

УДК 622.235

**А.В. Дугарцыренов, С.И. Ким, К.И. Должиков,
А.Н. Петров, В.С. Марков**

ВЗРЫВНОЕ РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД РАЗНОПРОЧНЫХ МАССИВОВ

Рассмотрено разрушение разнопрочных массивов с расширением скважин в зонах их пересечения с твердым включением, исключающее появление негабаритных кусков породы в зоне между скважинными зарядами. Предложены соотношения, позволяющие определить необходимый диаметр расширения скважин на участках пересечения с твердым включением.

Ключевые слова: разрушение, разнопрочные массивы, твердые включения, скважинный заряд.

Разрушение горных пород взрывом характеризуется целым рядом специфических особенностей, таких как разнообразие свойств пород, естественная неоднородность среды, различие механических констант породы в статике и динамике, наличие крепких включений. Все это затрудняет создание единой физической модели их взрывного дробления. Ведение взрывных работ в сложноструктурных массивах нередко приводит к образованиям после взрыва негабаритных кусков, которые усложняют работу транспортно-погрузочной системы предприятия, тем самым снижая его производительность [1]

Известно, что при взрывании сложноструктурных массивов в зонах пород с высокой прочностью (твердых пропластках) образуются неразрушенные области, в то время как во вмещающих менее крепких породах эти области практически отсутствуют.

В данной работе предлагается наиболее предпочтительный способ решения этой проблемы, который направлен на обеспечение необходимого качества дробления всех слоев и включений пород, находящихся в массиве, включая наиболее крепкие пропластки.

При взрыве массива с прослойкой более прочной породы скважинными зарядами 1, радиусы r_1 и r_2 зон 2 и 3 регулируемого дробления (ЗРД) соответственно в твердом слое и в массиве оказываются не одинаковыми (рис. 1). Вследствие этого, при массовом взрыве на карьерах в пространстве между скважинами образуются зоны 4 нерегулируемого дробления, в которых наиболее вероятно образование негабаритов [1 – 3].

Для предотвращения образования негабаритов в вышеуказанных зонах в настоящее время применяют следующие способы ведения взрывных работ:

Размещение в скважинах, так называемых комбинированных зарядов, которые состоят из промышленных взрывчатых веществ (ПВВ) различной мощности, например граммонита и гексогена (рис. 2).

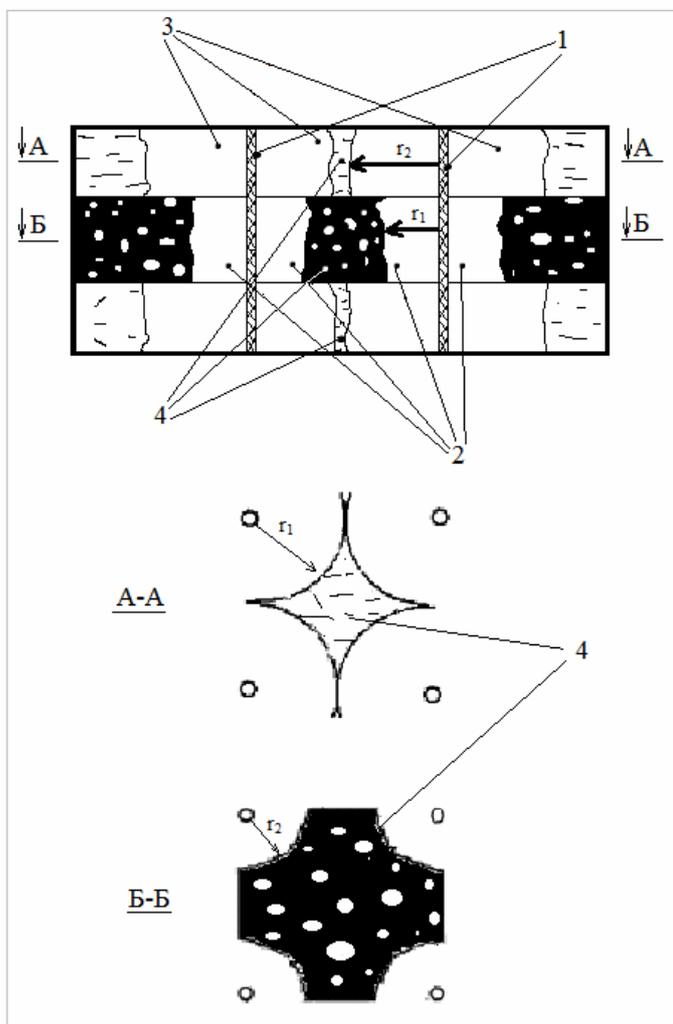


Рис. 1. Характер разрушения массива со слоем твердой породы: заряд ПВВ; 2- ЗРД твердого включения; 3- ЗРД вмещающих пород; 4- зоны нерегулируемого дробления, (А-А – вмещающих пород, Б-Б – твердого включения); r_1 и r_2 радиусы ЗРД вмещающих пород и твердого включения соответственно

сти, особенно при малом объеме потребления более мощных ПВВ, требуемых для дробления твердых включений, что сужает область применения первого способа.

