

Г.А. АГАРОНЯН

НОВАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРАХ

Практика ведения взрывных работ и анализ литературных данных в области управления энергией взрыва свидетельствуют о том, что существующие рекомендации по определению параметров буровзрывных работ (БВР) базируются на ряде приближенных эмпирических и геометрических зависимостей. В результате параметры БВР рассчитываются приближенными значениями, что отрицательно влияет на эффективность взрывных работ.

Считается общепринятым, что удельный расход взрывчатого вещества (ВВ) является основным технологическим фактором регулирования качества дробления, и независимо от физико-механических свойств взрываемого массива, увеличение удельного расхода ВВ приводит к улучшению степени дробления породы. Однако регулирование качества дробления в трещиноватых породах с изменением величины удельного расхода ВВ весьма ограничено.

Анализ существующих методик показал, что расчеты параметров БВР основаны на определении удельного расхода ВВ без учета трещиноватости и акустической жесткости взрываемого массива, что не позволяет получить взорванную массу требуемой кусковатости, поскольку трещиноватость, слоистость и акустическая жесткость взрываемого массива являются основными носителями энергии взрыва.

В статье предложена новая методика расчета параметров буровзрывных работ, учитывающая структурные особенности, прочностные характеристики и геомеханические свойства взрываемого массива, что позволяет в конкретных условиях разрабатываемого карьера иметь развал взорванной массы требуемой кусковатости.

Ключевые слова: трещиноватость, акустическая жесткость, взорванная масса, буровзрывные работы.

Введение. Качество дробления и компактность развала взорванной массы при массовом взрыве на карьерах определяют эффективность взрывных работ и зависят от целого ряда факторов природного и технологического характера.

Основным технологическим фактором при расчете параметров БВР считается удельный расход ВВ. В практике треста Союзвзрывпрома [1] расчеты параметров БВР основаны на определении удельного расхода ВВ в зависимости от крепости пород. В этом случае удельный расход ВВ выбирается по прочности породы без учета трещиноватости массива. Существует мнение

[1], что удельный расход ВВ является основным носителем энергии взрыва, и за счет изменения удельного расхода ВВ можно получить взорванную массу требуемой кусковатости. При взрывании в монолитных средах это положение считается приемлемым. В трещиноватых средах степень дробления зависит от интенсивности трещиноватости массива и резко снижается с ее увеличением. Следует отметить, что при взрывании в трещиноватых породах определение величины удельного расхода ВВ без учета структурных особенностей и геомеханических факторов взрываемого массива не может служить основанием для выбора оптимальных параметров взрывания.

Ряд авторов [2-4] в результате теоретических исследований предлагают расчетные формулы для определения удельного расхода ВВ в зависимости от трещиноватости (блочности) взрываемого массива. Однако предложенные зависимости при применении на производстве, в основном, сопровождаются значительными расхождениями. Это объясняется тем, что в расчетных формулах структурные и технологические факторы представлены эмпирическими коэффициентами, имеющими широкий диапазон изменения. Их уточнение для конкретных горногеологических условий требует проведения опытных взрывов.

Анализ литературных данных в области управления энергией взрыва свидетельствует о том, что существующие рекомендации по определению параметров буровзрывных работ базируются на ряде приближенных эмпирических и геометрических зависимостей. В результате параметры БВР рассчитываются приближенными значениями, что отрицательно влияет на эффективность взрывных работ.

Исходя из вышеизложенного, разработка новой методики расчета параметров БВР, учитывающей структурные особенности, прочностные характеристики и геомеханические свойства взрываемого массива, является актуальной задачей.

Постановка задачи и обоснование методики. Анализ ведения взрывных работ на карьерах показывает, что в монолитных породах на качество дробления взорванной массы влияют параметры БВР. Следует отметить, что с изменением параметров БВР можно получить взорванную массу требуемой кусковатости.

