UDC 532.595 : 622.648

SCOPUS CODE 2210

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-3-130-136>

Устройство для гашения гидравлических ударов в напорных гидротранспортных установках

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 ГТУ

E-mail: nor_mol@mail.ru

Г. Табатадзе, профессор, эмерит горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: Gordatab@mail.ru

Аннотация. Рассмотренное в данной работе устройство для гашения гидравлических ударов в напорных гидротранспортных установках, содержит разрушаемую предохранительную мембрану, гибкую диафрагму, разделяющую корпус на две сообщенные с магистральным трубопроводом части, на которой с нижней стороны закреплен просечной ударник, а с верхней стороны посредством штока – груз, с целью увеличения надежности и эффективности срабатывания при наличии в жидкой среде абразивных твердых частиц. Груз выполнен в виде поршня, жестко связанного с гибкой диафрагмой и просечным ударником и образующего две герметические полости, заполненные вязкой жидкостью, при этом нижняя полость изолирована от магистрального трубопровода посредством упругого разделительного элемента, расположенного до обратного клапана, а верхняя полость – посредством также упругого разделительного элемента, расположенного после обратного клапана.

Ключевые слова: абразивные твердые частицы; гибкая диафрагма; магистральный трубопровод; напорный обратный клапан; предохранительная мембрана; просечной ударник; разделительный элемент.

Введение

Со второй половины прошлого века напорные трубопроводные гидротранспортные системы, т.е. транспортирование различных твердых сыпучих материалов посредством потока капельной жидкости (в основном воды) по напорным трубопроводам нашло широкое применение во многих сферах промышленности и сельского хозяйства. Это обусловлено многими положительными свойствами по отношению к традиционным видам транспорта.

При напорном трубопроводном гидротранспорте по трубопроводам фактически всегда транспортируется трехфазная гидроаэросмесь (частицы твердых, абразивных, сыпучих материалов + несущая

среда - капельная жидкость + нерастворенный в жидкости воздух, которым обложены частицы твердого сыпучего материала). Особенно примечательным является то обстоятельство, что в процессе транспортирования (перемещения) по длине трубопроводной магистрали, в зависимости от режима перемещения, могут в значительной степени измениться объемы составляющих элементов и, соответственно, их концентрации. Все это может быть причиной возникновения неустойчивых процессов, в некоторых случаях гидравлических ударов, когда увеличение значения давлений может быть достигнуто до значительных величин, вызвавших серьезные аварии и загрязнение окружающей среды.

Из вышеизложенного видно, что процесс является довольно сложным, для устранения которого обязательно следует осуществить мероприятия, чтобы не допустить серьезные аварии и загрязнение окружающей среды.

Из вышеизложенного ясно видно, что рассмотренные процессы являются весьма сложными и опасными, против которых необходимо разработать эффективные мероприятия. Все это послужило тому, что со второй половины прошлого века в Горном институте им. Г.А. Цулукидзе г. Тбилиси, Грузия параллельно масштабам развития напорного трубопроводного гидротранспорта начались крупномасштабные фундаментальные исследования нестационарных процессов и гидравлических ударов в напорных трубопроводных гидротранспортных системах и с учетом полученных результатов, разработка эффективных способов и средств борьбы против этих нежелательных явлений, чтобы обеспечить надежную работу аналогичных систем в любом случае их применения, а также эксплуатации.

По двум основным научным направлениям в данной области: по неустойчивым процессам и защите от гидравлических ударов напорных трубопроводных гидротранспортных систем, а также гидроабразивному износу трубопроводных магистралей и средств транспортирования по ним трехфазных абразивных гидроаэрозмесей (вода, как несущая среда + твердые частицы абразивных сыпучих материалов + свободный, нерастворенный воздух в воде,

как в несущей среде), на основе масштабов и значений выполненных работ, Горный Институт был признан главным в Советском Союзе.

