

## **УПРАВЛЕНИЕ РАЗРУШЕНИЕМ МАССИВА ПУТЕМ СТАТИЧЕСКО-ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ**

*Предложено при строительстве сопряжений горных выработок применять взрывное и невзрывное разрушение массива. Описаны результаты лабораторных исследований разработанной технологии. Приведены результаты апробации предложенных решений.*

**Ключевые слова:** сопряжение, забой, криволинейно-уступная форма, БВР, невзрывчатое расширяющееся вещество, шпур, разрушение

При строительстве горных выработок в месте их сопряжения пролет увеличивается более чем в два раза [1]. Поэтому особую актуальность приобретает сохранность контурного массива, которая впоследствии повлияет на продолжительность безремонтного поддержания сопряжения [2]. Даже при применении контурного взрывания не удастся избежать распространения трещин от взрывных работ вглубь массива. Эффективно решить эту задачу позволяет применение невзрывчатых расширяющихся веществ (НРВ), при действии которых откол породы происходит строго в сторону открытой поверхности [3]. Контурный массив при этом сохраняет только свою естественную трещиноватость. Их использование предполагает наличие в разрушаемом объекте не менее двух открытых поверхностей. Этому требованию соответствует проходческий забой криволинейно-уступной формы.

Целью работы является сокращение продолжительности строительства сопряжений горных выработок путем разрушения массива управляемым статическо-динамическим нагружением.

### **Лабораторные исследования**

Существенное влияние на продолжительность разрушения массива невзрывчатыми разрушающими веществами оказывает  $k_{зан}$  - коэффициент заполнения шпура. Он характеризует длину, а, следовательно, и массу заливаемого в шпур НРВ. Его значение определяется выражением

$$k_{зан} = \frac{l_{НРВ}}{l_{ш}}$$

где  $l_{НРВ}$  - высота столба НРВ в шпуре, м;  $l_{ш}$  - длина шпура, м.

Эксперименты проводились на цементно-песчаном блоке размером 400x400x250 мм и прочностью 25 МПа. Для установления зависимости продолжительности разрушения в нем было пробурено 6 шпуров Ø20.

Длина каждого шпура – 225 мм, т.е. недобур составил 25 мм (10% высоты блока). Расстояния между соседними шпурами и от шпура до открытой поверхности равнялись 100 мм. В каждый шпур заливалось разное количество НРВ, т.е. коэффициент заполнения был различным (рис.1а).

