

УДК 622.223

Системы автоматического регулирования гидравлических ударных устройств по нагрузке на инструмент

Фабричный Д.Ю., Толенгутова М.М., Фабричный Ю.Ф.

Гидравлические ударные устройства (ГУ) нашли широкое применение в горном деле, строительстве и других отраслях промышленности для разрушения горных пород и искусственных материалов, придания необходимой формы обрабатываемому объекту и в других технологических операциях. В настоящее время имеется множество ГУ, различающихся схемами, конструкциями и параметрами. Однако, общим признаком их является отсутствие систем автоматического регулирования рабочих параметров в зависимости от нагрузки на инструмент. Проблема состоит в повышении эффективности работы ГУ за счет рационального использования подводимой мощности и повышения коэффициента полезного действия. В статье приводятся результаты работ по изысканию систем, позволяющих решить эту проблему. Показано, что использование регуляторов потока рабочей жидкости и величины хода бойка позволяет автоматически регулировать как частоту ударов, так и энергию единичного удара ГУ в зависимости от нагрузки на рабочем инструменте.

Ключевые слова: гидравлическое ударного устройство, гидроударник, рабочая жидкость, энергия единичного удара, частота ударов, нагрузка на инструмент, автоматическое регулирование.

Automatic adjustment systems for hydraulic impact machines according to the tool load

Fabrichniy D.Y., Tolengutova M. M., Fabrichniy Y.F.

Hydraulic impact machines are widely used in mining, construction and other industries for rock and man-made material destruction, for shaping objects and other manufacturing operations. Nowadays, there are a lot of hydraulic machines distinguished by layouts, designs and options. However, their common feature is the lack of automatic adjustment systems for operating parameters depending on the tool load. The problem is to increase hydraulic machine performance at the expense of the input power rational consumption as well as to enhance the efficiency. The paper presents the search result of systems capable of solving the problem. It is shown that hydraulic fluid flow controls and the striker travel value will lead to the automatic adjustment of both impact frequency and single-impact energy of a machine depending on the tool load.

Keywords: hydraulic blow device, hydrodrummer, working liquid, energy of single blow, frequency of blows, a loading of the tool, automatic control.

Введение

Сущность работы гидравлического ударного устройства сводится к разгону поршня-бойка до некоторой скорости и передачи накопленной кинетической энергии рабочему инструменту, выполняющему ту или иную технологическую операцию. Основными характеристиками при этом являются энергия единичного удара $A_{y\partial}$ и частота ударов n , определяющие в конечном итоге ударную мощность $N_{y\partial}$.

$$N_{y\partial} = A_{y\partial} n$$

Оптимальным можно считать процесс, когда максимум накопленной при разгоне поршня-бойка энергии пойдет на выполнение полезной работы, или, по крайней мере, будет передана объекту воздействия. Здесь естественно возможны неизбежные издержки энергии на трение, нагрев, гидравлические потери и т.д. Их необходимо минимизировать, и этим в основном занимаются ученые и конструкторы, предлагая все новые и новые схемы и конструкции гидроударников. Однако зачастую, по разным причинам, в основ-

ном технологического характера или изменчивости свойств объекта воздействия (например, прочности разрушаемых горных пород) некоторая, а иногда и значительная, часть энергии идет не на выполнение полезной работы, а гасится в самом ГУ с помощью так называемых тормозных камер. Последнее резко снижает эффективность работы ГУ и повышает непроизводительные энергозатраты.

Очевидно, что эта проблема в условиях массового использования ГУ является актуальной и требует своего решения. Цель работы – разработать системы автоматического регулирования гидравлических ударных устройств по нагрузке на инструмент.

Система автоматического регулирования гидравлических ударных устройств

На основе анализа различных схем управления гидроударниками сформулированы требования к системам их управления и регулирования для различных областей применения; разработана [1] принципиальная схема гидроударника с автоматическим регулированием частоты ударов n в зависимости от нагрузки на инструменте.

Такая схема позволяет в автоматическом режиме изменять частоту удара и, следовательно, ударную мощность $A_{уд}$ при изменении прочностных характеристик объекта воздействия, отслеживая величину передаваемой ему необходимой энергии.

При разработке такой схемы основной проблемой был выбор способа передачи характеристики объекта воздействия и управляющего сигнала гидроударнику, а также принципа действия устройства, которое должно адекватно изменять параметры гидроударника.

