

САХНО И.Г. (канд. техн. наук., ДонНТУ)
КАСЬЯН Н.Н. (докт. техн. наук., ДонНТУ)
МОКРИЕНКО В.Н. (аспирант, ДонНТУ)

ОПЫТ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД НЕВЗРЫВЧАТЫМИ РАЗРУШАЮЩИМИ СОСТАВАМИ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «ЩЕГЛОВСКАЯ- ГЛУБОКАЯ»

Приведены результаты натурных исследований процесса разрушения горных пород шпуровыми зарядами невзрывчатых разрушающих веществ в условиях подземных горных выработок при разрушении негабаритных блоков и ведении подрывки пород почвы представленных прочными песчаниками.

Приведені результати натурних досліджень процесу руйнування гірських порід шпуровими зарядами невибухових руйнівних речовин в умовах підземних гірничих виробок при руйнуванні блоків негабаритів і веденні підривки порід підшви представлених міцними пісковиками.

The results of model researches of process destruction of rock breeds the hole charges of inexplusive destroying matters are resulted in the conditions of the underground mountain making at destruction of rock blocks and breeds of soil are presented by durable sandstones.

**РАЗРУШЕНИЕ ПОРОД, НЕВЗРЫВЧАТЫЕ РАЗРУШАЮЩИЕ СОСТАВЫ, ГИДРАТАЦИЯ,
ШПУР, ПОРОДЫ ПОЧВЫ, ПЕСЧАНИК**

**РУЙНУВАННЯ ПОРІД, НЕВИБУХОВІ РУЙНІВНІ РЕЧОВИНИ, ГІДРАТАЦІЯ, ПОРОДИ
ПІДОШВИ, ПІСКОВИК**

**DESTRUCTION OF ROCK MASS, INEXPLOSIVE DESTROYING MATTERS,
HYDRATATION, ROCK MASS OF SOIL, SANDSTONE**

В практике открытой и подземной разработки полезных ископаемых и подземного строительства, в основном применяют буровзрывной способ разрушения горных пород. Достоинствами его являются высокая разрушающая способность, мобильность и универсальность. Однако при этом способ имеет ряд недостатков: большое выделение газообразных продуктов взрыва, шум, особые меры безопасности при хранении, перевозке и использовании, относительно высокая стоимость. Для уменьшения этих недостатков разработаны специальные способы мягкого взрывания и различные конструкции шпуровых зарядов. Например способ мягкого взрывания с помощью пластиковых зарядов [1] (зарядные трубки К и КК фирмы «Форсит» и российские типа «Гранилен») позволяет обеспечить безопасность и минимальный уровень затрат на разрушение пород благодаря низкой чувствительности к механическим воздействиям, технологичности заряжания шпуров, низкой теплоте взрыва (1500кДж/кг) при скорости детонации 1800м/с. При выполнении реконструкции сооружений в стесненных условиях городского строительства, ведении аварийно-спасательных работ при ликвидации последствий аварий и ряде других специфических случаев в последнее время все большее применение находят статические способы разрушения – механическими клиньями, гидроклиньями [2], при помощи гидроксплиттеров [3], ориентированного флюидоразрыва [4], электрогидравлических установок [5] и др. Способ разрушения пород с помощью механических клиньев имеет низкую производительность при высокой трудоемкости работ, остальные перечисленные

способы невзрывного разрушения требуют использования дорогостоящих материалов, оборудования, энергии, высоких затрат. Поэтому одним из их главных конкурентов, лишенным многих перечисленных недостатков, является способ разрушения при помощи невзрывчатых разрушающих составов (НРС) типа НРВ-80 (Украина), НРС-1 (Россия), Bristar (Япония) и др.