При взрывании в трещиноватых массивах путем изменения параметров БВР, без учета трещиноватости и геомеханических свойств взрываемого массива, невозможно улучшить качество дробления. В этом случае целесообразно осуществлять изменение распределения энергии взрыва в разрушаемом массиве за счет изменения параметров расположения зарядов ВВ. Параметры расположения зарядов ВВ в разрушаемом массиве зависят от диаметра скважинного

заряда ВВ, бризантности применяемых ВВ (скорость детонации ВВ), структурной особенности (трещиноватость, слоистость, анизотропность, неоднородность), прочностных и геомеханических свойств взрываемого массива (предела прочности пород, акустической жесткости массива, упругости пород, скорости волны напряжений в породе и т.д.). При выборе типа и диаметра заряда ВВ необходимо учитывать соответственно скорость детонации ВВ ($D_{ВВ}$) и скорость продольных волн ($V_{пр}$) в массиве.

Диаметр скважинного заряда ВВ зависит от интенсивности трещиноватости, характера прочности и мощности взрываемого массива. Распределение зарядов ВВ в массиве при взрывании блока уступов на карьере характеризуется величиной сопротивления по подошве уступа (W), длиной забойки ($l_{заб}$) и параметрами ($a \times b$) сетки скважин (рис.1). Для определения оптимальных параметров взрывания необходимо решить следующие задачи:

1. Определить оптимальный диаметр скважинных зарядов ВВ в зависимости от трещиноватости (блочности) массива и крепости пород при различной высоте уступа.

2. Выбрать тип применяемых ВВ с учетом акустической жесткости взрываемого массива ($\gamma_n V_{пр}$) и импеданса ВВ ($\rho_{ВВ} D_{ВВ}$).

3. Определить параметры сетки скважин, сопротивление по подошве уступа и оптимальные длины забойки в зависимости от диаметра скважин, типа ВВ, геомеханических параметров взрываемого массива и прочности пород.

На основе результатов производственных взрывов на карьерах Армении и анализа исследований в области управления энергией взрыва в трещиноватых массивах разработан способ определения оптимальной величины диаметра заряда ВВ в зависимости от высоты уступа с учетом трещиноватости массива и крепости пород (табл.1).

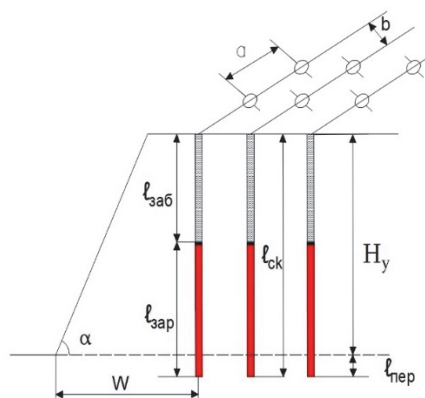


Рис.1. Схема размещения скважинных зарядов на уступе

Таблица 1

Выбор диаметра скважин в зависимости от трещиноватости взрываемого массива и крепости пород при различной высоте уступа

Степень трещиноватости (блочности) массива	Высота уступа H_y , м				Крепость породы по М.М. Протодьяконову, f
	5...10	10...15	15...20	>20	
Диаметр скважин, мм					
Чрезвычайно трещиноватый (мелкоблочный)	150...200	200...250	250...300	300...350	2...6
	140...190	190...240	240...290	290...340	6...10
	30...180	180...230	230...280	280...330	10...14
	110...160	160...210	210...260	260...310	> 14
Сильнотрещиноватый (среднеблочный)	140...180	180...210	210...250	250...290	2...6
	130...170	170...200	200...240	240...280	6...10
	120...160	160...190	190...220	220...260	10...14
	110...140	140...170	170...200	200...230	> 14
Среднетрещиноватый (крупноблочный)	130...170	170...200	200...240	240...280	2...6
	120...160	160...190	190...220	220...260	6...10
	110...150	150...180	180...210	210...240	10...14
	90...130	130...160	160...190	190...220	> 14
Мелкотрещиноватый (весьма крупноблочный)	110...150	150...180	180...210	210...250	2...6
	100...130	130...160	160...190	190...220	6...10
	90...120	120...150	150...180	180...210	10...14
	80...110	110...130	130...160	160...190	> 14
Практически монолитный (исключительно крупноблочный)	140...180	180...220	220...270	270...320	2...6
	120...160	160...200	200...250	250...300	6...10
	100...150	150...180	180...230	230...280	10...14
	90...130	130...170	170...200	200...240	> 14

