

УДК 622.537.33
МРНТИ 52.13.17
<https://doi.org/10.31643/2018/6445.11>

Комплексное использование
минерального сырья. № 3. 2018.

*Н. С. БУКТУКОВ**, *Е. С. ГУМЕННИКОВ*

*Институт горного дела им. Д. А. Кунаева, Алматы, Казахстан, *e-mail: n.buktukov@mail.ru*

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НА ОСНОВЕ ГИДРОИМПУЛЬСНОГО РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПУТЬ К ЭФФЕКТИВНОМУ ОСВОЕНИЮ ЗЕМНЫХ НЕДР

Received: 26 April 2018 / Peer reviewed: 17 June 2018 / Accepted: 5 August 2018

Резюме. В статье приводится сравнительный анализ эффективности гидроимпульсного разрушения крепких и абразивных пород в рудной промышленности относительно существующей буровзрывной технологии, а также опытных процессов разрушения сверхзвуковыми стальными и кумулятивными снарядами. Даны логические пояснения сравниваемых процессов внедрения сверхзвуковых снарядов в массив и характера объёмного отрыва. Перечислены признаки технической, социальной и экономической эффективности гидроимпульсной технологии в режиме сверхзвукового взаимодействия с разрушаемым массивом. Описывается способ и конструкция экологически чистого электроразрядного привода гидроимпульсных устройств, предназначенных преимущественно для разрушения крепких горных пород. Показано, что способ заключается в быстром перегреве некоторой части слабого электролита (например, подсоленной воды) мощным электроразрядом и последующим выстрелом водяного заряда под действием сверхвысокого давления паро-ионной субстанции на хвостовую часть водяного заряда. Новый мощный электроразрядный привод является основным узлом в комплексе высокоэффективного и экологически чистого породоразрушающего механизма, работающего в поточном режиме при проходке подземных выработок. Вместе с тем в статье представлена экспериментальная конструкция гидроимпульсного породоразрушающего устройства – действующая модель нового бурового снаряда для проходки газификационных скважин большого диаметра по угольным пластам с включением большого количества породных образований с ударной мощностью импульса до 25 кДж. Даны результаты лабораторных испытаний. Полученные данные и характеристики работы узлов и деталей модели будут использованы для создания промышленных образцов новой техники.

Ключевые слова: гидроимпульсные устройства, разрушение горного массива, электроразрядный привод, поточное производство, экологически чистый процесс.

Введение. Необходимость совершенствования методов разрушения горных пород на подземных разработках, в особенности сложных из крепких и особо крепких, диктуется насущными требованиями сырьевого рынка, где главным требованием есть и будет снижение себестоимости произведённой продукции. Определяющими факторами финансовой устойчивости горного предприятия являются технологическое совершенство основных производственных процессов.

В процессе добычи способы и средства разрушения горных массивов задают уровень забойной производительности. Не менее важными факторами, влияющими на общий технический и экономический уровень производства, является полноценное обеспечение санитарно-экологической безопасности на подземных работах и общей безопасности труда. При этом основные производственные процессы должны

предусматривать наименьшие трудовые и финансовые затраты.

Учет вышеприведённых факторов весьма актуален для подземной отработки малых или малорентабельных месторождений, которые при современной традиционной буровзрывной технологии относятся к малорентабельным, либо к нерентабельным и даже забалансовым [1, 2].

Практически все предприятия, работающие на крепких и абразивных породах и рудах, имеют в своей основе циклическую буровзрывную технологию, которая предопределяет все технико-экономические проблемы, а именно:

- необходимость буровзрывных работ, занимающие значительную часть рабочего времени, большие затраты энергии и других ресурсов;

- цикличность всех основных процессов и связанную с этим громоздкость

горнотранспортного оборудования, задающих соответствующие сечения горных выработок;

- высокая энергоёмкость и затрат на строительство общешахтных сооружений, а именно: комплексы подземного дробления, вентиляционно-калориферные сооружения для проветривания рудников по условиям массовых взрывов, котельные, компрессорные станции;

- строительство и содержание дорогостоящего комплекса капитальных вентиляционных выработок, рассчитанного по единовременному максимальному расходу взрывчатых веществ (ВВ);

- значительные переборы относительно проектных сечений проходимых буровзрывным способом выработок, нарушенность законтурного массива мощными взрывами с активизацией процессов заколообразования и вывалов;

- организационно-технические проблемы, связанные со снабжением рудников ВВ и средствами взрывания (СВ), с их хранением, с учётом расходования, с испытаниями ВВ и СВ, с уничтожением остатков, с особыми требованиями к обслуживающему персоналу по безопасности работ с ВВ и СВ;

- высокий травматизм на буровзрывных работах с наиболее тяжёлыми последствиями на всех подземных рудниках.

