

С.Л. Лазуткин, Н.А. Лазуткина

S.L. Lazutkin, N.A. Lazutkina

Муромский институт (филиал)
ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет»
Murom Institute (Branch) Vladimir State University

ПРОГРЕССИВНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРНОГО УСТРОЙСТВА

PROGRESSIVE DESIGN OF THE HYDRAULIC THE IMPACT DEVICE

Дано описание конструкции и принципа действия гидравлического устройства ударного действия с возможностью автоматической настройки на новый режим работы в зависимости от нагрузки на рабочем инструменте.

Ключевые слова: гидравлическое ударное устройство, энергообмен.

The description of a design and principle of action of the hydraulic device of shock action with possibility of automatic adjustment for a new operating mode depending on loading on the working tool is given.

Keywords: the hydraulic impact device, power exchange.

Производство земляных и подготовительных работ, включающих разработку мерзлых грунтов, полускальных и скальных пород остается одной из важнейших проблем строительно-дорожной и горной отраслей промышленности.

В процессе энергообмена, сопровождающего технологическое воздействие на материал, происходит изменение внутренней энергии последнего. При этом происходит переход элементарных ячеек на новый энергетический уровень взаимодействия (рис. 1). Согласно закону о сохранении энергии можно записать

$$E_{\text{под}} = E_{\text{погл}} + \Delta E,$$

где $E_{\text{под}}$ – количество подведенной энергии в материал; $E_{\text{погл}}$ – энергия, поглощенная материалом; ΔE – диссипативные потери.

Диссипация предполагает, что не вся подводимая в материал энергия рассеивается. При этом следует создать условия для того, чтобы оставшуюся часть энергии использовать на осуществление фазовых превращений, актива-

цию новых фаз, изменение сплошности, химической неоднородности, твердости, коэффициента трения и пр. Очевидно, что количество поглощаемой энергии разными материалами определяется гравитационными и электромагнитными взаимодействиями между элементарными ячейками [1–3] и, в конечном счете, имеет наследственную природу. При этом система переходит на новый стационарный уровень.

Тогда

$$E_{\text{подв}}^n = E_{\text{погл}}^{n-1} + \Delta E,$$

где $E_{\text{подв}}^n$ – подводимая к материалу энергия, необходимая для перевода системы на следующий энергетический уровень; $E_{\text{погл}}^{n-1}$ – накопленная материалом энергия при предыдущем энергетическом воздействии.

Если при воздействии на материал количество подводимой энергии будет меньше, чем существующий энергетический уровень взаимодействия элементарных ячеек, то условие перевода на другой энергетический уровень не будет выполняться и подведенная энергия рассеется. С другой стороны, если $E_{\text{под}} > E_{\text{погл}}$, то начнется процесс разрыва связей между элементарными ячейками и в материале начнут происходить фазовые и структурные изменения – материал начнет разрушаться.

Таким образом, важное значение приобретает дозировка и локализация вводимой в обрабатываемый материал энергии [4]. Поэтому актуально исследование и установление зависимостей, описывающих взаимосвязь элементов системы «привод – исполнительный орган – забой» с учетом строения твердых тел и временного фактора. Это позволит более объективно и точно выполнять расчеты по определению геометрических параметров машин, их рабочих органов и технологических режимов, обеспечивающих оптимальные энергозатраты на добычу, обработку материала и требуемое качество конечного продукта.

Отечественными и зарубежными специалистами разработаны десятки моделей машин ударного действия различного технологического назначения. В результате сформировалась номенклатура специальных и универсальных ударных устройств, в которых варьирование интенсивности потока механической энергии, сообщаемой в обрабатываемый материал, осуществляется за счет изменения параметров энергосиловой установки. Однако возможность автоматического регулирования частоты ударов в зависимости от нагрузки на рабочем инструменте в результате внутренних процессов, происходящих в гидравлической импульсной системе, не нашла реализации в известных конструкциях гидроударников [5–7]. На основе анализа различных схем управления предложено принципиальное решение системы автоматического регулирования частоты ударов гидравлического ударного устройства (ГУУ) в зависимости от нагрузки на рабочем инструменте (рис. 1).