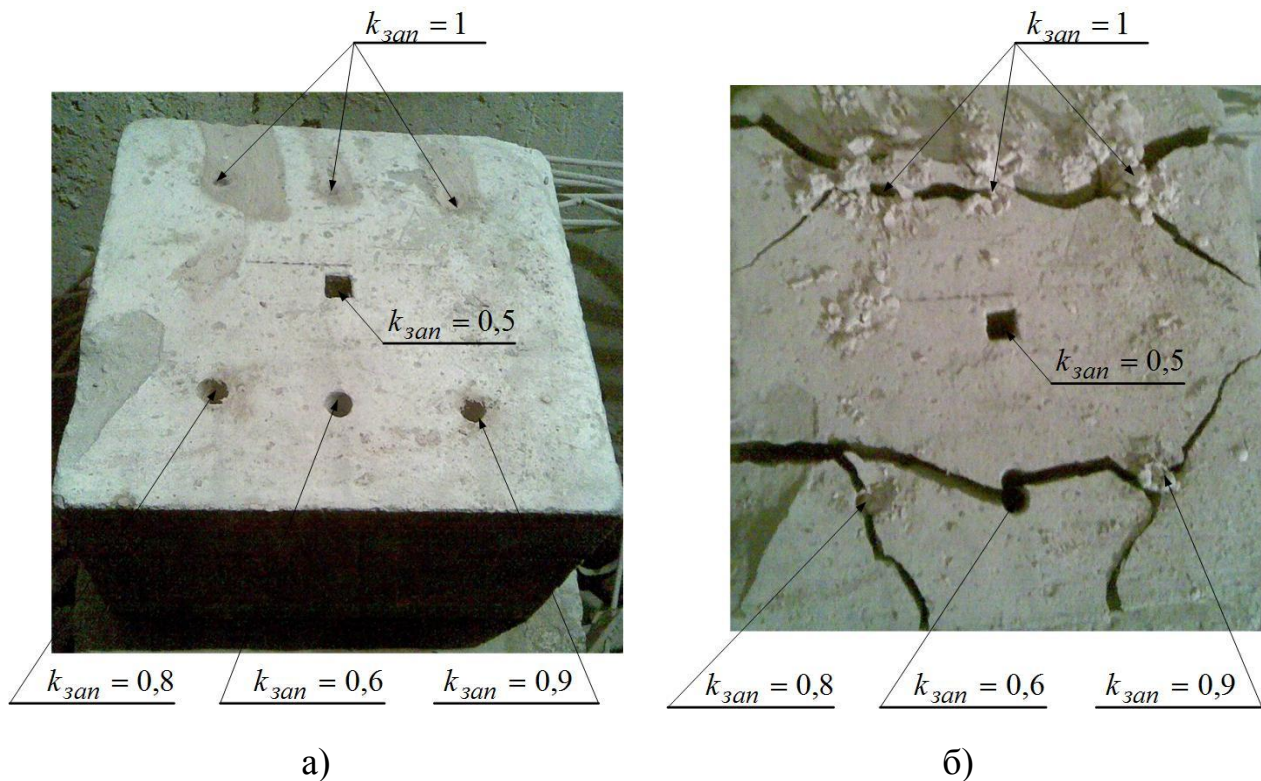


Рис. 1. Вид блока: а) со шпурами с разными коэффициентами заполнения НРВ; б) после разрушения

Учитывая механизм работы НРВ-80, через каждый час при помощи молотка Шмидта измерялись напряжения в блоке (табл.1). Места замеров - на контуре шпура (в 4-х местах), на расстояниях 25 мм и 50 мм от контура.

Таблица 1

**Изменение прочности цементно-песчаной модели на разных расстояниях от шпуров, заполненных НРВ-80**

| Время замера<br>после заливки<br>НРВ-80, ч | Изменение прочности, $\Delta\Pi$ , МПа |                                            |                                         |
|--------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                            | на<br>контуре<br>шпура                 | на расстоянии 25<br>мм от контура<br>шпура | на расстоянии 50 мм от<br>контура шпура |
| 3                                          | 0                                      | 0                                          | 0                                       |
| 4                                          | 1                                      | 0                                          | 0                                       |
| 5                                          | 2                                      | 1                                          | 0                                       |
| 6                                          | 3                                      | 2                                          | 1                                       |
| 7                                          | 3                                      | 3                                          | 2                                       |
| 8                                          | 1                                      | 3                                          | 3                                       |

Результаты экспериментов, полученных для шпуров Ø10, показали, что на контуре шпура прочность повышалась в течение 6-ти часов ( $\Delta P = 3$  МПа). Затем, после появления трещины, прочность снизилась, т.к. при попадании места замера на трещину результат оказывался меньшим первоначального. Аналогичная картина, но сдвигом во времени, соответственно, на 1 и 2 часа наблюдалась при замерах  $\Delta P$  на расстояниях 25 мм и 50 мм от контура шпура.

Вид разрушенного блока при разных значениях  $k_{\text{зап}}$  приведен на рис.1б. Для шпуров верхнего ряда ( $k_{\text{зап}} = 1$ ) откол произошел по линии, соединяющей устья шпуров. От крайних шпуров в сторону открытой поверхности отошло по 2 трещины. Для шпура с  $k_{\text{зап}} = 0,9$  картина откола аналогична описанной выше. При меньших значениях (левый и центральный шпуры нижнего ряда) линия откола проходила по наиболее ослабленной части массива, а не через шпуры. Следовательно, откол являлся менее управляемым. При значении коэффициента заполнения шпура, равном 0,5, разрушение не произошло. Таким образом, высота столба НРВ должна составлять не менее 60% длины шпура. Зависимость продолжительности разрушения модели от  $k_{\text{зап}}$  приведена на рис.2.