Рассмотрим один из типовых гидравлических ударных устройств, корпус, рабочий инструмент, цилиндр и поршень-боек которого образуют камеры рабочего и обратного ходов. Эти перемещения поршня-бойка осуществляются специальным распределителем путем соединения камеры рабочего хода поочередно с напорной и сливной магистралями, а камеру обратного хода – постоянно с напорной магистралью. Распределитель, выполнен в виде гильзы и вращающегося золотника, скорость вращения n , которого и задает частоту удара. Поскольку скорость вращения

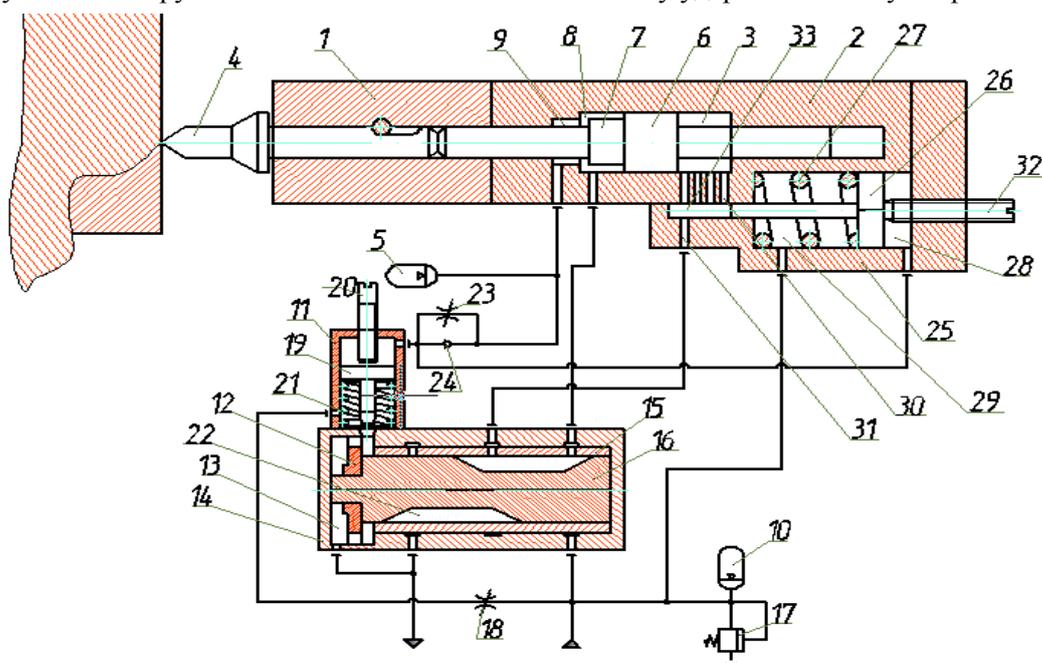


Рис. 1. Схема гидравлического устройства ударного действия с автоматической регулировкой частоты и энергии единичного удара от внешней нагрузки на инструмент.

золотника является функцией расхода жидкости, поступающей к распределителю Q_p

$$n_3 = f(Q_p),$$

то, следовательно, изменяя Q_p можно менять и частоту удара. Это и положено в основу разработанного устройства. В качестве вариатора расхода жидкости принят регулируемый дроссель, а управляющего сигнала – давление рабочей жидкости.

Необходимо отметить, что гидроударник снабжен тормозной камерой, которая связана с рабочей, и, при нормальной работе гидроударника, давление жидкости в ней равно рабочему, развиваемому гидроприводом. В случае же, когда не вся энергия передается объекту воздействия, ее излишек гасится тормозной камерой, вызывая в ней повышение давления, что является косвенным признаком уменьшения прочности объекта воздействия. Оно и принято в качестве управляемого сигнала регулируемого дросселя.

Такое гидравлическое ударное устройство позволяет автоматически регулировать частоту ударов в зависимости от нагрузки на рабочем органе, т. е. при снижении нагрузки автоматически уменьшать частоту ударов, а при последующем возрастании нагрузки ее увеличивать вплоть до максимально возможного для данной конструкции. Таким образом, ударная мощность автоматически регулируется в зависимости от текущего значения нагрузки на рабочем инструменте.

Однако с помощью рассматриваемого устройства невозможно осуществлять автоматическую регулировку энергии единичного удара A_{y0} в зависимости от нагрузки на рабочем органе, что снижает эффективность работы гидравлического ударного устройства.