В табл. 2 приведены области применения ВВ. Критерием выбора ВВ в соответствии с акустической жесткостью взрываемой среды ($\gamma_n V_{np}$) служит импеданс ВВ (табл.3), который определяется произведением плотности ($\rho_{ВВ}$) на скорость детонации ВВ ($D_{ВВ}$). Для передачи максимального количества энергии взрыва разрушаемой среды необходимо выполнение условия

$$0,5 \leq m = \frac{\rho_{ВВ} D_{ВВ}}{\sqrt{A} \gamma_n V_{np}} \leq 1,5, \quad (1)$$

где $\rho_{ВВ}$ – плотность ВВ, $кг/м^3$; $D_{ВВ}$ – скорость детонации ВВ, $м/с$; V_{np} – скорость продольных волн в породе, $м/с$; γ_n – плотность породы, $кг/м^3$; A – акустический показатель трещиноватости массива (табл. 2).

Таблица 2

Область применения ВВ по акустической жесткости взрываемого массива

Тип	Плотность породы, $\gamma \cdot 10^3$, $кг/м^3$	Предел прочности пород на одноосное сжатие, $\sigma_{сж}$, МПа	Скорость продольных волн в породе, $V_{пр}$, $10^3 м/с$	Предел прочности пород на одноосное растяжение, $\sigma_{рас}$, МПа	Акустическая жесткость взрываемого массива, $10^9 кг/м^2с$	Коэффициент Пуассона, μ	Крепость породы по М.М. Протодаконову, f
Сибирит, Грануло- тол, Акватол 65/35, Детонит 10А, Эмулит БЭТ 500, Эмулсоит	2,65...3,0	>100	5,0...6,0	9,5...20,5	8,3...11,35	0,15...0,25	> 14
Граммонит 79/21, Аммонит 6 ЖВ, Сибирит, Армекс, Гранулотол, Эмулит БЭТ 500	2,55...2,85	50...100	4,0...5,0	5,5...15,5	6,3...8,8	0,2...0,3	10...14
Граммонит 79/21, Аммонит 6 ЖВ, Гранулотол, Анфо, Гранулит АС-8, Игданит	2,35...2,65	<50	2,5...3,5	3,5...10,5	3,6...5,7	0,25...0,30	6...10
Граммонит 79/21, Аммонит 6 ЖВ, Гранулит АС-8, Игданит, Анфо	2,0...2,3	< 20	1,8...2,5	0,8...2,0	2,6...3,6	0,3...0,35	2...6

Таблица 3

Техническая характеристика применяемых ВВ

Тип	Скорость детонации, $D_{вв}$, $м/с$	Плотность, ρ , $кг/м^3$	Импеданс, $\rho \cdot V_{пр}$, $10^6 кг/м^2с$	Начальное давление газообразных продуктов, P_0 , Па
Граммонит 79/21	3700	900	3,3	1540,1
Гранулотол	5000	1000	5,0	3125,0
Армекс	4800	1200	5,76	3456,0
Аммонит 6 ЖВ	4200	900	3,8	2646,0
Игданит	2200	900	1,98	544,5
Анфо	3600	820	2,95	1328,4
Эмулсоит	4500	1300	5,85	3290,6
Акватол 65/35	5000	1400	7,0	4375,3
Гранулит АС-8	3200	900	2,88	1152,0
Эмулит БЭТ 500	4600	1350	6,21	3570,8
Детонит 10А	5300	1520	8,0	5337,1
Сибирит	4800	1250	6,0	3600