По обоим направлениям, с учетом полученных исследований, как в лабораторных, так и на крупных промышленных условиях различных отраслей промышленности Советского Союза, в том числе Грузии, нами разработаны и выпущены общегосударственные нормативные документы ВСН 01-81 и ВСН 01-84 [1, 2], которые в настоящее время являются востребованными.

Необходимо отметить, что в аналогичных системах при отклонении режима напорной трубопроводной гидротранспортной системы от установившегося, в обязательном порядке следует устранить развитие нестационарного процесса и возникновения гидравлических ударов, особенно прямого, когда происходит максимальное увеличение давления по сравнению с установившемся режимом [3-8].

Исходя из этого, при наших исследованиях большое внимание уделялось изучению именно таких процессов и разработке средств борьбы против максимальных превышений давления. Поэтому разработанные средства борьбы с гидравлическими ударами преимущественно предназначены для гашения максимальных значений превышения давлений. Подробно об их работе изложено в наших ранее опубликованных изданиях [3-8].

В данной статье рассмотрено устройство для гашения повышений давления при гидравлических ударах в напорных гидротранспортных установках при их возникновении как с волны повышения, так и с волны понижения давления, в зависимости от схемы и включенных в этих схемах элементов, необходимых для нормальной эксплуатации установок. Об этом подробно изложено в ранее опубликованных статьях [1-8]. В данной работе рассматривается фрагмент из этих исследований [9].

Необходимо отметить, что в аналогичных системах при отклонении режима работы от установившегося, в обязательном порядке следует устранить развитие нестационарных процессов и возникновения гидравлических ударов, особенно прямого,

когда происходит максимальное увеличение давления по сравнению с установившемся режимом [1-10].

Рассмотренное в данной работе устройство для гашения гидравлических ударов в напорных гидротранспортных установках разработано именно с учетом этих требований, т.е. может успешно работать по назначению в любых случаях, которые могут возникнуть в любых аналогичных системах.

Основная часть

На рис. 1 дается общий вид в разрезе устройства для гашения гидравлических ударов в напорных гидротранспортных установках. Оно относится к устройствам для устранения резких повышений давления при отклонении установившихся режимов работы системы, возникновении резких колебаний давления, возникших в результате внезапной остановки грунтового насоса, закрытии обратного клапана, закупорки трубопровода от твердых сыпучих материалов и т.д. [10]. Основная цель устройства устранение недостатков, имеющие существующие аналогичные устройства, упрощение конструкции, увеличение надежности и эффективности при наличии в транспортирующей жидкой среде абразивных твердых частиц [9].

Эта цель достигается тем, что связанный с просечным ударником элемент выполнен в виде поршня, разделяющего верхнюю часть на две герметические полости, заполненных вязкой жидкостью, причем нижняя из них через разделительный элемент соединена с участком защищаемого трубопровода до обратного клапана, а верхняя – таким же образом с участком после обратного клапана.

Нижняя часть корпуса 1 на защищаемом трубопроводе 2 устанавливается посредством патрубка 3 на котором смонтирована задвижка 4. Между патрубком и нижней частью корпуса закреплена разрушаемая предохранительная мембрана 5, а между нижней и верхней 6 частями корпуса закреплена гибкая диафрагма 7, к которой с нижней стороны прикреплен просечной ударник 8, а с верхней через шток 9 – поршень 10, делящей полость над диафрагмой на две герметические полости А и Б. Полость

А посредством патрубка 11, на котором смонтированы задвижки 12 и 13 сообщена с полостью цилиндра 14, в котором установлен разделительный элемент – упругий – металлический сильфон 15. Полость последнего посредством патрубка 16 сообщена с участком защищаемого трубопровода 2 до обратного клапана 17 по ходу установившегося потока. Полость Б закрытая крышкой 18, посредством патрубка 19, на котором смонтированы задвижки 20 и 21, сообщена с полостью цилиндра 22, в которой также установлен разделительный элемент – упругий металлический сильфон 23, полость которого посредством патрубка 24 сообщена с участком защищаемого трубопровода 2 после обратного клапана. Полости А и Б снабжены соответственно с патрубками 25 и 26 для их заполнения вязкой жидкостью, которые закрываются герметично крышками 27. Полость В под гибкой диафрагмой, посредством патрубка 28, присоединенного к нижней части корпуса 1, сообщена с атмосферой, или с сосудом для разлива рабочей гидросмеси (на чертеже не показан) при разгрузке трубопровода от избыточного давления во время гидравлического удара.