В этой связи в статье рассматриваются возможности альтернативных способов разрушения горных пород.

Как известно, различные способы разрушения всегда сравниваются по их энергоёмкости процесса, т.е. по количеству энергии, затраченной на разрушение удельного объёма материала ($\text{Дж}/\text{м}^3$). Наименьшие энергозатраты у взрывчатых веществ, а наибольшие – у механических средств разрушения [1, 2]. Способ разрушения непрерывными струями значительно опережает по энергозатратам взрывной и гидромеханический способ. А вот сверхзвуковые прерывистые струи выходят на один уровень с взрыванием. При этом скорость струи имеет важнейшее значение в эффективности процесса разрушения. При скоростях 1000-1200 и более м/с эффективность способа может превысить взрывной, если учесть операционную однородность, поточность и управляемость процессом при полной экологической безопасности и ряда других достаточно важных свойств.

Влияние скорости взаимодействия высокоскоростного ударного инструмента с разрушаемым горным массивом можно проследить рассматривая сверхзвуковое ударное разрушение

горных пород в подземном забое жёстким инструментом. Таким практическим примером является опытное проходческое разрушение забоя из зенитного орудия стальными болванками. Скорость соударения болванки с забоем порядка 1000 м/с. Получены удовлетворительные данные по производительности, но имеются существенные недостатки в части загазованности проходимых выработок. Кроме того, имеются недостатки в части необходимости извлечения болванок из отбитой породы и в высокой стоимости боевых снарядов.

В настоящее время ведутся многочисленные работы в поиске технических средств для создания мощных силовых приводов для достижения сверхзвуковых и далее гиперзвуковых скоростей импульсных струй в условиях существующих промышленных стандартов электропитания и ограничений для подземного горнопроходческого оборудования [3, 4].

Использование жидких струй в ограничительных условиях в большинстве случаев связано с буровой техникой или с техникой резкой блоков поделочного камня тонкими струями с добавлением в струю абразивных сыпучих материалов. Имеются публикации использования вязких грязевых добавок для создания повышенных гидростатических импульсов давления в забое буримых скважин, которые ослабляют прочностные свойства пород. [5].

Внимания горных специалистов было привлечено к работе ученого Юткина Л.А. в части дробления самых крепких материалов в жидкой ванне конденсаторными электроразрядами высокого напряжения. Способ нашёл свое практическое применение в обогащительных процессах. Метод связан с разрушительным действием обратимых по направлению электромагнитных волн, причём с такой высокой временной цикличностью, что сам разрушаемый материал в жидкой ванне практически остаётся неподвижным.

Однако способ достижения высокой приводной мощности в малогабаритном устройстве горными специалистами был принят на вооружение. [6].

Другим сдерживающим порогом гидроструйной технологии с применением сверхвысоких скоростей является формообразование и нестабильность жидких потоков, как в формообразующих элементах, так и в свободном полете в атмосферном воздухе. [7–9].

Значительный вклад в изучении процессов взаимодействия высокоскоростных жидких

струй с разрушаемыми материалами внесли учёные Алматинского политехнического университета в семидесятых и восьмидесятых годах прошлого века [10].

Пионером практического применения способа подземной проходки с гидроимпульсным органом разрушения забоя является Институт ДОНГИПРОУГЛЕМАШ, который в содружестве с Донецким университетом ДОНГУ в 1985 году создал и испытал проходческий комбайн КИВ-1 с накопительным элементом энергии в виде насосного агрегата, сжимающего постоянный объём азота. Объём энергии накопления и соответственно зарядная мощность рабочего импульса установки составила 54 кДж. КИВ-1 навешивался на породопогрузочную машину непрерывного действия ПНБ-2Б с помощью специального мощного манипулятора для массы навесного органа в 2,5 т. (рисунок 1).