Энергия единичного удара гидроударника является функцией массы поршня-бойка m и скорости в момент удара v , которая в свою очередь зависит от давления в камерах рабочего p_p и обратного p_o хода, площади поршня стороны камер рабочего S_p и обратного хода S_o и длины разгона L .

$$A_{y0} = f(m, v); v = (m, p_p, p_o, S_p, S_o, L).$$

Анализ зависимостей показал, что единственной возможностью варьировать энергией единичного удара является изменение величины рабочего хода поршня-бойка.

С этой целью в конструкцию гидроударника [2] введен регулятор величины хода поршня-бойка, включающий поршень – плунжер, при перемещении которого перекрываются соответствующее количество отверстий, выполненных в корпусе гидравлического устройства ударного действия друг за другом в направлении оси гидравлического устройства ударного действия и соединяющих камеру рабочего хода со сливной магистралью.

Гидравлическое устройство ударного действия (рис.1) работает следующим образом.

При включении гидросистемы рабочая жидкость поступает через регулируемый дроссель 18 в штоковую полость 8 цилиндра 2 и гидропневмоаккумулятор 10, заряжая его. Одновременно с этим, рабочая жидкость через штоковую полость регулятора потока 11 попадает в камеру 13 распределителя 14 и, воздействуя на турбину 12, приводит ее во вращение. Кроме того, рабочая жидкость из штоковой полости 8 цилиндра 2 через специальный канал 22 и обратный клапан 24 попадает в поршневую полость регулятора потока 11 и поршневую полость 28 регулятора величины рабочего хода 25

В момент совпадения соответствующих окон гильзы 15 и пазов ротора 16 распределитель 14 соединяет поршневую полость 3 со сливной магистралью. Рабочий инструмент 4 и поршень-боек 6 под действием давления в штоковой полости 8 и усилия статического поджатия гидравлического устройства ударного действия к груди забоя перемещаются вправо и вытесняют рабочую жидкость из поршневой полости 3 на слив. Турбина 12 вместе с ротором 16 продолжает вращаться под действием рабочей жидкости и, повер-

нувшись на 45°, соединяет поршневую полость 3 с напорной магистралью. Под действием рабочей жидкости поршень-боек 6, за счет разности площади поршня 6 в поршневой и штоковой полостях цилиндра 2, ускоренно перемещается влево и наносит удар по рабочему инструменту. При этом гидропневмоаккумулятор 10 воспринимает высокое давление, возникающее в штоковой полости 8 цилиндра 2. При дальнейшем повороте ротора 16 на 45° происходит соединение поршневой полости 3 со сливной магистралью, и цикл работы устройства повторяется.

В случае неполной реализации энергии удара («простреле») тормозная шейка 7 поршня-бойка 6 входит в тормозную камеру 9 цилиндра 2. В тормозной камере 9 создается высокое давление, которое останавливает движение поршня-бойка 6 вперед.

Избыточное давление рабочей жидкости в тормозной камере 9 через специальный канал 22 и обратный клапан 24 передается в поршневые полости регулятора потока 11 и регулятора величины рабочего хода 25, а также в гидропневмоаккумулятор 23, заряжая его. Клапан 19, перемещаясь вниз, уменьшает проходное сечение канала, подводящего рабочую жидкость к турбине 12 распределителя 14, уменьшая скорость ее вращения, таким образом, снижая частоту ударов устройства, а поршень – плунжер 26, перемещаясь в плунжерной полости 33, перекрывает часть отверстий 30. Обратный клапан 24 поддерживает избыточное давление в поршневых полостях регулятора потока 11 и регулятора 25 при обратном ходе поршня-бойка 6. Гидропневмоаккумулятор 23 сглаживает пульсации давления в поршневой полости регулятора потока 11, стабилизируя скорость вращения ротора 16 распределителя 14. Поршень – боек 6 при обратном ходе выталкивает рабочую жидкость на слив через отверстия 30, оставшиеся незакрытыми поршнем - плунжером 26 и останавливается при достижении закрытого

отверстия. При этом уменьшается рабочий ход поршня – бойка, а следовательно, его путь разгона и скорость, а значит и энергия удара. В случае, если повторные прострелы отсутствуют, давление рабочей жидкости в поршневой полости регулятора потока 11 нормализуется до рабочего давления в напорной магистрали за счет перетекания жидкости через дроссель 34. Клапан 19, перемещаясь под действием пружины 21 и давления рабочей жидкости в штоковой полости регулятора потока 11, открывает канал подвода рабочей жидкости к турбине, а поршень - плунжер 26, перемещаясь под действием пружины 27 и давления рабочей жидкости в штоковой полости 29, открывает отверстия 30, чем увеличивает рабочий ход поршня – бойка 6, повышая энергию единичного удара.