Параметры сетки скважинных зарядов определяются согласно [5]:

$$a = b = 2d_{ск} \sqrt{\frac{\rho_0}{k_m \sigma_{рас}}}, м, \quad (2)$$

$$P_o = \frac{1}{8} \rho_{BB} D_{BB}^2, \text{Па}, \quad (3)$$

$$k_m = 1 + (2\gamma_{из} P_o) \frac{1 + \mu}{E}, \quad (4)$$

$$E = \frac{v_{np}^2}{1 - \mu} (1 - 2\mu)(1 + \mu)\gamma_n, \text{Па}, \quad (5)$$

где $d_{ск}$ – диаметр скважины, мм; a – расстояние между скважинами в ряду, м; b – расстояние между рядами скважин, м; P_0 – начальное давление газообразных продуктов взрыва на стенке зарядной полости; $\sigma_{рас}$ – предел прочности пород на одноосное растяжение, Па; $\gamma_{из}$ – коэффициент изоэнтропы, $\gamma_{из} = 3$; E – модуль Юнга; μ – коэффициент Пуассона.

На основе аналитических расчетов [6] и результатов опытно-промышленных взрывов предложена формула для определения длины забойки при уступной отбойке:

$$l_{заб} = \frac{K_3 d_{ск} H_y}{a \sqrt[3]{f}} \sqrt{\frac{\rho_{BB} D_{BB}}{2\sigma_{рас}}}, \quad (6)$$

где K_3 – коэффициент, зависящий от фракции (φ) забоечного материала ($\varphi = 0 \dots 5$ мм, $K_3 = 1,0$; $\varphi = 5 \dots 10$ мм, $K_3 = 1,05$; $\varphi = 10 \dots 20$ мм, $K_3 = 1,1$); H_y – высота уступа, м; f – коэффициент крепости пород по М.М. Протодеяконову (табл. 4).

Таблица 4

Акустический показатель трещиноватости в зависимости от степени трещиноватости массива

Категория трещиноватости	Степень трещиноватости (блочности) массива	Среднее расстояние между естественными трещинами, м	Акустический показатель трещиноватости, А	Коэффициент, зависящий от фракции (φ) забоечного материала, K_3
I	Чрезвычайно трещиноватый (мелкоблочный)	до 0.1	0.1	1.15
II	Сильнотрещиноватый (среднеблочный)	0.1...0.5	0.1...0.25	1.1
III	Среднетрещиноватый (крупноблочный)	0.5...1.0	0.25...0.4	1.0
IV	Мелкотрещиноватый (весьма крупноблочный)	1.0...1.5	0.4...0.6	0.9
V	Практически монолитный (исключительно крупноблочный)	>1.5	0.6...1	0.85

Длина заряда ВВ определяется в виде

$$l_{\text{зар}} = l_{\text{ск}} - l_{\text{заб}}, \text{ м}, \quad (7)$$

где $l_{\text{ск}}$ - длина скважины, м:

$$l_{\text{ск}} = H_y + l_{\text{пер}}, \text{ м}; \quad (8)$$

$l_{\text{пер}}$ – длина перебура:

$$l_{\text{пер}} = \sqrt{H_y^2 + w^2} - H_y, \text{ м}; \quad (9)$$

w – сопротивление по подошве уступа:

$$w = 53 K_T d_{\text{ск}} \sqrt{\frac{\rho_{\text{ВВ}}}{\gamma_{\text{п}}}}, \text{ м}. \quad (10)$$

Количество заряда ВВ в скважине определяется в виде

$$Q = 0.785 l_{\text{зар}} d_{\text{ск}}^2 \rho_{\text{ВВ}}, \text{ кг}. \quad (11)$$

Характерными признаками при выборе схем короткозамедленного взрывания (КЗВ) являются последовательность взрывания отдельных зарядов ВВ и интервал замедления.