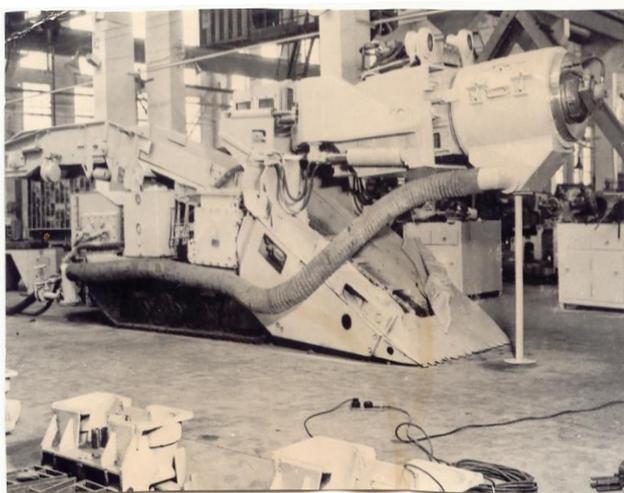


Рисунок 1 - Первый в мире гидроимпульсный комбайн КИВ-1 для разрушения пород угольной формации [4]

Экспериментальный комбайн КИВ-1 во время испытаний разработал 1440 м³ породы с крепостью до 6 единиц по шкале проф. М.М. Протодьяконова, при этом его производительность достигала 12,8 м³ в смену при коэффициенте машинного времени 0,5.

КИВ-1 выполнял отбойку с расстояния 2-2,5 м от забоя, при этом поверхность стенок и кровли проходимой штольни не имели нарушений и трещин, характерных для буровзрывной проходки. Разрушенная порода имела на 90% фракцию 50-100 мм (остальная мелочь), при этом не было отмечено выделений пыли и газов в рудничную атмосферу.

Разрушение породы в забое осуществлялось порциями воды массой по 1000 г, выбрасываемыми на забой в виде струи $\varnothing=10$ мм со скоростью 700-800 м/с.

В ходе испытаний были выявлены конструктивные и технологические недостатки КИВ-1, а именно:

1) недостаточно высокая технологичность изготовления основных узлов и производства процесса накопления энергии.

2) сверхвысокое ударное давление в гидроударном цилиндре малого диаметра, создаваемое прецизионным поршнем, потребовало высокого качества очистки воды, а также весьма высоких прочностных качеств материалов конструкции. Фиксированный ресурс исполнительного органа составил на испытаниях всего 22000 выстрелов [11].

3) недостатком установки с выбросом тонкой струи для разрушения крепких и монолитных материалов является большая длина струи, которая осуществляет основной объём разрушения своей головной частью, а остальная часть в падающем режиме поддерживает начальное ударное давление в ударном сечении.

Внедрение непрерывного и управляемого разрушения крепких и абразивных горных пород находится в прямой зависимости от технических возможностей создания таких устройств, которые бы могли из сравнительно слабых потоков энергии накапливать мощный заряд и мгновенно разряжать его на объекты разрушения, при этом исполнительный орган должен иметь минимальный механический износ [12].

Институтом горного дела им. Д. А. Кунаева в настоящее время ведутся разработки по устранению указанных недостатков. Первым шагом было создание мощных энергонакопительных средств для производства гидровыбросов большой разрушительной силы. Испытание проводилось на лабораторной модели (рисунок 2).

Для модели гидроимпульсной пушки был разработан новый привод, основанный на электроразрядном принципе испарения и перегрева небольшой порции слабого электролита в зажатой среде в герметичном цилиндре. При этом в цилиндре перегретая паро-ионная субстанция создавала высокое давление. Специальная конструкция расходного клапана приводной камеры была разработана с ручным управлением. При открытии клапана приводной камеры паро-ионная смесь резко расширяется и выстреливает в подпоршневую полость

разгонного ствола, в которой ударный поршень в конце своего хода наносит удар по водяному заряду с его выбросом через расходное сопло наружу.



