента, в которой размещен шнек [6], закрепленный на цилиндре [7], имеющий возможность вращения посредством подшипников [8]. В камеру [5] подается твердый сыпучий материал из питателя [9]. Твердый сыпучий материал и поток воды смешиваются в смесительной камере [10] и через диффузор [11] подаются в транспортный трубопровод [12] и в трубу [13] устройства разделения гидросмеси на твердый и жидкий компоненты на промежуточной перекачивающей станции.

Последняя включает в себя механизм для разделения гидросмеси на твердый и жидкий компоненты. Этот механизм состоит из шнека [14] с полым валом и закрепленных на валу между лопастями патрубков [15], сообщенных с его полостью. Шнек [14] установлен на подшипниках [16] внутри перфорированного барабана [17], жестко сообщенного с корпусом [18].

В нижней части последнего образованы камеры для поступления мутной воды в емкость [19] для приема жидкости и твердого компонентов, верхняя часть которой связана с входным патрубком насоса [1] патрубком [20] и для приема твердого компонента, который поступает на бункер [21]. Для вращения шнеков на головной установке (ГУ) и перекачивающих установках (ПУ) предусмотрены редукторы с зубчатыми передачами [22] и электроприводами [23], а для их изолирования на перекачивающих установках от гидросмеси – защитными перегородками [24].

Образование гидросмеси происходит на головной установке (ГУ), от которой первую перекачивающую установку (1ПУ), на которой происходит разделение гидросмеси на твердый и жидкий компоненты, размещают на расстоянии l_1 – в месте полной потери напора, развиваемого им. Вторую 2ПУ от 1ПУ размещают на расстоянии l_2 – в месте полной потери напора, развиваемого от 1ПУ и т.д. (см. рис. 4, б).

Так как число ступеней установки для перекачивания гидросмеси практически неограниченно, то создается возможность транспортирования гидросмеси на дальние расстояния.

Многоступенчатая гидротранспортная установка работает следующим образом.

Высоконапорный водяной насос [1] из приемного зумпфа [2] через всасывающую трубу [3] засасывает чистую воду и нагнетает в трубопровод, на конце которого насажено сопло [4] для подачи высоконапорной струи в камеру [5]. Туда же шнек [6], размещенный на цилиндре [7], который вращается вокруг напорной трубы на подшипниках [8], подает из питателя [9] твердый сыпучий материал.

Образование гидросмеси происходит в смесительной камере [10], из которой она поступает в диффузор [11], в котором произойдет восстановление статического напора. Из последнего гидросмесь поступает в трубопровод [12] и в трубу [13], где полностью происходит потеря энергии, развиваемой головной установкой. На этой трубе закреплен шнек [14], который между полостями имеет патрубки [15] для выпуска гидросмеси и вращается на подшипниках [16]. Гидросмесь поступает в перфорированный барабан [17], жестко соединенного с корпусом [18]. В последнем происходит отделение жидкого от твердого.

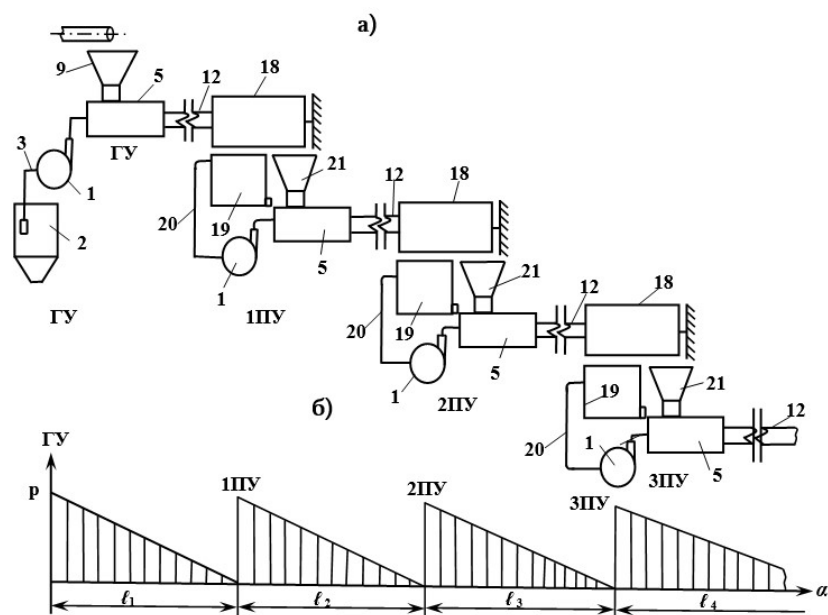


Рис. 4. Общая схема технологической схемы многоступенчатой гидротранспортной установки (всех ступеней, а) и эпюра распределения напоров (давлений), развиваемых насосами каждой ступени (установки) многоступенчатой установки, б): 1 – насос для подачи жидкого несущего компонента (как правило, чистой воды); 2 – приемный зумпф; 3 – всасывающая труба насоса; 5 – камера для приема твердого компонента (твердого сыпучего материала); 9 – бункер для подачи твердого сыпучего материала (компонента); 12 – транспортный трубопровод; 18 – корпус; 19 – емкость для приема жидкого и твердого компонентов; 20 – патрубок для присоединения к высоконапорному водяному насосу, расположенному на перекачивающих станциях (установках); 21 – бункер для подачи твердого компонента на промежуточных станциях (установках); ГУ – головная установка; 1ПУ – первая перекачивающая установка; 2ПУ – вторая перекачивающая установка; 3ПУ – третья перекачивающая установка; l_1, l_2, l_3, l_4 – расстояния между промежуточными насосными станциями (установками) всех ступеней