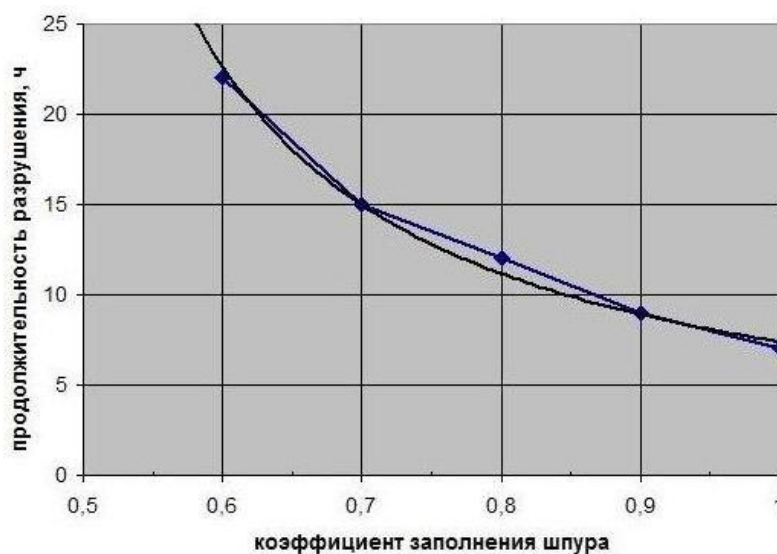


Рис.2. Зависимость продолжительности разрушения модели от  $k_{\text{зап}}$

Полученная по экспериментальным точкам аналитическая зависимость соответствует фактическим данным с коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,99$  и имеет вид  $T_p = 2,48 \cdot (k_{\text{зап}} - 0,5)^{1,33}$ , ч.

Как видно из полученной зависимости, разрушения может превышать 22 часа. Кроме этого, эксперименты показали, что срабатывание НРВ в шпурах происходит разновременно. Разница во времени достигает одного часа.

Для сокращения продолжительности разрушения массива и достижения одновременности срабатывания шпуров, заполненных НРВ, целесообразно

применять комбинацию статического (создаваемого НРВ) и динамического (создаваемого ВВ) нагружений [4].

Динамическое воздействие целесообразно применять через 7-9 часов после заливки НРВ в шпур, когда создаваемая статическая нагрузка составит 60–90% от предела прочности массива. Для этого в шпур с коэффициентом заполнения, равным 0,6, помещали отрезок детонирующего шнура ДШЭ-12, инициируемого электродетонатором ЭДКЗ-0П.

Применение комбинированной технологии обеспечивает сокращение продолжительности разрушения модели в 2,7 раза, а откол породы происходит строго в плоскости шпуров.

### Апробация

Предложенная технология использована при разработке проекта производства работ на строительство сопряжения магистрального откаточного штрека пл.  $k_8$  гор. -570 м с водосборником на ш. «Украина» ГП «Селидовуголь» [5].

Применение при этом криволинейно-уступной формы проходческого забоя сокращает расстояние разлета породы и предохраняет повреждение элементов крепи, затяжки и коммуникаций в сопрягающейся выработке, а использование НРВ оказывает щадящее воздействие на законтурный массив.

Разработанный паспорт БВР предусматривает создание в уступной части проходческого забоя (рис.3) вертикальной врубной полости при взрывании шпуров №1 и №2, заряженных взрывчатым веществом – угленимом-13п (табл.2). В результате образуется третья открытая поверхность.

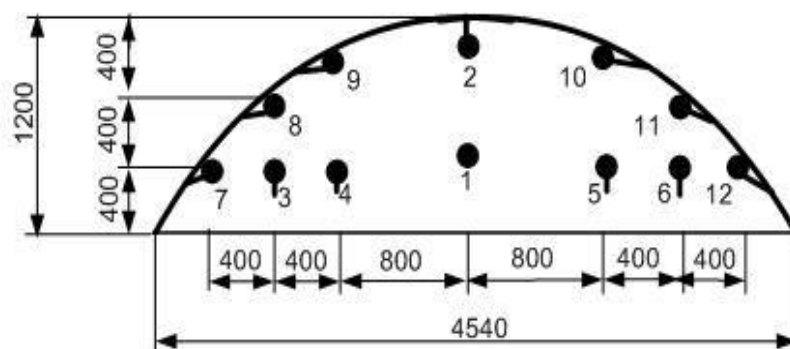


Рис.3. Схема расположения шпуров в уступной части

Шпуры №3-№12 на 60% их длины залиты НРВ-80. Для его фиксации и сохранения свободной части шпура применяют запирающее устройство [6]. Оно представляет собой 4-х лучевую шайбу, изготовленную из цветного металла. Диаметр шайбы на 3-4 мм больше диаметра шпура. Ее торцы, упираясь в стенки шпура, образуют шатрообразную поверхность. При этом оказывается сильное сопротивление выталкивающему действию НРВ-80.