Расстояние между взрывными скважинами выбирают обычно из условия соприкосновения ЗРД при взрывании зарядов ПВВ в этих скважинах. Однако при взрывании разнопрочных массивов горных пород диаметры ЗРД скважинных зарядов, пересекающих твердые включения, в пределах включений оказываются существенно меньше, чем во вмещающих менее крепких породах (рис. 1, сеч.Б-Б). Для дробления неразрушенных зон предложенный способ предусмат-

Увеличение зоны регулируемого дробления заряда путем расширения поперечного сечения скважины в зоне её пересечения с твердым включением породы.

При осуществлении первого способа более мощные ПВВ (в данном случае гексоген) размещают в той части заряда, которая находится непосредственно в области твердого включения. Тем самым комбинированные заряды позволяют увеличить радиусы зон регулируемого дробления в твердых включениях до радиусов зон регулируемого дробления вмещающих пород, что в свою очередь исключает появление негабаритных кусков породы.

Более целесообразным является второй способ, так как возможность его использования не ограничена необходимостью наличия на предприятии нескольких типов ПВВ, которые могут вызвать значительные трудности,

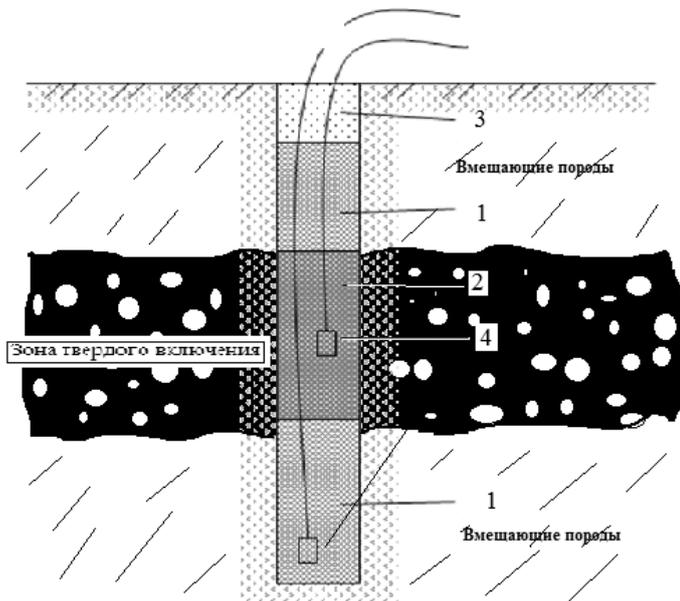


Рис. 2. Конструкция комбинированного заряда: 1 — граммонит М, 2- гексоген, 3- забойка, 4 патрон-боевик

дующей формулой [4]:

$$r = r_0 \sqrt{\frac{\left(\left(\frac{\zeta \cdot P_0}{\sigma_{рас}} \right)^{\frac{1}{\gamma_2}} - 1 + \frac{\sigma_{рас}}{K} \right)}{\frac{\sigma_{рас}}{K} + M + \Pi}}}; \quad (1)$$

где $M = 2 \left(\frac{\sigma(1+\nu)}{E} \right) + \left[\frac{\sigma(1+\nu)}{E} \right]^2$; r_0 — радиус скважины, ζ — параметр адиабаты; P_0 — начальное давление газа; γ_2 — показатель адиабаты; $\sigma_{рас}$ — предел прочности породы на растяжение, K — коэффициент всестороннего сжатия;

Π — пористость породы; E — модуль упругости; ν — коэффициент Пуассона.

При условии обеспечения равенства диаметров ЗРД во вмещающих породах и твердых включениях путем учета совокупности основных свойств вмещающих пород, включений и применяемого ПВВ, выражение (1) позволяет установить необходимый диаметр расширения скважин $d_0^{вкл}$ во включениях:

$$d_0^{вкл} = d_0^{вм} \sqrt{\frac{\left(\left(\frac{\zeta \cdot P_0}{\sigma_{рас}^{вм}} \right)^{\frac{1}{\gamma_2}} - 1 + \frac{\sigma_{рас}^{вм}}{K_{вм}} \right)}{\left(\left(\frac{\zeta \cdot P_0}{\sigma_{рас}^{вкл}} \right)^{\frac{1}{\gamma_2}} - 1 + \frac{\sigma_{рас}^{вкл}}{K_{вм}} \right)} \cdot \frac{\left(\frac{\sigma_{рас}^{вкл}}{K_{вкл}} + M_{вкл} + \Pi_{вкл} \right)}{\left(\frac{\sigma_{рас}^{вм}}{K_{вм}} + M_{вм} + \Pi_{вм} \right)}}}; \quad (2)$$

ривает расширение скважин на участках пересечения ими твердых включений. Это позволяет поместить большее количество ПВВ внутри включений и тем самым увеличить диаметр ЗРД в пределах включений и уменьшить объем указанных центральных неразрушенных взрывом зон.