Рисунок 2 - Действующая модель гидроимпульсной пушки с мощностью выстрела до 20 кДж

Новое энергонакопительное устройство исключает внутриагрегатные ударные взаимодействия частей установки и обеспечивает некоторое увеличение сечения расходного сопла. Дальнейшее совершенствование конструкции направлено на преобразование водяной струи на выходе из сопла в короткий цилиндр. Имея скорость 700-800 м/с и более, водяной цилиндр мало чем отличается от артиллерийского снаряда.

Гидроимпульсный способ имеет некоторые технические сходства с вышеуказанными средствами, но при этом имеет существенные положительные отличия и преимущества.

Техническое сходство заключается в направленности снаряда в виде цилиндра или шара по траектории свободного полёта, оканчивающимся заглуплением в массив. При этом водяной снаряд, используя специальные средства накопления энергии, также может иметь скорость свободного полёта до 1000 м/с и более [13].

В ходе выполнения проекта по совершенствованию проходческих процессов, Институт горного дела им. Д. А. Кунаева (г. Алматы) разрабатывает экологически чистые энергонакопительные привода требуемой мощности для разгона до сверхзвуковых и далее гиперзвуковых скоростей ограниченных порций воды с возможностью разрушения самых крепких горных пород с высокой производительностью. При этом решается задача значительного увеличения диаметра водяного заряда и, следовательно, его жёсткости с одновременным сокращением времени ударного взаимодействия с горным массивом.

Решающим фактором всех сравниваемых способов является расходуемое количество энергии на объём разрушения, т.е. критерием энергоёмкости разрушения является время ударного взаимодействия с разрушаемым объектом. Время взаимодействия от 0,003 до 0,008 с характеризует взрывные процессы, являющиеся самыми экономичными по удельным затратам энергии (7-8 Дж/см³).

Для сравнения: механическое разрушение с малыми скоростями взаимодействия инструмента разрушения с породой, например, буровыми шарошками, удельные затраты энергии составляют 200-250 Дж/см³, а объём разрушения в единицу времени незначителен.

Применение больших скоростей взаимодействия, например, стальными болванками или гидроснарядами, имеющими скорость полёта от 850 м/с и выше, снижает время взаимодействия с забоем при погружении в массив на глубину 500 мм до 0,0012 с.

Это соответствует действию мощных высокобризантных ВВ, а объём разрушения крепкой породы водяным снарядом с массой 3,5 кг составит порядка 60 дм³.

Однако и в сравнении односкоростного соударения одинаковых по массе снарядов из стали и воды имеются существенные отличия в процессе разрушения и его эффективности.

Стальная болванка заглупляется с высоким уплотнением породы перед собой в пробиваемом сечении. Поэтому большая часть кинетической энергии снаряда расходуется на преодоление сопротивления уплотнения породы в ударном сечении и изменения собственной прочной формы. При этом объём воронкообразного отрыва породы ограничивается действием конусной поверхности самой болванки, а это явно недостаточно в сравнении с затраченной кинетической энергией, особенно на отбойке вязких, податливых к уплотнению пород.

Водяной снаряд в процессе погружения в породный массив и мгновенного торможения с мощным тангенциальным распором имеет возможность проникновения в естественные трещины или вновь образованные ударом, а также при объёмном замещении высоконапорной жидкостью ударно смятых слабых пропластков между крепкими прослойками. Это распорное давление является главным фактором воронкообразного отрыва значительного объёма породы от массива, поскольку породы работают на растяжение. Для разрушения в этом случае требуется на порядок меньше энергии.

Процесс гидроимпульсного разрушения имеет некоторое сходство с взрывом ВВ в зажатой среде, которая достигается эффективной забойкой устья шпура. Роль такой забойки выполняет высокая инертность массы водяного снаряда. Здесь нет потерь от обратных утечек из устьев пробиваемых каналов, а также излишнего метания кусков при отрыве породы, поскольку вода имеет очень малый коэффициент собственного сжатия. Прочие положительные признаки очевидны. Процесс в полной мере экологически чистый, поскольку привод гидропушки электрический, также имеет место постоянное пылеподавление, а водяной снаряд имеет наименьшую стоимость из всех сравниваемых инструментов разрушения.