Устройство работает следующим образом: после запуска грунтового насоса (на чертеж не показан), еще до того момента, когда он разовьет номинальные параметры и откроется обратный клапан 17, рабочая гидросмесь через патрубок 16 начнет поступать в полость сильфона 15, размещенного в цилиндре 14. В результате сильфон начнет расплющиваться и будет передавать давление, развиваемое грунтовым насосом, вязкой жидкости, расположенной в цилиндре 14. Из последнего вязкая жидкость под давлением будет вытесняться и через патрубок 11 перетекать (при этом задвижки 12 и 13 открыты) в полость А над гибкой диафрагмой 7. В результате поршень 10 начнет перемещаться вверх и повлечет за собой шток 9, диафрагму 7 и просечной ударник 8.

После развития номинальных параметров грунтовым насосом, откроется обратный клапан 17 и рабочая гидросмесь будет транспортироваться по трубопроводу 2. Из последнего гидросмесь через патрубок 24 поступит в полость сильфона 23, расположенного в цилиндре 22. Сильфон будет расплющиваться и вяз-

кая жидкость, расположенная в цилиндре 22 через патрубок 19 (при этом открыты задвижки 20 и 21) начнет перетекать в полость Б над поршнем 10, размещенного в верхней части корпуса 6.

Из-за того, что давление в сечении присоединения патрубка 16 значительно больше, чем давление в сечении присоединения патрубка 24 (в обратном клапане происходят значительные потери давления, к чему добавляются и потери давления по длине), давление в полости А всегда будет больше чем давление в полости Б, что и обеспечит удержание прорезного ударника 8 в нейтральном положении, показанном на чертеже, т.е. он будет удален на определенное расстояние и от разрушаемой предохранительной мембраны 5.

После установления номинального режима в трубопроводе 2, открывают задвижку 4 и мембрана 5 нагружается под рабочим давлением. Просечной ударник 8 и в таком случае должен быть удален от него на необходимом расстоянии.

Аварийный режим в гидротранспортных системах, в основном, возникает в результате внезапного выключения грунтового насоса (на чертеже не показан) и закрытии обратного клапана 17. В таком случае давление в сечении присоединения патрубка 16, т.е. на участке трубопровода 2 до обратного клапана по ходу установившегося потока начнет резко падать, а на участке после обратного клапана 17 также резко повышается. Соответственно давление в полости А будет падать, а в полости Б повышаться. В результате поршень 10 будет опускаться вниз. В этом же направлении начнет перемещаться шток 9, гибкая диафрагма 7 и просечной ударник 8, последний врежется в предохранительную мембрану 5, которая разорвется и тем самым произойдет разгрузка трубопровода 2 от избыточного давления, которое будет вытеснять рабочую гидросмесь в полость В, т.е. в нижней части 1 корпуса, а оттуда через патрубок 28 в атмосферу, или в специально сооруженную емкость (на чертеже не показана).

Рис. 1. Устройство для гашения гидравлического удара в напорных гидротранспортных установках: 1 – корпус устройства;

2 – напорный трубопровод магистральной гидротранспортной установки; 3 – патрубок; 4 – задвижка; 5 – разрушаемая предохранительная мембрана; 6 – верхняя часть корпуса; 7 – гибкая диафрагма; 8 – просечной ударник; 9 – шток; 10 – поршень; 11 – патрубок; 12 и 13 – задвижки; 14 – цилиндр; 15 – разделительный элемент – металлический сиффон; 16 – патрубок; 17 – обратный клапан на напорном магистральном гидротранспортном трубопроводе; 18 – крышка гасителя гидравлического удара; 19 – патрубок; 20 и 21 – задвижки; 22 – цилиндр; 23 – разделительный элемент – упругий металлический сиффон; 24 – патрубок; 25 и 26 – патрубки для заполнения вязкой жидкостью; 27 – крышки для герметического закрытия патрубков 25 и 26 для заполнения верхней части устройства; 28 – патрубок для излива рабочей жидкой среды из устройства при разрыве разрушаемой предохранительной мембраны 5