В последние годы авторами статьи ведутся теоретические, лабораторные и шахтные натурные исследования направленные на расширение области применения НРС, в частности использование их для разрушения пород в условиях подземных горных выработок. Актуальность вопроса определяется необходимостью разрушения горных пород в условиях выработок с исходящей струей воздуха, в стесненных условиях рабочего пространства вблизи работающего оборудования, а также при разрушении пород вмещающих выбросоопасные пласты угля и песчаников. В этих случаях невзрывной способ разрушения при помощи НРС не требует применения специального режима безопасности ведения работ, не оказывает динамического воздействия на горные породы, не требует остановки работ основного цикла. Разрабатываемая технология невзрывного разрушения должна обеспечивать минимальное время разрушения горных пород и учитывать особенности работы НРС в условиях подземных горных выработок при относительно высокой температуре пород, вмещающих шпур.

Так для шахты «Щегловская-Глубокая» одним из актуальных вопросов является необходимость ведения подрывки пород почвы, представленной прочным песчаником в выработках с исходящей струей воздуха. В этом случае разрушение песчаника при помощи отбойных молотков требует больших трудозатрат и не всегда физически возможно, а проведение взрывного разрушения ограничивается пылегазовым режимом. Для этих условий авторами статьи были разработаны рекомендации по проведению подрывки прочных пород почвы способом ее невзрывного разрушения при помощи НРС.

Шахтные исследования и приемочные испытания предлагаемых рекомендаций осуществлялись в 3 западном конвейерном штреке пл. k_8 шахты «Щегловская-Глубокая». Экспериментальные участки были расположены на пикетах ПК38 и ПК42 указанной выработки. Горно-геологические условия участка эксперимента следующие. Угольный пласт k_8 на участках экспериментальных работ имеет сложное строение. Уголь черный, блестящий, хрупкий, с включениями линз пирита и колчедана. Прослой представлен глинистым сланцем перемятым слабым. Непосредственно на контакте с пластом залегает известняк мощностью 2,1-4,10м темно-серый, с коричневым оттенком, массивный, плотный, кристаллический, с обломками фауны и флоры, от слаботрещиноватого до полного отсутствия трещин, трещины выполнены кальцитом, крепкий. Для известняка характерно то удаление от пласта на 1,5м, то внедрение в пласт в виде «отеков», которые утоняют пласт до 0,2м. Контакт с известняком ровный, волнистый, мелкобугристый. Ложная кровля – сланец глинистый темносерый, слабослюдистый мощностью 0,1-1,5м, плотный однородный, с послойными зеркалами скольжения, сцепление с известняком отсутствует, весьма неустойчивый, обрушается вслед за выемкой угля. Почва пласта представлена песчаником серого цвета, кварцевополевошпатовым, мелкозернистым, слюдистым трещиноватым комковатого строения с крепостью 6-10 по шкале проф. М.М. Протодяконова.

Исследования проводились в два этапа. На первом этапе для проверки параметров способа и отработки технологии его реализации было проведено разрушение негабаритных блоков песчаника.

Работы начинали с бурения шпуров для размещения невзрывчатого разрушающего состава, которое производили со стороны наибольшей открытой поверхности объекта, при этом, как правило, угол наклона шпуров в вертикальной плоскости находился в диапазоне 75-90 град, он определялся из соображений обеспечения минимальной полезной длины шпура 0,5м. Шпуры диаметром 43мм бурили рядами в плоскости предполагаемого раскола негабарита. Расчет расстояния между шпурами производили по формуле, определяющей длину трещин, которая получена с использованием энергетического критерия Гриффитса и

обусловлена медленно возрастающей нагрузкой растягивающих напряжений внутри шпура под действием НРС. Протяженность трещины зависит от диаметра шпура, модуля упругости НРС и параметров горной породы E_m , k_{lc} , $P(t^*)$:

$$L_{mp} = \frac{P^2(t^*)r_0^2 E_m}{2(k_{lc})^2 E_{НРС}} \quad (1)$$

где: - $P(t^*)$ - напряжение, развиваемое НРС внутри шпура, принимается равной давлению расширения через заданное время t^* разрушения объекта [6], МПа;

2 – численный коэффициент преобразований энергетического критерия Гриффитса;

- r_0^2 - радиус шпура, м.