Таблица 2

**Сведения о шпурах и зарядах в уступной части забоя**

| Номера шпуров | Глубина шпуров, м | Угол наклона, град. |                    | Величина заряда           |                         | Длина забойки, м | Тип электродетонатора | Время замедл., мс         |
|---------------|-------------------|---------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|---------------------------|
|               |                   | к верт. плоскости   | к гориз. плоскости | шпура, кг                 | группы шпуров, кг       |                  |                       |                           |
| 1, 2          | 1,8               | 90                  | 85                 | 1,0                       | 2,0                     | 0,90             | ЭДКЗ-0П               | 0                         |
| 3 – 6         | 1,7               | 85                  | 85                 | заливают на 1,02 м НРВ-80 |                         |                  |                       | заливают в первую очередь |
|               |                   |                     |                    | 0,2                       | 0,8                     | 0,50             | ЭДКЗ-3ПМ              | 45                        |
| 7 – 12        | 1,7               | 85                  | 85                 | заливают на 1,02 м НРВ-80 |                         |                  |                       | заливают через 1 ч        |
|               |                   |                     |                    | 0,2                       | 1,2                     | 0,50             | ЭДКЗ-5ПМ              | 80                        |
|               |                   |                     |                    |                           | Σ 4,00 кг - угленит-13п |                  |                       |                           |

Для создания динамической нагрузки в шпурах размещают по одному патрону угленита-13п. Заряжание и взрывание производят через 7-9 часов после заливки НРВ.

Применение при разделке сопряжения криволинейно-уступной формы проходческого забоя обеспечивает компактную укладку основного объема породы на расстоянии 5-6 м от забоя. Это позволяет использовать скреперную установку, что сокращает продолжительность погрузки горной массы на 50-70% по сравнению с применяемой технологией.

**Заключение**

Для улучшения технико-экономических показателей разделки сопряжений горных выработок целесообразно проходческому забою придавать криволинейно-уступную форму. Разрушение уступной части целесообразно производить при помощи комбинированной (взрывной и невзрывной) технологии. Это способствует сохранению законтурного массива, снижает сейсмоэффект, сокращает выделения ядовитых газов, что существенно повышает безопасность работ.

Выполненные исследования позволили установить, что на продолжительность разрушения массива существенное влияние оказывает коэффициент заполнения шпура. При его изменении от 1 до 0,6 время разрушения увеличилось от 7-ми до 22-х часов. Применение комбинированной технологии позволяет сделать процесс разрушения более управляемым и сократить продолжительность в 2,7 раза.

## Библиографический список

1. Шкуматов А.Н, Кендюх С.Н. Совершенствование технологии буровзрывных работ при строительстве сопряжений горных выработок на шахтах Украины // Взрывное дело: Научно-техн. сб. М.: ЗАО «МВК по взрывному делу при АГН», 2009. №102/59. С. 113-120.
2. Данилкин М.С., Кочергин В.И. О влиянии горно-геологических и горно-технических факторов на смещения боковых пород сопряжений горных выработок // Перспективы развития восточного Донбасса: Сб. научн.трудов. Новочеркасск: Шахтинский институт (филиал) ЮРГТУ (НПИ), 2007. Ч. 1. С. 270–273.
3. Найданов К.Ц.-Д. Безопасная технология отбойки камнесамоцветного сырья с использованием порошковых невзрывчатых разрушающих средств (НРС) // Приложение к журналу «Вестник ЧитГУ». Чита: ЧитГУ, 2006. №1. С. 162-168.
4. Кравець В.Г., Калюжна В.В., Толкач О.П., Шенітчак О.В. Комбінований метод утворення моностріщини при відділенні монолітів // Новые технологии подземного строительства и добычи полезных ископаемых: Мат. междунар. научн.-техн. конф. Алчевск: ДонГТУ, 2008. С. 147–151.
5. Шкуматов А.Н., Галоян В.А. Инструкция по совершенствованию технологии строительства сопряжений горных выработок на ш. «Украина» ГП «Селидовуголь». Донецк: ДонНТУ-Селидовуголь, 2009. 44 с.
6. А. с. 1577457 СССР Е21 В 9/00. Шпуровой заряд / А.Г. Гудзь и др. (СССР) – заявл. 02.01.1989; зарегистр. в Гос. реестре изобр. 08.03.1990.

E\_mail: [shan09.d@gmail.com](mailto:shan09.d@gmail.com)

**Shkumatov A.N.**

### **Control of the rockmass destruction by the static-dynamic loading**

*An application of the explosive and unexplosive rockmass destruction for the construction of the mine excavations' connection is proposed. The results of the laboratory researches of the developed technology are described. Industrial approbations on the mines are resulted.*

**Key words:** connection, curve – terrace form, rock, explosive technology, unexplosive expanding mixtures, bore-hole, destruction