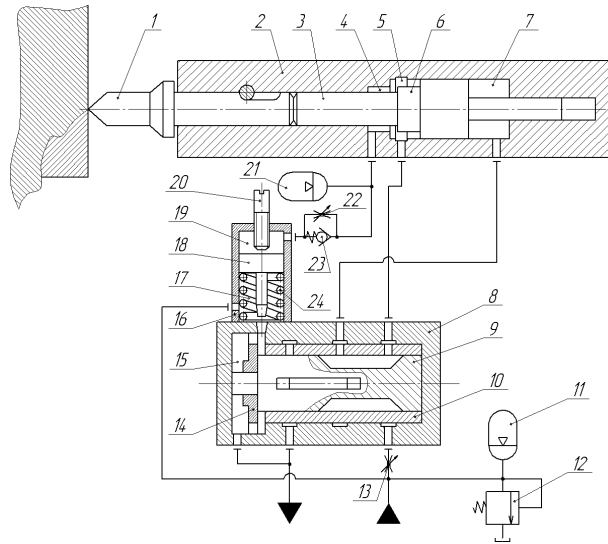


Рис. 1. Схема гидравлического ударного устройства: 1 – инструмент; 2 – корпус; 3 – боек; 4, 5, 7 – камеры тормозная, обратного и рабочего хода; 6 – тормозная ступень бойка; 8 – распределитель; 9 – вращающийся золотник; 10 – неподвижная гильза; 11, 21 – гидропневмоаккумуляторы; 13 – регулируемый дроссель; 14 – турбина; 15 – камера распределителя; 16 – регулятор потока; 17 – дроссельная полость; 18 – поршень; 19 – поршневая полость регулятора потока; 20 – регулировочный винт; 22 – жиклер; 23 – обратный клапан; 24 – пружина

Рассмотрим упрощенную схему взаимодействия ГУУ с забоем (рис. 2). Данная схема носит условный характер и не охватывает все многообразие конструктивных и технологических особенностей обработки забоя существующими горными или строительно-дорожными машинами, однако позволяет продемонстрировать принцип силового взаимодействия системы «машина – исполнительный орган – забой».

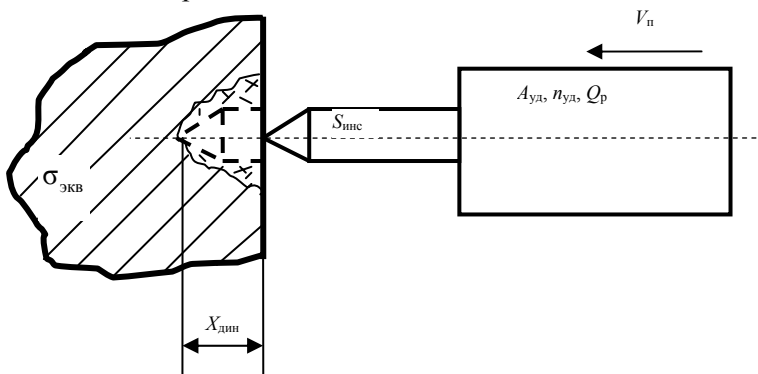


Рис. 2. Расчетная схема взаимодействия ударного исполнительного органа с забоем

Рабочий инструмент под действием гидравлического ударного устройства передает в забой энергию $E_{уд}$. Для разрушения горной породы должно выполняться условие

$$E_{уд} \geq E_{сопр},$$

где $E_{сопр}$ – энергия, необходимая для разрушения горной породы.

Для отделения от массива некоторого объема W требуется определенное время $t_{разр}$, в течение которого в забой будет передаваться энергия ГУУ $E_{уд}$. Тогда можно записать

$$E_{уд} = A_{уд} n_{уд} t_{разр},$$

где $A_{уд}$ – энергия единичного удара ГУУ; $n_{уд}$ – частота ударов ГУУ.

Следовательно, время разрушения

$$t_{разр} = \frac{E_{сопр}}{A_{уд} n_{уд}} = \frac{E_{сопр}}{N_{уд}} = \frac{\sigma_{эkv} S_{инс} X_{дин}}{N_{уд}},$$

где $N_{уд}$ – ударная мощность ГУУ; $\sigma_{эkv}$ – эквивалентное сопротивление материала разрушению; $X_{дин}$ – величина ударного внедрения рабочего инструмента; $S_{инс}$ – площадь поперечного сечения рабочего инструмента.