Относительно разрушения массива кумулятивными зарядами ВВ равной энергии с гидроимпульсными снарядами показатели производительности будут примерно одинаковыми. Сверхвысокая скорость газовой кумулятивной струи, которая превышает скорость водяного снаряда в 15 раз и более, компенсируется плотностью водяного снаряда, который превосходит газовую плотность примерно в 200 раз [14].

В ходе развития темы гидроимпульсного разрушения горных пород были Институтом горного дела им. Д. А. Кунаева были проведены модельные испытания устройства для бурения газификационных скважин большого сечения в угольных пластах. Модельное устройство представлено на рисунке 3.



Рисунок 3 - Действующая модель гидроимпульсного бурового снаряда (малой гидропушки) с мощностью выстрела до 25 кДж

Новый буровой снаряд обладает важными свойствами для использования в автоматическом режиме с эхолокационным управлением трассировкой скважин с поверхности.

Устройство предназначено в основном для подготовки крутопадающих угольных пластов для отработки методом подземной газификации, а также для проведения предварительной дегазации угольных пластов любой формы залегания [15].

При этом параметры испытаний были следующие: напряжение питающей сети - 380 В; напряжение выпрямленного тока - 530 В; сила тока в электролите - 560 А; потребляемая электрическая мощность - 310 кВт; гидравлическое давление в стволе - 150 МПа; количество зарядной воды в стволе - 3,0 кг; температура перегрева слабого электролита - 650°C; механическая энергия сжатого объема - 56 кДж; полезная механическая энергия выстрела - 24 кДж.

В результате, обобщены выбор направления и опытное подтверждение расчётных данных по средствам энергонакопления, импульсному перегреву части рабочей жидкости и взаимодействию водяного заряда с разрушаемым объектом.

Выявлено, что гидроимпульсное разрушение горных пород имеет важное преимущество перед буровзрывным наименьшим повреждением монолитности законтурного массива. Нарушение его структуры мощными взрывами практически всегда создаёт большие проблемы для технологической безопасности горных работ и дополнительных затрат на поддержание горных выработок при эксплуатации. При проходке выработок гидроимпульсным способом в полной мере возможен поточный непрерывный процесс отбойки и транспортировки горной массы, а контуры проходимых выработок легко обеспечиваются в соответствии с проектными.

Перегрев рабочей жидкости осуществляется в процессе мощного электрического разряда в её тонком слое, обеспечивающего ионизацию молекул H_2O пробойным током и осуществляется в изолированной высокопрочной трубчатой камере, заполненной жидкостью под начальным давлением 25-30 МПа. При этом камера включает в себя три участка. Участок подвода электроэнергии, служащий защитой электроизоляционного устройства от перегрева. Участок действия специального электроразрядника и водозарядный участок,

оснащённый специальным клапанном механизмом, открывающим выход водяному заряду в расходное сопло при заданном гидростатическом давлении в трубчатой камере.

Перегрев жидкости на срединном участке вызывает её сжатие на двух других участках трубчатой камеры с возмещением объёма сжатия перегретой паро-ионной субстанцией. Образующий объём возмещения плюс упругое сжатие чистой жидкости в камере характеризует объём потенциальной энергии устройства.

В процессе проведения испытаний сделаны следующие выводы:

а) экспериментально подтверждены расчеты оптимальных силовых параметров электроразрядного генератора в скорости накопления тепловой энергии в хвостовой части зарядной воды.

б) подтверждена работоспособность схемы внутриагрегатной передачи механической энергии гидростатического давления от паро-ионного перегрева водяному заряду;

в) получена ударная мощность гидрозаряда в соответствии с расчётной величиной.

Результаты испытаний действующей модели будут положены в основу создания высокоэффективного и экологически чистого породоразрушающего привода.

Результаты работы позволят решить весьма важную прикладную задачу по созданию эффективных промышленных образцов новой техники с возможностью перевода подземных горнодобывающих предприятий на безвзрывной поточный способ, а также могут быть использованы при строительстве в скальных породах крупных подземных сооружений любого назначения.