Вода из корпуса поступает в емкость [19], а из ее верхней части посредством патрубка [20] – к высоконапорному водяному насосу, расположенному на перекачивающей установке (см. рис. 2). Твердый материал в мокром виде для дальнейшего транспортирования подается в приемный бункер [21], расположенный на первой перекачивающей установке 1ПУ. Вращение трубы [13] на ПУ, а также шнека на ГУ происходит зубчатыми передачами [22] и редуктором, приводимых в движение электропроводом [23]. Пространство, в котором размещены зубчатая передача, редуктор и электропривод, от случайного попадания воды или гидросмеси защищает перегородка [24].

Таким образом, на перекачивающей ПУ (см. рис. 2), в устройстве для разделения гидросмеси на твердый и жидкий компоненты (см. рис. 3) происходит отделение твердого сыпучего материала от жидкой

среды – воды, а потом вновь образование гидросмеси с той же консистенцией, которую она имела до перекачивающей установки в трубопроводе [12].

Этому способствует то обстоятельство, что для дальнейшей транспортировки вода, осветленная в емкости [19], подается высоконапорному насосу перекачивающей насосной станции (см. рис. 2). Загрузочным для этой станции является бункер [21], куда шнеком [14] из камеры корпуса [18] подается твердый сыпучий материал в мокром виде.

Заклучение

Рассмотренная установка позволяет транспортировать гидросмеси на дальние расстояния с одинаковой – оптимальной консистенцией по всей магистрали.

Кроме того, возможность полного израсходования энергий, развиваемых ГУ и ПУ, а также использование

в качестве источников энергии высоконапорных водяных насосов до минимума уменьшает число ступеней магистральных гидротранспортных систем.

Ориентировочный предварительный подсчет технико-экономического эффекта, достигнутый осуществлением рассмотренной технологической схемы многоступенчатой гидротранспортной установки для

транспортирования по трубопроводной магистрали полезных ископаемых и других твердых сыпучих материалов на большие расстояния, показал, что по сравнению с существующими в настоящее время установками, функционирующими для решения той же цели можно достигнуть значительного экономического эффекта.

Литература

1. Smoldyrev A.E., Safonov Yu.K. Pipeline transport of concentrated slurries. "Mechanical Engineering", Moscow, 1973. 207 p.
2. Gracheva L.I., Chizhov A.G., Sabitov V.V., Kharlamov E.T. Pipeline transport in agriculture. Publishing House of the Voronezh University, Voronezh, 1974. 140 p.
3. Dmitriev G.P., Makharadze L.I., Gochitashvili T.Sh. Pressure hydrotransport systems. Reference manual. "Nedra", Moscow, 1991. 304 p.
4. Makharadze L.I. Overview, Series "Transport" - Systems and means for transporting hydraulic mixtures through pressure pipelines. Georgian Research Institute of Scientific and Technical Information and Technical and Economic Research, State Committee for Science and Technology of the Georgian SSR, Tbilisi, 1987. 53 p.
5. Makharadze L.I., Gochitashvili T.Sh., Krill S.I., Smoylovskaya L.A. Pipeline hydraulic transport of solid bulk materials. Metzniereba, Tbilisi, 2006. 50 p.
6. Borokhovich A., Makharadze L., Kutsia V., Gochitashvili T. Reliability of pressure hydrotransport system. University of Krasnoyarsk, 1992. 224 p. (in Russian).
7. Makharadze L., Kirmelashvili G. Water hammer in pipelines at transportation of multi-phase hydromixtures. "Metsniereba". Tbilisi. 232 p. (in Russian).
8. L. Makharadze, S. Streiakova, S.H. Naskidashvili. Technological scheme of head pumping station for hydromixture preparing and transportation by pressure pipeline. Mining Journal №1(42), Tbilisi, 2019. p. 74-78.
9. Makharadze L.I., Makharadze G.L., Steryakova S.I. A stand for the experimental determination of the coefficient of hydraulic resistance of pipelines and local resistance of hydrotransport systems. Patent of the Russian Federation №. 2023937. Bull. No. 22, 1994.
10. Makharadze L.I. and other. Multistage hydrotransport installation. USSR copyright certificate No. 931609. Bull. No. 20, 1982.