Интервал замедления при КЗВ определяется согласно [7]:

$$\tau_3 = \frac{a^2 \gamma_n}{2,5 d_{\text{ск}} \rho_{\text{ВВ}} D_{\text{ВВ}}}. \quad (12)$$

Результаты исследования. Предложенная методика расчета параметров БВР использована на Арамусском базальтовом карьере. Разработка производилась уступами высотой 12 м. Согласно табл. 2 и 3, в качестве ВВ применялся Анфо. В табл. 5 приведены исходные природные показатели взрывающего участка карьера. Взрывающиеся блоки обустраивались по прямоугольной сетке. Расположение скважин применялось многорядное.

В зависимости от структурных особенностей, геомеханических параметров, прочностных характеристик, высоты взрывающего уступа и типа ВВ, рассчитаны параметры БВР. Последовательность расчета параметров взрывания приведена в табл. 6. Учитывая блочность и размеры взрывающего блока, была принята схема многорядного короткозамедленного взрывания с клиновым врубом (рис. 2).

Таблица 5

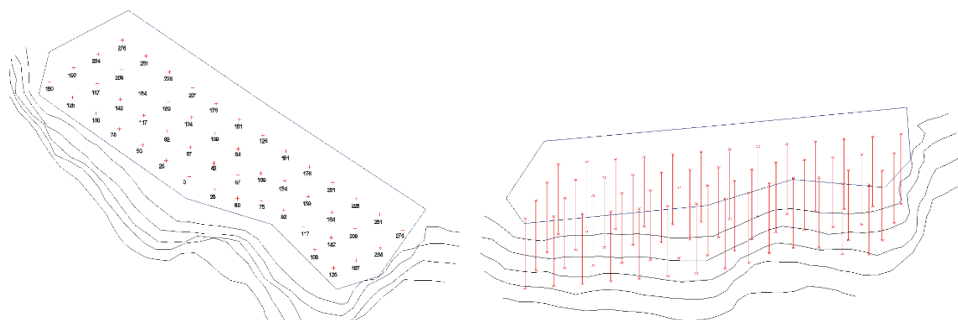
Исходные показатели взрываеваемого блок-уступа Арамусского карьера

Степень трещиноватости (блочности) массива	Среднетрещиноватые породы
Коэффициент крепости пород по М.М. Протодяконову	$f = 10$
Высота уступа	$H_y = 12 \text{ м}$
Акустический показатель трещиноватости массива	$A = 0,25$
Плотность породы, кг/м^3	$\gamma_n = 2650 \text{ кг/м}^3$
Скорость продольных волн в породе	$v_n = 3700 \text{ м/с}$
Акустическая жесткость взрываеваемой среды	$\sqrt{A}(\gamma_n \times v_n) = 4,9 \cdot 10^6 \text{ кг/м}^2 \text{ с}$
Коэффициент, учитывающий трещиноватость массива	$K_t = 1$
Предел прочности пород на одноосное сжатие	$\sigma_{сж} = 40 \text{ МПа}$
Предел прочности пород на одноосное растяжение	$\sigma_{рас} = 5,5 \text{ МПа}$
Коэффициент Пуассона	$\mu = 0,27$
Коэффициент изоэнтропы	$\gamma_{из} = 3,0$
Модуль Юнга	$E = \frac{\gamma_n^2}{1-\mu}(1-2\mu)(1+\mu)\gamma_n = 2,9 \cdot 10^{10} \text{ МПа}$

