

провода 5 от технологической линии не оказывает явного отрицательного влияния на ход технологического процесса.

Точность измерения расхода смесей данным способом была оценена на лабораторной экспериментальной установке. Сравнительный анализ результатов измерения предлагаемым способом и с помощью мерного бака показал, что различие между ними не превышает 5%.

Экономическая эффективность данного способа может быть определена повышением массовой доли железа в концентрате за счет поддержания рациональных параметров технологического процесса при их оперативном контроле.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гейер В.Г. Гидравлика и гидропривод / [В.Г. Гейер, В.С. Дулин, А.Г. Боруменский, А.Н. Заря]. – М.: Недра, 1970. – 302 с.
2. Константинов Ю.М. Гидравлика /Ю.М. Константинов. – К.: Вища школа, 1981 – 360 с.
3. Ржевская Н.Д. О возможностях контроля циклов измельчения и классификации ультразвуковыми методами / Н.Д. Ржевская // Физические и химические процессы горного производства. – 1971. – С. 78 – 81.

УДК 537.528:537.529:622.233

### ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО МЕТОДА ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ НЕГАБАРИТОВ ГОРНЫХ ПОРОД

**А.А. Кладько**, магистрант кафедры техники и электрофизики высоких напряжений, группа 4ТМ31

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия, e-mail: [andkladd@mail.ru](mailto:andkladd@mail.ru)

**Аннотация.** Исследованы методы разрушения горных пород, оценка их экономической эффективности и экологической безопасности.

*Ключевые слова:* разрушение горных пород, экологическая безопасность, электроразрядное разрушение, негабарит.

### PROSPECTS FOR THE USE OF AN PLASMA BLAST TECHNOLOGY FOR THE DESTRUCTION OF OVERSIZE ROCKS

**A. Kladdko**, Master of Department of High Voltage Engineering and Electrophysics, group 4ТМ31

National Research “Tomsk Polytechnic University”, Tomsk, Russia, e-mail: [andkladd@mail.ru](mailto:andkladd@mail.ru)

**Abstract.** The author has studied the methods of destruction of rocks, an assessment of their economic efficiency and environmental safety.

*Keywords: destruction of rocks, environmental safety, plasma blast technology, oversize.*

**Введение.** В связи со стремительно возрастающим ростом промышленного загрязнения окружающей среды, на сегодняшний день во всех областях народного хозяйства особую актуальность получило внедрение экологически чистых технологий. В условиях современного рынка, когда штрафы за загрязнение окружающей среды могут достигать достаточно больших сумм, применение экологичных технологий позволяет существенно снизить уровень производственных расходов. Во многих случаях им отдается предпочтение, даже если они проигрывают традиционным технологиям в эффективности, в особенности, если их применение снижает риск для обслуживающего персонала.

**Цель работы.** Анализ механического, взрывного, электрогидравлического и электроразрядного методов разрушения негабаритов горных пород. Краткий обзор достоинств и недостатков вышеперечисленных методов.

**Материал и результаты исследований.** Широко применяемыми способами разрушения негабаритов горных пород являются механический и взрывной методы. Примерно двадцать лет назад для этих целей в рамках исследовательских проектов начал использоваться электрогидравлический метод. В последствие - электроразрядный метод, возникший на его основе.

Механический способ разрушения безопасен для персонала и окружающей среды. В случае разрушения прочных горных пород, механический метод не эффективен в связи с высокой скоростью износа рабочих поверхностей инструмента. Проведенные расчеты показывают, что сроки окупаемости установки для электроразрядного разрушения меньше чем для оборудования реализующего механическое разрушение, обладающего аналогичной производительностью.

Взрывной способ является самым распространённым в промышленных условиях, что обусловлено его простотой и высокой производительностью. Он позволяет разрушать объекты, обладающие практически любой прочностью и габаритами. Максимальный эффект достигается при использовании шпуровых зарядов, применение которых дает возможность существенно снизить расход взрывчатых веществ и увеличить коэффициент полезного действия по сравнению с использованием накладных зарядов [1,2]. Недостатки метода связаны с воздействием продуктов взрыва на

окружающую среду, образование при взрыве осколков, при разлёте способных повреждать окружающие объекты и как следствие требование обеспечения протяженной охранной зоны при производстве взрывных работ, наличие ударных волн. Для четкой организации работ необходим высокий уровень квалификации персонала, проводящего подрыв, согласование с Ростехнадзором.