- E_m - модуль упругости разрушаемого материала, МПа;

- $E_{НРС}$ - модуль упругости НРС, МПа;

- k_{lc} - коэффициент интенсивности напряжений разрушаемого материала, МПа, ($\sqrt{м}$).

Расстояние между шпурами рассчитанное по формуле (1) для следующих условий – предел прочности пород на одноосное растяжение 8,5 МПа, диаметр шпура для заряжания НРС - 43мм, температура объекта – 31 °С, время разрушения 6 часов составляет 31см.

Пробуренные шпуры очищали от пыли и буровой мелочи продувкой. После этого в пробуренные шпуры 1 заливали приготовленный на месте ведения работ водный раствор невзрывчатого разрушающего состава 2 на глубину равную 0,9 длины шпура. В качестве рабочего агента применялся НРС содержащий безводный карбонат натрия 4 мас. %, сульфитно-дрожжевую барду 1 мас. %, натриевую соль продукта конденсации нафталинсульфокислоты и формальдегида 1 мас. %, хлорид натрия 2 мас. %, полиоксихлорид алюминия 2 мас. %, оксид кальция 90 мас. %.

Для предотвращения самопроизвольного выброса НРС из шпуров в процессе гидратации устьевая часть шпура герметизировалась глиняной забойкой 3 и составным самозапирающимся деревянным клином 4 (рис. 1). После установки клиньев, сверху на разрушаемый объект укладывали настил из досок или отрезок конвейерной ленты, для предотвращения вылета клина из шпура при некачественной его установке.

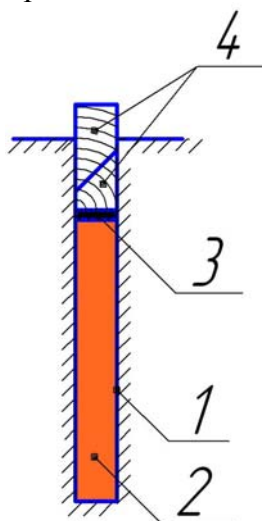


Рис. 1 – Конструкция шпурового заряда НРС

В результате протекания реакции гидратации раствор НРС увеличивался в объеме и оказывал давление на стенки шпура, что приводило к разрушению пород по плоскости раскола созданной рядами шпуров с НРС в течение 4-8 часов. Средства герметизации извлекались для повторного использования.

Так на ПК38 было проведено разрушение негабаритного блока имеющего форму близкую к параллелепипеду, представленного массивным монолитным песчаником. Средние размеры негабарита 90х60х35см. В блоке было пробурено два шпура, расположенных в ряд по длинной стороне негабарита, с расстоянием между шпурами 30см, и расстоянием до границ негабарита 30см (рис. 2). Шпуры были пробурены под углом 75 градусов к горизонтали, длина шпуров – 40см, при этом их недобуривали до нижнего основания негабарита на 10-15см. Через 7 часов после заливки раствора НРС от шпура начала прорастать трещина (рис. 3), развитие которой привело к разрушению блока (рис. 4). Состояние стенок шпура с НРС после разрушения блока приведено на рисунке 5, на фотографии видно, что длина зарядной камеры с НРС составляет 50% от толщины блока.



Рис. 2 – Общий вид негабаритного блока песчаника до разрушения



Рис. 3 – Начало разрушения – рост трещины



Рис. 4 – Общий вид негабаритного блока песчаника после разрушения



Рис. 5 – Общий вид стенок шпура с НРС после разрушения блока

Проведенные эксперименты доказали техническую возможность реализации разрушения горных пород при помощи НРС в условиях подземных горных выработок, а также подтвердили состоятельность предложенной методики определения параметров невзрывного разрушения.

В проведенных экспериментах разрушаемый объект имел три свободные плоскости, что существенным образом упрощало его разрушение. На втором этапе предлагаемый способ разрушения был испытан для разделки габаритов рельсового пути, и при подрывке пород почвы, при этом породы имели только две свободные плоскости. Расчет параметров и общая технология работ соответствовали изложенным выше.