Использование гидроимпульсных устройств позволяет исключить на подземных проходческих и очистных работах процессы бурения, зарядания, взрывания, проветривания продуктов взрывов, уборку заколов, обезопасивание забоя от остатков ВВ, постоянное интенсивное проветривание выработок во время перегрузки взорванной породы в транспортные средства. Обеспечивается гладкостенная проходка горных выработок точно в проектных контурах сечений, что существенно снизит эксплуатационные затраты на поддержание горных выработок благодаря отсутствию законтурных повреждений монолитности горного массива. Также исключит все виды травматизма, связанного с БВР.

Таким образом доказана возможность и целесообразность создания высокоэффективного и безопасного в эксплуатации электроразрядного привода высокой мощности на основе гидроимпульсного разрушения горных пород.

Статья написана в соответствии с Договором на грантовое финансирование № 125 от 12 марта 2018 года по выполнению Проекта ИРН АРО5131126 «Создание устройств и технологии поточной отбойки горных пород гиперзвуковыми выбросами гидрозарядов».

ЛИТЕРАТУРА

1 Жалгасулы Н., Битимбаев М.Ж., Гуменников Е.С. Новая безвзрывная технология ведения горных работ. // Известия вузов. Горный журнал. – 2006. – № 2. – С. 10-14.

2 Жалгасулы Н., Гуменников Е.С. Новая безвзрывная горная технология. В сб. трудов Междун. научно-практ. конф. «Проблемы комплексного освоения минерального сырья Дальнего Востока». – Хабаровск, 2005. – С. 7.

3 Импульсные водометы для разрушения горных пород. - ЦНИИцветмет экономики и информации. Серия: Горное дело. М. 1978. – С. 10-13.

4 Никонов Г.П., Кузмич И.А., Гольдин Ю.А. Разрушение горных пород струями высокого давления. – М.: Недра, 1986. – 143 с.

5 Tang JR, LU YY, Ge ZL, Xia BW, Wang JH. Combined drilling of hard rock with abrasive water jet and mechanical bit to improve drilling efficiency. // Journal of Mining & Safety Engineering. – 2013. –30(4). – P. 621–627.

6 Малюшевский П.П. Основы разрядно-импульсной технологии.- Киев: Наукова думка, 1983. – 272 с.

7 Боевнер В.А., Жабин А.Б., Щеголовакий М.М., Поляков А., Поляков А.В. Совершенствование гидроструйных технологий в горном производстве. – М.: Изд. «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2010, 377 с.

8 Шавловский С.С. Основы динамики струй при разрушении горного массива. М. «Наука», 1979, 174 с.

9 M. Hood, G.C. Knight, E.D. Thi-mons. A review of water-jet-assisted rock cutting. Information circular 9273. U.S. Bureau of mines. 1990. 17 с.

10 Ракишев Б.Р., Шерстюк Б.Ф., Звонков Ю.Е. Гидроструйное разрушение горных пород. Аналитический обзор. – Алма-Ата, КАЗНИИТИ, 1990, 94 с.

11 Атанов Г.А. Гидроимпульсные установки для разрушения горных пород. — Гол.изд-во издательского объединения "Выща школа", 1987, 152 с.

12 Гидроструйные технологии в промышленности. Расчёт и проектирование гидромеханических исполнительных органов проходческих комбайнов / Н.М. Кочурье,

В.А. Бреннер, А.Б. Жабин, М.М. Щеголевский, И.М. Лавит. – М.:Изд-во МГТУ, 2003. – 645 с.

13 Жалгасулы Н., Гуменников Е.С., Битимбаев М.Ж. Создания мощных накопителей импульсной энергии // Труды межд. н.-пр. конф. «Инновационные пути развития нефтегазовой отрасли РК». – Алматы, 2007, – С. 262-269.

14 Жалгасулы Н., Гуменников Е.С. Некоторые аспекты процесса гидроимпульсной технологии разрушения крепких пород // Труды ИГД им. Д.А. Кунаева: «Научно-техническое обеспечение горного производства». – Алматы. – 2013. Т. 83. – С. 59-63.

15 Асанов А.А., Гуменников Е.С. Развитие объектов теплоэнергетики на основе инновационных технологи подземной переработки угля. – Изд-во: Известия КГТУ им. И. Разакова, №4/44, 2017. – С. 43-44.