Согласно теории равновесной взрывной полости, разработанной на кафедре ВД МГУ, радиус r регулируемого дробления для удлиненного заряда определяется сле-

Таблица 1

Породы:	Предел прочности на растяжение $\sigma_{рас}$, Па	Модуль упругости E, Па	Коэффициент Пуассона ν	Коэффициент крепости породы по Протодьяконову f	Коэффициент всестороннего сжатия K, Па	Пористость П, %
Вмещающие породы (глины загипсованные):	$1,5 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^{10}$	0,2	1,5	$0,833 \cdot 10^{10}$	13
Крепкие включения (гравелиты)	$4,5 \cdot 10^6$	$4,0 \cdot 10^{10}$	0,3	4,5	$3,333 \cdot 10^{10}$	11

где d_0^{BM} — диаметр скважины, во вмещающих породах. Индекс «BM» относится к вмещающим породам, а «ВКЛ» к твердым включениям.

Расчеты по определению зон регулируемого дробления были проведены применительно к взрыванию разнопрочных вскрышных пород на карьере, разрабатывающем фосфоритное месторождение (Узбекистан). Породы месторождения сложены супесями и суглинками, галечником и конгломератом, бентонитовыми глинами и глинистым мергелем, требующими взрывного рыхления.

Особое затруднение при разработке месторождения вызывает участки с крепкими включениями конгломератов, гравелитов в известковистом цементе в мягких породах. Физико-механические свойства пород представлены табл. 1.

Для конкретных условий и из опыта работы данного предприятия без учета наличия твердых включений диаметр скважин d_0^{BM} , равный диаметру заряда, составлял 250 мм (станок шарошечного бурения СБШ-250 МН с коронкой диаметром 244 мм).

При расчете радиусов регулируемых дроблений для вмещающих пород и твердых включений с использованием одного типа ПВВ, а именно граммонита-М (скорость детонации $D = 4 \cdot 10^3$ м/с, плотность заряжания $\Delta = 1 \cdot 10^3$ кг/м³), были получены следующие значения радиусов ЗРД: $r_1 = 3,27$ м, $r_2 = 2,28$ м. Очевидно, что радиус ЗРД в твердом включении на 30 % меньше, чем во вмещающих породах. Для увеличения r_2 до значения r_1 по соотношению (2) определен необходимый диаметр для расширяемых участков скважин, в твердых включениях d_0^{VKL} .

$$d_0^{VKL} = 0,25 \cdot 1,43 \approx 350 \text{ мм.}$$

Таким образом, следует, что на участках пересечения пропластка твердых включений скважины должны быть расширены до диаметра 350 мм, что позво-

ляет увеличить ЗРД до величины r_1 . Это гарантирует отсутствие негабаритных кусков породы.

Расширение скважин до полученного значения $d_0^{БКЛ}$ производилось путем их простреливания небольшими зарядами ПВВ на участках их пересечения с твердым включением; причем расширение скважин осуществлялось на полную мощность включения. При этом разрушаемая порода оседала в перебуре скважины.

Проведенный опытно-промышленный взрыв, с применением предложенных параметров БВР для взрывного рыхления вскрыши с разнопрочными слоями пород, позволил исключить появление негабаритов и тем самым получить экономический эффект порядка 700 000 рублей. Помимо этого, применение данного метода привело к повышению производительности экскавации взорванной горной массы с 634,7 м³/час до 806,1 м³/час, т.е., на 27 %.

Данная методика взрывания может быть использована также для сложно-структурных массивов с включениями мерзлых пород, характерных на месторождениях Севера России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белин В.А., Дугарцыренов А.В., Цэдэнбат А. Взрывание неоднородных массивов горных пород с вечномерзлыми линзообразными включениями. Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2007. — № ОВ7. — С. 266 — 272.
2. Цэдэнбат А. Обоснование и разработка способа взрывания твердых вскрышных пород с линзообразными включениями вечной мерзлоты на угольных шахтах. Автореферат дисс. канд. техн. наук. М. МГГУ, 2010, 22 с.23.
3. Белин В.А., Трусков А.А., Батсуурь Л., Гомбосурэн П., Цэдэнбат А. Способ взрывания горных пород с включениями мерзлоты. Патент Российской Федерации на изобретение №2263877. Опубликовано: 10.11.2005 Бюлл. №31.
4. Дугарцыренов А.В. Физическая природа и механизм разрушения горной породы при камуфлетном взрыве. Взрывное дело. Выпуск №106/63. — М.: ЗАО «МВК по взрывному делу при АГН», 2011. — с.112-126. 

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Дугарцыренов Аркадий Владимирович — доцент,
Ким Сергей Игоревич — аспирант,
Должиков Константин Иванович — аспирант,
Московский государственный горный университет, ud@msmu.ru
Петров Андрей Николаевич — зав. кафедрой,
Марков Валерий Степанович — доцент,
Северно-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова.