На ПК42 была проведена разделка габаритов рельсового пути, представленных трещиноватым мелкослоистым песчаником. В забое подрывки нормально напластованию пород было пробурено четыре шпура с расстоянием между ними 0,27м длиной 0,6м, и углом наклона к горизонтали 80 градусов, расстояние от устьев шпуров до свободной поверхности 0,65м. В шпуры на глубину 0,55м заливали приготовленный раствор НРС, после чего шпур герметизировали глиной и клиновым устройством. Через 3 часа после размещения НРС в шпуры началось отслаивание и коржение песчаника с отжимом разрушенных пластин, толщиной 0,7-3 см в сторону забоя подрывки, при этом между шпурами с НРС проросла магистральная трещина (рис. 6). После прекращения разрушения пород, через 6 часов после начала эксперимента, массив был расслоен пластинками песчаника разрушенными

параллельно слоистости и отжат в сторону забоя подрывки (рис. 7), после чего возможна была уборка разрушенной породы вручную.



Рис. 6 – Магистральная трещина между шпурами с НРС



Рис. 7 – Общий вид разрушенной породы в забое подрывки при разделке габаритов рельсового пути.

На ПК38 было проведено разрушение пород почвы, представленных трещиноватым массивным песчаником. В забое подрывки было пробурено три шпура с расстоянием между ними 0,3м длиной 0,5м, и углом наклона к горизонтали 30 градусов, расстояние от устьев шпуров до свободной поверхности 0,4м. Через 2 часа после размещения НРС в шпуры произошел откол пород почвы, представляющих собой корж песчаника толщиной 0,25-0,3м, после чего происходило его смещение в сторону открытой плоскости забоя подрывки. Через 4 часа после начала эксперимента деформирование прекратилось. Отжатый блок породы был разрушен на три части. Ширина раскрытия трещин составляла 0,7-1,2см (рис. 8).



Рис. 8 – Общий вид разрушенной породы в забое подрывки.

Таким образом, проведенные исследования позволили сделать вывод о работоспособности предложенного способа невзрывного разрушения горных пород в случаях когда они представлены объектами с двумя и тремя свободными поверхностями в условиях подземных горных выработок. Разрушение пород при помощи невзрывчатых разрушающих составов обеспечивается при параметрах способа рассчитанных согласно методике предложенной авторами. При этом время разрушения монолитных блоков составляет 4-8 часов, и разрушение происходит в виде раскола пород по магистральной трещине соединяющей шпур. Разрушение трещиноватых мелкослоистых пород происходит за счет их отжима в направлении перпендикулярном напластованию, и поочередном разрушении отжатых слоев и пластинок. Поэтому способ подрывки прочных пород почвы, основанный на ее невзрывном разрушении может быть рекомендован для внедрения в выработках с породами почвы имеющими прочность на одноосное сжатие более 60 МПа.

Библиографический список

1. Блюменфельд В.М. Рациональный способ добычи гранитовых блоков // Горный журнал. 1996. №6. – С. 33-35.
2. Чеченков М.С. Разработка прочных грунтов. – Л.: Ст-т. 1987. – 231с.
3. Применение гидравлического эффекта в строительстве. – Тула.: ЦБНТИ Минпромстроя СССР, 1981. – 55-58с.
4. Клишин В.И., Леконцев Ю.М., Новик А.В. Способы и технические средства невзрывного разрушения горных пород растягивающими усилиями // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГТУ, 2000. №10. – С. 70-72.
5. Лебедев Ю.А., Горьков А.К., Макаров А.Б. Добыча гранитных блоков в ЮАР // Горный журнал. 1996. №6. – С. 43-44.
6. Сахно И.Г. Лабораторные исследования особенностей работы невзрывчатых разрушающих веществ при фиксированном сопротивлении их объемному расширению / Проблеми гірського тиску . 2010. - №18. С. 135-149.