REFERENCES

1 Zhalgasuly N., Bitimbayev M.ZH., Gumennikov Ye.S. *Novaya bezvzryvnaya tekhnologiya vedeniya gornykh rabot* (New non-explosive mining technology). *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal = Proceedings of high schools. Mountain magazine*. **2006**. 2. P. 10-14.

2 Zhalgasuly N., Gumennikov Ye.S. *Novaya bezvzryvnaya gornaya tekhnologiya. V sb. trudov Mezhdun. nauchno-prakt. konf. «Problemy kompleksnogo osvoyoyniya mineral'nogo syr'ya Dal'nego Vostoka»*, (New non-explosive mining technology. In the collection. of the works of Intern. scientific and practical work. Conf. "Problems of integrated development of mineral raw materials of the Far East"). – Khabarovsk. **2005**. 7.

3 *Impul'snyye vodometry dlya razrusheniya gornykh porod - TSNIIsvetmet ekonomiki i informatsii*. (Pulsed water cannons for the destruction of rocks– TSNIIsvetmet economy and information). Series: Mining. M. 1978. 10-13. Series: Mining. M. **1978**. 10-13.

4 Nikonov G.P., Kuzmich I.A., Gol'din YU.A. *Razrusheniye gornykh porod struyami vysokogo davleniya*. (Destruction of rocks by high-pressure jets) – Moscow: Nedra, **1986**. 143.

5 Tang JR, LU YY, Ge ZL, Xia BW, Wang JH. Combined drilling of hard rock with abrasive water jet and mechanical bit to improve drilling efficiency. *Journal of Mining & Safety Engineering*. **2013**. 30(4). 621–627.

6 Malyushevskiy P.P. *Osnovy razryadno-impul'snoy tekhnologii*. (Fundamentals of the discharge-pulse technology). Kiyev: Naukova dumka, **1983**. 272.

7 Boyenner V.A., Zhabin A.B., Shchegolovskiy M.M., Polyakov A, Polyakov A.V. *Sovershenstvovaniye gidrostruynykh tekhnologiy v gornom proizvodstve*. (Perfection of hydrojet technologies in mining) – Moscow: Izd. "Mining Book", Publishing house of the Moscow State Mining University. **2010**. 37.

8 Shavlovskij S.S. *Osnovy dinamiki struy pri razrushenii gornogo massiva*. (Fundamentals of the dynamics of jets in the destruction of the mountain massif). M. "Science" **1979**. 174.

9 Hood M., Knight G.C., Thi-mons E.D.. A review of water-jet-assisted rock cutting. Information circular 9273. U.S. Bureau of mines. **1990**. 17.

10 Rakishev B.R., Sherstyuk B.F., Zvonkov YU.Ye. *Gidrostruynoye razrusheniye gornykh porod*. (Hydrosteiling destruction of rocks). Analytical review. - Alma-Ata, KAZNITIITI. 1990. 94.

11 Atanov G.A. *Gidroimpul'snyye ustanovki dlya razrusheniya gornykh porod*. (Hydroimpulsive plants for the destruction of rocks). Gol.izd in the publishing association "Vyšcha shkola". **1987**. 152.

12 *Gidrostruynyye tekhnologii v promyshlennosti. Raschot i proyektirovaniye gidromekhanicheskikh ispolnitel'nykh organov prokhodcheskikh kombaynov*. (Hydrojet technologies in industry. Calculation and design of hydromechanical executive bodies of tunneling combines.) N.M. Kochurie, V.A. Brenner, A.B. Zhabin, M.M. Schegolevsky, I.M. Lavit. M.: MSUH Publishing House. **2003**. 645.

13 Zhalgasuly N., Gumennikov Ye.S., Bitimbayev M.ZH. *Sozdaniya moshchnykh nakopiteley impul'snoy energii*. (The creation of powerful accumulators of pulsed energy). Proceedings of Int. n.-pr. Conf. "Innovative ways of development of oil and gas branch of the Republic of Kazakhstan". Almaty. **2007**. 262-269.

14 Zhalgasuly N., Gumennikov Ye.S. *Nekotoryye aspekty protsessy gidroimpul'snoy tekhnologii razrusheniya krepkikh porod*. (Some Aspects of the Process of Hydro-Pulse Technology for the Destruction of Strong Rocks). Proceedings of Institute of Mining after D.A Kunaev: "Scientific and technical support of mining production". Almaty. **2013**. 83. 59-63.