После разгрузки системы и затухания колебательного процесса, закрывают задвижку 4 и меняют разорванную предохранительную мембрану 5. Для удобства и облегчения этого процесса корпус делается разъемным, а также предусмотрена задвижка 4 на патрубке 3, задвижки 12 и 13 на патрубке 11 и задвижки 20 и 21 на патрубке 19. Задвижка 4 предотвращает в процессе замены мембраны излив рабочей смеси из трубопровода 2, а остальные задвижки излив вязкой жидкости из полостей А и Б.

В конструкции предусмотрены патрубки 25 и 26 для заполнения соответственно полостей А и Б вязкой жидкостью, которые закрываются крышками 27 герметично. Патрубки 25 и 26 предназначены для заполнения полностью вязкой жидкостью полостей А и Б, патрубков 11 и 19, цилиндров 14 и 22. Это необходимое условие для мгновенной передачи импульсов из трубопровода 2, т.е. для увеличения эффективности и надежности работы устройства. Наличие вязкой жидкости обеспечивает также беспрепятственно перемещение поршня 10 в верхней части корпуса 6.

Использование упругих металлических сильфонов в качестве разделительных диафрагм обусловлено тем, что они выдерживают большие давления, имеют хорошую упругость и достаточно большой ход, хорошо реагируют на нагрузку и меняют характеристик сравнительно незначительно.

Заклучение

Анализ масштаба применения, а также технико-экономического эффекта предложенного устройства для гашения гидравлических ударов в напорных трубопроводных гидротранспортных установках по сравнению с существующими аналогичными устройствами показал, что при сравнительном упрощении конструкции в значительной степени увеличивается эффективность и надежность срабатывания в любом случае их возникновения в магистральном трубопроводе.

Особенно следует отметить, что устройство с одинаковой эффективностью может сработать при возникновении гидравлического удара как с волны пониженного, так и повышенного давления, т.е. при разгрузке гидротранспортной системы в атмосферу.

Литература

1. Makharadze, L. I. (1981). The guide for protection of the pressure hydrotransport systems against water hammers of BCH 01-81. Tbilisi: *Metsniereba*, 151. (in Russian);
 2. Gochitashvili, T. Sh. (1984). The guide for calculation of durability of pipelines of the hydrotransport system and method of its increase in DCH 01-84. Tbilisi: *Metsniereba*, 59. (in Russian);
 3. Makharadze, L. I., Gochitashvili, T. Sh., Sulaberidze, D. G., Alekhin, L. A. (1984). Reliability and longevity of hydrotransport systems. Moscow: *Nedra*, 119. (in Russian);
 4. Makharadze, L. I., Kirmelashvili, G. I. (1986). Nonstationary processes in foreign hydrotransport system and protection from water hammers. Tbilisi: *Metsniereba*, 152. (in Russian);
 5. Makharadze, L. I. (1996). Protection of hydrotransport systems against hydraulic impact. Tbilisi: *Metsniereba*, 150. (in Russian);
 6. Makharadze, L. I., Kirmelashvili G. I. (1997). Hydraulic impact in pipelines at transportation of multiphase hydromixes. Tbilisi: *Metsniereba*, 232. (in Russian);
 7. Dmitriev, G., Makharadze, L. I., Gochitashvili, T. Sh. (1991). Pressure hydrotransport system. Manual. Moscow: *Nedra*, 304. (in Russian).
 8. Makharadze, L. I., Gochitashvili, T. Sh. Krill, S. I., Smoilovskaya, L. A. (2006). Pipeline hydraulic hydrotransport of solid bulk material. Tbilisi: *Metsniereba*, 350. (in Russian);
 9. Makharadze, L. I. (2020). Classification of causes and conditions of development of nonstationary processes and water hammers in main pipeline hydraulic systems, as well as the motions and means preventing pressure surge. Tbilisi: *Works of GTU*, 1(515), 134-142. (in Russian);
- Makharadze, L. I. and other. (1993). Equipment for protection of the pressure hydrotransport systems against water hammers. Patent of the Russian Federation №1822920 A1. Bull, 23. (in Russian).