При многочисленных, следующих один за другим, «прострелах» поршня-бойка 6 (что произойдет при снижении нагрузки на рабочем инструменте, или при отсутствии контакта инструмента с разрушаемым массивом за счет скола крупных кусков породы) избыточное давление в поршневой полости регулятора потока 11 возрастает, достигая своей максимальной величины. При этом клапан 19 перекрывает канал подачи рабочей жидкости из напорной магистрали к турбине 12 распределителя 14. Ротор 16 останавливается и работа гидравлического ударного устройства прекращается.

При увеличении нагрузки на рабочем инструменте (что приводит к исчезновению «прострелов») избыточное давление в поршневой полости регулятора потока 11 снижается до рабочего давления за счет перетекания рабочей жидкости через канал дросселя 34. Клапан 19 регулятора потока 11 под действием давления рабочей жидкости, подведенной к штоковой полости регулятора потока 11, и усилия от возвратной пружины 21 перемещается вверх, увеличивая проходное сечение канала, подводящего рабочую жидкость к

турбине 12 распределителя 14. Скорость вращения ротора 16 распределителя 14, а следовательно, и частота ударов устройства увеличивается либо до максимальной, либо до появления новой серии «прострелов». Одновременно с этим возрастает энергия единичного удара.

Регулировочные винты 20 и 32 служат для задания диапазона регулирования частоты ударов и энергии единичного удара в различных случаях технологического применения гидравлического устройства ударного действия (обработка материалов давлением, забивание заземляющих стержней или свай, ударного уплотнения грунтов, песчано-гравийных смесей, бетона и т.д.) путем ограничения хода клапана и поршня – плунжера.

Заключение

Таким образом, наличие двух регуляторов потока 11 и величины рабочего хода 25 позволяет автоматически регулировать как частоту ударов, так и энергию единичного удара в зависимости от нагрузки на рабочем инструменте, что повышает эффективность работы гидравлического устройства ударного действия.

Литература

1. Пат. 2361996 Российская федерация, МПК Е 21 В 1/26 Гидравлическое устройство ударного действия./ Ушаков Л.С., Кантович

Л.И., Фабричный Д.Ю., Лазуткин С.Л.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Орловский ГТУ. - № 2008113585/03; заявл. 07.04.09; опубл. 20.07.2009; Бюл. - №20. – 1с.: ил.

2. Пат. 2456424 Российская федерация, МПК Е 21 В 1/26 Гидравлическое устройство ударного действия./ Кантович Л.И., Фабричный Д.Ю., Лазуткин С.Л., Фабричный Н.Д., Ушаков Л.С.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Орловский ГТУ. - № 2010150244/03; заявл. 07. 12.2010; опубл. 20.07.2012; Бюл. - №20. – 1с.: ил.

References

1. Pat. 2361996 Russian Federation, МПК Е 21 V 1/26 Hydraulic device of blow shock action / Ushakov L.S., Kantovich L.I., Fabrichniy D.Y., Lazutkin S.L.; applicant and patent holder of Public Educational Institution of Higher Professional Training Orlovsky GTU. - №. 2008113585/03; statement 07.04.09; it is published 20.07.2009; Bulletin - №. 20. – 1 p.: ill.

2. Pat. 2456424 Russian Federation, МПК Е 21 V 1/26 Hydraulic device of blow shock action / Kantovich L.I., Fabrichny D.Y., Lazutkin S.L., Fabrichniy N.D., Ushakov L.S.; applicant and patent holder of Public Educational Institution of Higher Professional Training Orlovsky GTU. - №. 2010150244/03; statement 07. 12.2010; it is published 20.07.2012; Bulletin - №. 20. – 1 p.: ill.

Статья поступила в редакцию 15 ноября 2013 г.

Фабричный Дмитрий Юрьевич – генеральный директор ООО «ПромСервис», г. Муром, Россия. E-mail: fdu07@mail.ru

Толенгутова Майра Маликовна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Автоматизации проектирования машин и технологических процессов» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: mmt08@rambler.ru

Фабричный Юрий Федорович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: fabri41@mail.ru

Fabrichniy Dmitriy Yuryevich – General Director of «PromService», Murom, Russia. E-mail: fdu07@mail.ru

Tolengutova Maira Malikovna – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: mmt08@rambler.ru

Fabrichniy Yuriy Fedorovich – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: fabri41@mail.ru