UDC 622.694.4 : 656.6

SCOPUS CODE 2210

მრავალსაფეხურიანი ჰიდროსატრანსპორტო დანადგარის ტექნოლოგიური სქემა წიაღისეულისა და სხვა მყარი ფხვიერი მასალების მილსადენებით შორ მანძილებზე ტრანსპორტირებისათვის

ლეონ მახარაძე სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75
E-mail: lmakharadze@gtu.ge

რეცენზენტები:

ნ. მოლოდინი, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორი
E-mail: nor_mol@mail.ru

გ. ტაბატაძე, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორი, ემერიტუსი
E-mail: Gordatab@mail.ru

ანოტაცია. ნაშრომში განხილულია ახლად დამუშავებული მრავალსაფეხურიანი მილსადენი ჰიდროსატრანსპორტო სისტემის ტექნოლოგიური სქემა მყარი ფხვიერი წიაღისეულისა და სხვა ფხვიერი მასალების მზიდ სითხესთან ჰიდრონარევის ტრანსპორტირებისათვის შორ მანძილებზე მილსადენებით, რომელშიც ცენტრიდანული გრუნტის ტუმბოების ნაცვლად გამოყენებულია მაღალი წნევის ცენტრიდანული წყლის ტუმბოები. მას დანიშნულების შესასრულებლად გააჩნია მექანიზმი ჰიდრონარევის მიღებისათვის, რომელიც დაყენებულია დოლის შიგნით და შედგება შნეკისა და ღრუ ლილვებისაგან, რომლებიც დამაგრებულია მილყელების ფრთებს შორის ღერძზე. მყარი ფხვიერი კომპონენტის მიმღები კამერის შიგნით განთავსებულია საქმენი, რომელიც შესრულებულია მის შიგნით შნეკით. ამასთან ყოველი სადგური აღჭურვილია პერფორირებული დოლის ქვეშ განთავსებული მოცულობებით თხევადი და მყარი კომპონენტების ნარევის მისაღებად, რომლებიც შესაბამისად დაკავშირებულია ტუმბოს მიმღებ მილყელთან და მყარი კომპონენტის მიმღებ კამერასთან.

მილსადენი ჰიდროსატრანსპორტო სისტემის ამგვარი ტექნოლოგიური სქემა საშუალებას იძლევა მყარი ფხვიერი წიაღისეულის მზიდ სითხეში (როგორც წესი წყალში) ნარევი (ჰიდრონარევი) ნებისმიერ მანძილზე ტრანსპორტირებულ იქნეს ოპტიმალური კონცენტრაციით.

გარდა ამისა, სათავო და შუალედურ სატუმბ სადგურებზე მაღალი წნევის წყლის ტუმბოების გამოყენება ენერჯის წყაროდ საშუალებას იძლევა მინიმუმამდე შემცირდეს მილსადენ მაგისტრალში მიმდევრობით ჩართული საფეხურების რაოდენობა ანუ მნიშვნელოვნად გაიზარდოს სისტემის ტექნიკურ-ეკონომიური მაჩვენებლები და უზრუნველყოფილ იქნეს მდგრადი ექსპლუატაცია.

საკვანძო სიტყვები: მზიდი სითხე; მილყელების ფრთები; მყარი ფხვიერი მასალა; პერფორირებული დოლი; საქმენი; ტექნოლოგიური სქემა; ტუმბოს მილყელი; ღრუ ღერძი; შნეკი; ჰიდრონარევი; ჰიდროსატრანსპორტირება.

UDC 622.694.4 : 656.6

SCOPUS CODE 2210

Technological scheme of a multistage hydrotransport facility for transportation of fossils and other solid loose materials by pipelines at far distances

Leon Makharadze

Department of Mining Technology, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str.,
0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: lmakharadze@gtu.ge

Reviewers:

N. Molodini, Professor, Faculty of Mining and Geological, GTU

E-mail: nor_mol@mail.ru

G. Tabatadze, Professor, Emeritus, Faculty of Mining and, Geological, GTU

E-mail: Gordatab@mail.ru

Abstract. The paper reviews the technological scheme of the multi-step pipeline hydro-transport system processed by us for transportation of the hydraulic fluid of solid loose fossils with the carrier liquid at long distances by pipelines, where high pressure centrifugal water pumps are used instead of centrifugal soil pumps. To perform its function, it has a mechanism for obtaining a hydraulic fluid which is installed within a drum and consists of an auger and quill shafts, which are attached to the axle between the inlet pipe wings. A nozzle is placed within a chamber receiving a solid loose component, which is performed within it by an auger. At the same time, each station is equipped with volumes located under the perforated drum for obtaining a mixture of liquid and solid components, which are respectively connected to the pump inlet pipe and the suction chamber of the solid component.

Such technological scheme of the pipeline hydrotransport system allows the mixture (hydraulic liquid) to be transported in the carrier liquid of solid loose fossils (as a rule, water) at any distance with an optimal concentration.

In addition, use of high-pressure water pumps on the head pump and line pump stations as a source of energy allows for minimizing the number of steps sequentially connected to the main pipeline, i.e. significantly increase technical-economic indicators of the system and ensure sustainable operation.

Key words: auger; carrier liquid; inlet pipe wings; nozzle; technological scheme; perforated drum; pump inlet pipe; solid loose material; hydraulic fluid; quill shaft; hydrotransportation.

Дата рассмотрения 27.01.2020

Дата поступления 04.06.2020

Подписано к печати 29.09.2020