UDC 532.595 : 622.648

SCOPUS CODE 2210

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-3-130-136>

მოწყობილობა სადაწნეო ჰიდროსატრანსპორტო დანადგარებში ჰიდრავლიკური დარტყმების ჩაქრობისათვის

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 მოწყობილობა სადაწნეო ჰიდროსატრანსპორტო დანადგარებში ჰიდრავლიკური დარტყმების ჩაქრობისათვის, რომელიც შეიცავს განმტვირთავ დამცავ მემბრანას, აგრეთვე მოქნილ დიაფრაგმას, რომელიც მაგისტრალურ მილსადენთან შეერთებულია უკუსარქვლის ორ სხვადასხვა მხარეს და რომელთანაც ქვედა მხრიდან დამაგრებულია გამგლეჯი მოწყობილობა, ხოლო ზედა მხრიდან – ჭოკის საშუალებით ტვირთი, რათა მან ეფექტურად იმოქმედოს ცენტრალურ მილსადენ მაგისტრალში ჰიდრონარევის მოძრაობისას ანუ როდესაც ტრანსპორტირებული ნაკადი შეიცავს მყარი მასალის აბრაზიულ მინარევს. ტვირთი – დგუში, ხისტად არის დაკავშირებული მოქნილ დიაფრაგმასა და გამგლეჯ მოწყობილობასთან და ქმნის ორ პერმეტულ სივრცეს, რომლებიც შევსებულია ბლანტი სითხით, ამასთანავე, ქვედა სივრცე მაგისტრალური მილსადენისგან იზოლირებულია დრეკადი გამყოფი ელემენტით, რომელიც განთავსებულია უკუსარქვლამდე, ხოლო ზედა სივრცე – დრეკადი გამყოფი ელემენტით, რომელიც განთავსებულია უკუსარქვლის შემდეგ.

საკვანძო სიტყვები: დამცავი მემბრანა; მოქნილი დიაფრაგმა; გამგლეჯი მოწყობილობა; გამყოფი ელემენტი; მყარი ნაწილაკები; მაგისტრალური მილსადენი; უკუსარქველი.

UDC 532.595 : 622.648

SCOPUS CODE 2210

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2021-3-130-136>

Equipment for Damping Hydraulic Shocks in Pressure Hydrotransport Facilities

Leon Makharadze

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

E-mail: lmakharadze@gtu.ge

Reviewers:

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

E-mail: nor_mol@mail.ru

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

E-mail: gordatab@mail.ru

Abstract. Newly developed equipment for damping hydraulic shocks in pressure hydrotransport facilities is reviewed in this article. This equipment includes a discharge, safety diaphragm, as well as a flexible diaphragm, which is connected to the main pipeline at both different ends of the backpressure valve. A rupture disc is attached to it from below and load is attached from above by means of a rod, so that it can efficiently act during movement of hydraulic fluid in the central main pipeline, i.e. when the flow to be transported contains abrasive contaminant of solid material. The load represents a piston, which is rigidly connected to the flexible diaphragm and the rupture disc and creates an airproof space filled with viscous fluid. At the same time, the lower space is isolated from the main pipeline by a flexible separating element before the backpressure valve and the upper space is also isolated by a flexible separating element located after the back pressure valve.

Key words: back pressure valve; flexible diaphragm; main gas pipeline; rupture disc; safety diaphragm; separating element; solid particles.

Дата рассмотрения 31.03.2020

Дата поступления 13.04.2020

Подписано к печати 29.09.2021