Очевидно, что эффективность работы машины, оснащенной ГУУ, обусловливается необходимостью обеспечения постоянного контакта рабочего инструмента с забоем. Следовательно, перемещение исполнительного органа должно осуществляться со скоростью, позволяющей за время $t_{разр}$ проходить путь, равный величине ударного внедрения $X_{дин}$:

$$V_{п} = \frac{X_{дин}}{t_{разр}} = \frac{X_{дин} N_{уд}}{\sigma_{эkv} S_{инс} X_{дин}} = \frac{N_{уд}}{\sigma_{эkv} S_{инс}}.$$

Из данного выражения следует, что для обеспечения заданной скорости перемещения ГУУ должно обеспечивать соответствующие энергию единичного удара и частоту. Если скорость $V_{п}$ будет меньше расчетного значения, то избыток развиваемой ГУУ энергии будет поглощаться тормозной камерой 4 (рис. 1).

При следующих один за другим «прострелах», что происходит при снижении сопротивления материала под рабочим инструментом, или при отсутствии контакта инструмента с разрушаемым массивом в случае скола крупных кусков породы, из тормозной камеры 4 в поршневую полость 19 регуля-

тора потока 16 поступают очередные порции жидкости. Происходит дальнейшее перемещение поршня 18 с дроссельной иглой, которая уменьшает проходное сечение канала, в турбинную полость 15. При многочисленных «прострелах» дроссельная игла перекрывает канал подачи рабочей жидкости из напорной магистрали на турбину 14 вращающегося золотника 9, который останавливается, и работа гидравлического устройства ударного действия прекращается.

При увеличении сопротивления материала под рабочим инструментом «прострелы» прекращаются, избыточное давление в поршневой полости регулятора потока 16 снижается до рабочего за счет перетекания рабочей жидкости через жиклер 22. Поршень 18 с дроссельной иглой под действием давления рабочей жидкости, поступающей в дроссельную полость 17 регулятора потока 16, и усилия возвратной пружины 24 перемещается вверх, вытесняя рабочую жидкость из поршневой полости 19 через жиклер 22. При этом увеличивается проходное сечение канала, и, как следствие, возрастают расход рабочей жидкости, поступающий на турбину 14, скорость вращения золотника 9 и частота ударов бойка 3 по инструменту 1. Частота ударов увеличивается до номинальной величины, если не возникают новые «прострелы».

Использование регулятора потока 16 позволяет автоматически регулировать частоту ударов ГУУ в зависимости от нагрузки на рабочем инструменте 1. Давление в тормозной камере $p_{тр}$ служит управляющим сигналом для изменения режима работы ГУУ с целью ее настройки под заданную скорость перемещения. Для рассматриваемой схемы ГУУ можно записать

$$n_{уд} = f(Q_p),$$

где Q_p – расход рабочей жидкости, поступающий на вращающийся распределитель системы управления ГУУ.

Тогда система регулирования ударной мощности ГУУ должна связывать изменение давления рабочей жидкости в тормозной камере $p_{тр}$ с расходом Q_p , меняя его, а следовательно, и частоту ударов $n_{уд}$ до необходимого уровня. Задача исследования заключается в изучении закономерностей, описывающих процесс, и установлении функциональной зависимости вида

$$Q_p = f(p_{тр}),$$

и, как следствие, частоты ударов $n_{уд}$, от давления рабочей жидкости в тормозной камере $p_{тр}$. При этом основным условием является достижение соответствия ударной мощности развиваемой ГУУ и необходимой в данный мо-

мент для нормального функционирования системы «привод – исполнительный орган – забой».

Грунты полускальных и скальных пород являются анизотропными средами, поэтому в общем случае $\sigma_{\text{экв}}$ – величина переменная. Однако для упрощения инженерных расчетов в практике проектирования и создания горных и строительно-дорожных машин принято оперировать усредненными значениями.

Пусть имеется некоторое условное распределение значений $\sigma_{\text{экв}}$ в массиве горной породы объемом W на предполагаемой траектории перемещения машины (зона I, рис. 3).