Сущность электрогидравлического разрушения в том, что при реализации внутри объёма жидкости, специально сформированного импульсного электрического разряда, вокруг зоны его образования возникают сверхвысокие гидравлические давления, способные совершать полезную механическую работу [3,4,5]. В пробуренный в объекте разрушения шпур (отверстие цилиндрической формы диаметром до 75 мм и длиной до 5 метров, пробуренное в породе и предназначенное для размещения заряда взрывчатого вещества) глубиной тридцать – сорок сантиметров заливается вода либо впрыскивается гелеобразная паста, вводится электродная система, на которую подается энергия, запасенная в батарее конденсаторов генератора импульсного тока (ГИТ). В результате возникает система радиальных трещин, которые приводят к разрушению объекта воздействия. Электрогидравлический метод разрушения имеет меньшую стоимость в сравнение с взрывным. Например, для разрушения гранитного валуна объёмом до полутора кубических метров необходимо затратить примерно 0,05 кВт-час электроэнергии [1,2].

Аналоги установок, реализующих данный способ разрушения, немногочисленны. Мобильные установки монтируются на шасси грузовых автомобилей или прицепах - ЭГВ-установки типа «Импульс-2», «Импульс-5», «Базальт-1», «УЭМ-200». Мобильность установки понижается при наращивании величины энергии, запасаемой в батарее конденсаторов. Слабое распространение электрогидравлического метода разрушения негабаритов горных пород отчасти обусловлено недостаточным продвижением технологии электроразрядного разрушения в профессиональной среде. Но, конечно, есть и ряд существенных недостатков метода. Сложности возникают на этапе заливки воды в пробуренные шпуры. Очевидно, что шпуры должны быть пробурены в вертикальной плоскости. При разрушении негабаритов, желательно располагать шпуры таким образом, чтобы разрушение было достигнуто после первого срабатывания установки. Это, в свою очередь, требует бурения шпуров как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. Проблема решается путем герметизации шпура, что существенно снижает производительность процесса разрушения. Выходом из этой ситуации может стать применение электроразрядного разрушения негабаритов с использованием сменных картриджей.

В случае электроразрядного метода разрушения, используется волновая динамика, т.е. работу совершает ударная волна, распространяющаяся в материале и отражающаяся от свободных поверхностей. Экспериментальная установка, реализующая данный метод была собрана сотрудниками кафедры техники и электрофизики высоких напряжений Национального исследовательского Томского политехнического университета [6].

В данной установке в качестве предающей среды используется картридж из пластического материала, обладающего высокой акустической жесткостью. Наряду с решением проблемы пространственного расположения шпуров, повышается эффективность разрушения [6]. В ходе экспериментов, проведенных на данной установке, было установлено, что используемая электродная система не является надежной и разрушается после нескольких разрядок. Её усовершенствование, в частности поиск оптимальной формы и материала изолятора и картриджа электродной системы является задачей, требующей дальнейшего разрешения. Разработка многоэлектродной системы позволит минимизировать эксплуатационные затраты и сделать процесс разрушения более эффективным. Данная установка обеспечивает безразлетное разрушение объектов. Данный способ является безопасным с экологической точки зрения.

**Вывод.** Электроразрядные установки для разрушения негабаритов горных пород являются экологически чистыми, высокопроизводительными и экономически эффективными. Установка, разработанная сотрудниками кафедры ТЭВН НИ ТПУ, обладая вышеуказанными достоинствами, имеет и существенные недостатки, такие как недостаточная мобильность и малая прочность существующей электродной системы. Её дальнейшая модернизация позволит частично решить данные проблемы и сделать установку более конкурентоспособной.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Нееветойков Г.А., Черняк В. П. и др. Разрушение скальных пород электровзрывным способом // Автодорожник Украины: Научно – технический сборник, 1972.-№4. - С. 33-34.
2. Кутузов Б. Н. Взрывное и механическое разрушение горных пород. М.: Недра, 1973. – С. 311.
3. Юткин Л. А. Электрогидравлический эффект. М.; Л.: Машгиз, 1955. 52 с.
4. А. с. 105011 (СССР). Способ получения высоких и сверхвысоких давлений/Л. А. Юткин, Л. И. Гольцова.- Заявл. 15.04.50, № 416898 Оpubл. В Б. И., 1957, № 1.
5. Юткин Л. А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. – 253 с.
6. Иванов Н. А., Пивоваров М. И., Войтенко Н. В., Юдин А.С. Шпуровое разрушение горных пород и бетона // Известия ТПУ. 2012. - №2. – С. 136-140.