15 Asanov A.A., Gumennikov Ye.S. *Razvitiye ob'yektov teploenergetiki na osnove innovatsionnykh tekhnologi podzemnoy pererabotki uglya*. (Development of thermal power facilities based on innovative technologies for underground coal processing). *Izvestia: Izvestia KSTU them. I. Razzakova*. **2017**. 4/44. 43-44.

ТҮЙІНДЕМЕ

Мақалада қатты және абразивтік тау жыныстарын гидроимпульсті бұзудың басқа қолданыстағы бұрғы-жарылыс технологиясына, сондай-ақ дыбыстан жылдам болат және кумулятивтік снарядтармен бұзуға қарағанда тиімділігіне салыстырмалы талдау жасалған. Массивке енгізілмекші дыбыстан жылдам снарядтардың салыстырмалы процестеріне қисынды түсініктемелер берілген. Қопарылатын массивпен дыбыстан жылдам өзара әрекеттестік режиміндегі гидроимпульсті технологияның техникалық әлеуметтік, экономикалық тиімділік белгілері көрсетілген. Мақалада гидропульсті қондырғылар үшін ең алдымен күшті тау жыныстарының бұзылуына арналған экологиялық таза электр разрядтарының әдісі мен конструкциясы сипатталған. Бұл әдіс әлсіз электролиттің кейбір бөлігін (мысалы, тұзды сулардың) күшті электр разряды және су зарядының құйрық бөлігіндегі бу-иондық заттардың жоғары қысымының әсерінен кейінгі суды зарядтау арқылы жылдам қызып кетуден тұрады. Жаңа қуатты электр разрядты қозғалтқышы

жерасты қазбаларын жүргізу кезінде ағын тәртібінде жұмыс істейтін жоғары тиімді және экологиялық таза жыныстардың тетігі болып табылатын негізгі түйін болып табылады. Мақалада гидропульстік жыныстардың эксперименттік дизайны ұсынылған, бұл 25 қДа дейін әсер ету қуаты бар көптеген тау жыныстарының құрамдарын қосу арқылы көмір қабырғаларында үлкен диаметрлі газдандыру ұңғымаларын ендіруге арналған жаңа бұрғылау құралының белсенді үлгісі болып табылады. Зертханалық зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Алынған мәліметтер мен үлгілердің бөліктері мен бөліктерінің өнімділік сипаттамалары жаңа жабдықтардың өндірістік үлгілерін жасау үшін пайдаланылатын болады.

Түйін сөздер: гидроимпульстік құрылғылар, тас массивінің бұзылуы, электр разрядты қозғалысы, желідегі өндіріс, экологиялық таза процесс.

ABSTRACT

A comparative analysis of the mud-pulse destruction efficiency of tough and sharp rocks in the ore industry relatively to the existing drilling and blasting technology, as well as the testing destruction processes by hypersonic steel and hollow charge projectiles is provided in the article. The reasoned explanations of the compared processes of the hypersonic projectiles introduction into the solid and the character of the volumetric breaking are given. The features of technical, social and economic efficiency of mud-pulse technology are listed in the mode of hypersonic interaction with the destroyed solid. The method and design of environmentally sound electric-discharge drive for mud-pulse devices primarily constructed for the strong rocks destruction is described. This method is demonstrated to involve rapid overheating of a part of weak electrolyte (for example, salted water) by a powerful electric discharge and the following water discharge under the extreme pressure of the vapor-ionic substance on the tail section of the water charge. The new forceful electric discharge drive is the major unit in the complex of highly effective and environmentally sound rock-destructing mechanism operating in the flow line mode when cavern excavations. Alongside, the article provides experimental design of a mud-pulse rock-destruction device is the current model of a new drilling tool for the large-diameter gasification wells sinking along the coal beds with the inclusion of a large number of rock formations with an impulse striking power of up to 25 kJ. The results of laboratory tests are provided. The received data and characteristics of the units and model parts operation will be used to create industrial samples of the new equipment.

Key words: mud-pulse devices, rock solid destruction, electric discharge drive, flow line production, environmentally sound process.

Поступила 26.04.2018