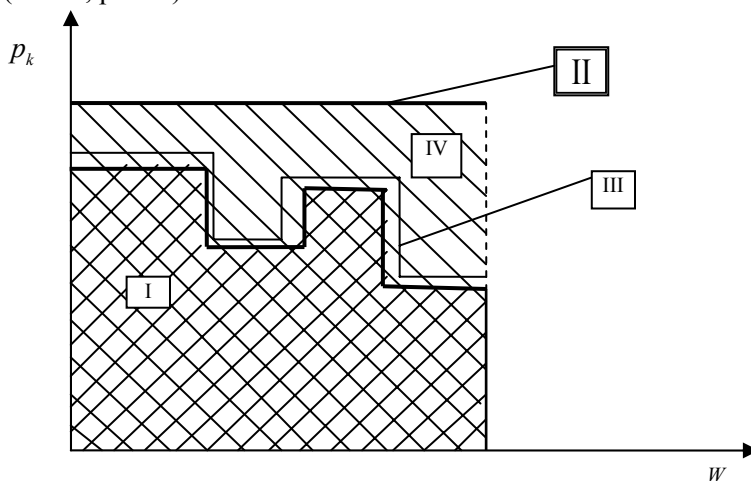


Рис. 3. Графическое отображение соотношения энергии ГУУ и энергии, необходимой для разрушения горной породы: зона I – энергия разрушения в зависимости от распределения $\sigma_{\text{экв}}$; зона II – энергия, развиваемая нерегулируемым ГУУ; зона III – энергия, развиваемая адаптивным ГУУ; зона IV – непроизводительные потери энергии при применении нерегулируемого ГУУ

В нерегулируемых ГУУ с клапанным или золотниковым распределителем в системе управления энергия $E_{\text{уд}}$, сообщаемая массиву в результате силового взаимодействия рабочего инструмента с забоем будет относительно постоянной (зона II) [8]. Тогда очевидно, что фиксированные настройки ГУУ приводят к непроизводительным затратам энергии (зона IV), что снижает КПД процесса взаимодействия рабочего инструмента с забоем. Отсюда следует, что наиболее рациональным режимом работы следует считать такой, при котором осуществляется динамическое следящее действие системы управления ГУУ в зависимости от нагрузки на рабочем инструменте (зона III).

В соответствии с результатами анализа вышеприведенных зависимостей можно утверждать, что скорость перемещения $V_{\text{г.м}}$ определяется горно-геологическими условиями и расходом жидкости, проходящим через систему управления ГУУ. Если задать $V_{\text{г}} = \text{const}$, то справедливо выражение

$$Q_p = f(\sigma_{\text{экр}}).$$

Таким образом, установлена обратная связь между нагрузкой на рабочем инструменте и параметрами рабочего тела ГУУ, что лежит в основе понятия «адаптивное гидравлическое ударное устройство». Такая конструктивная схема расширяет технологические возможности и позволяет наиболее рационально использовать подводимую мощность, что приведет к повышению коэффициента полезного действия системы «приводной двигатель – гидравлический насос – гидравлическое ударное устройство».

Список литературы

1. Griffith A.A. The phenomenon of rupture and flow in solids // Phil. Trans. Roy. Soc. – 1920. – A221. – 220 p.
2. Протасов Ю.И. Теоретические основы механического разрушения горных пород. – М.: Недра, 1985. – 242 с.
3. Егер Д.А., Ивченко А.Г. Глобальная энергия в энергосбережении, добычи и обработке материалов. – Киев: Кондор, 2006. – 401 с.
4. Гидропневмоударные системы исполнительных органов горных и строительно-дорожных машин / А.С. Сагинов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1979. – 200 с.
5. Ушаков Л.С., Котылев Ю.Е., Кравченко В.А. Гидравлические машины ударного действия. – М.: Машиностроение, 2000. – 415 с.
6. 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., Кравченко В.А.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Орловский гос. техн. ун-т». – № 2008113585/03; заявл. 07.04.09; опубл. 20.07.09, Бюл. № 20. – 1 с.
7. Кантович Л.И., Лазуткин С.Л., Фабричный Д.Ю. Адаптивные гидравлические ударные устройства // Горное оборудование и электромеханика. – 2010. – № 2. – С. 32–35.
8. Лазуткина Н.А., Игнатов С.Н., Лазуткин С.Л. Энергобаланс технологического оборудования // Современные наукоемкие технологии. – 2004. – № 1. – С. 35.

Получено 6.09.2011