Таблица 6

Расчет параметров БВ

Выбор параметров БВР	
1. Выбор диаметра скважин Среднетрешиноватые породы: $f = 10$, $H_y = 12$ м, $K_T = 1$. Согласно таблице 1, диаметр скважины был принят 180 мм.	
2. Выбор типа ВВ $\gamma_n = 2650$ кг/м³, $v_n = 3700$ м/с, $\sqrt{A(\gamma_n \cdot v_n)} = 4,9 \cdot 10^6$ кг/м²с. Согласно таблицам 2 и 3, в качестве ВВ была принята Анфо. $D_{ВВ} = 3600$ м/с, $\rho_{ВВ} = 820$ кг/м³, $P_0 = 328,4$ МПа, $\rho_{ВВ} D_{ВВ} = 2,95 \cdot 10^6$ кг/м²с, $m = \frac{\rho_{ВВ} D_{ВВ}}{\sqrt{A \gamma_n \cdot v_{пр}}} = \frac{2,95}{4,9} = 0,6.$	
Расчетные показатели параметров БВР	
3. Определение сопротивления по подошве уступа: $w = 53 K_T d_{ск} \sqrt{\frac{\rho_{ВВ}}{\gamma_n}} = 53 \times 1 \times 0,18 \sqrt{\frac{820}{2650}} = 5,2 \text{ м.}$	4. Определение сетки взрывааемых скважин $\sigma_{рас} = 5,5$ МПа; $\gamma_{из} = 3,0$, $k_m = 1 + (2 \gamma_{из} P_0) \frac{1 + \mu}{E} = 1,35,$ $E = 2,9 \times 10^{10}$ Па, $\mu = 0,27$, $a = b = 2 d_{ск} \sqrt{\frac{\rho_0}{k_m \sigma_{рас}}},$ $a = b = 2 \times 0,18 \sqrt{\frac{1328,4}{1,35 \times 5,5}} = 4,8 \text{ м.}$
5. Определение длины перебура: $l_{пер} = \sqrt{H_y^2 + w^2}; l_{пер} = 1,0 \text{ м.}$	
6. Определение длины скважин: $l_{ск} = H_y + l_{пер} = 12,0 + 1,0 = 13,0 \text{ м.}$	
7. Определение длины забойки: $l_{заб} = \frac{K_3 d_{ск} H_y}{a \sqrt[3]{f}} \sqrt{\frac{\rho_{ВВ} D_{ВВ}}{2 \sigma_{рас}}} = \frac{1,0 \times 0,18 \times 12,0}{4,8 \times 2} \sqrt{\frac{820 \times 3600^2}{2 \times 5,5 \times 10^6}} = 3,6 \text{ м.}$	8. Определение длины заряда ВВ: $l_{зар} = l_{ск} - l_{заб} = 9,4 \text{ м.}$
	9. Определение количества ВВ в скважине: $Q = 0,785 l_{зар} d_{ск}^2 \rho_{ВВ} = 196 \text{ кг.}$
10. Определение интервала замедления при КЗВ: $\tau_3 = \frac{a^2 \gamma_n}{2,5 d_{ск} \rho_{ВВ} D_{ВВ}} = \frac{4,8^2 \times 2650}{2,5 \times 0,18 \times 3600 \times 820} = 46 \text{ мс.}$	11. Определение удельного расхода ВВ: $Q = \frac{Q_{ср}}{a w H_y} = \frac{196}{4,8 \times 5,2 \times 12} = 0,65 \text{ кг/м}^3.$



*Рис.2. Схема взрывания и размещения скважинных зарядов в блоке;
0, 25, 42...109...234, 251, 276 - интервал замедления (между скважинами - 25 мс,
между рядами скважин - 42 мс)*

Проведенные производственные взрывы на Арамусском базальтовом карьере показали, что применение рекомендованных параметров БВР позволяет сократить выход негабарита на 12...14%, а также значительно уменьшить разлет кусков взорванной массы.

Выводы

1. При взрывании в трещиноватых средах всегда наблюдается зона, в которой порода не подвергается дроблению взрывом. Основным технологическим подходом для сокращения зоны, не подвергающейся дроблению, является изменение параметров размещения зарядов ВВ в массиве.
2. Важными технологическими факторами при расчете параметров размещения зарядов ВВ считаются диаметр заряда и мощность ВВ.
3. Диаметр заряда ВВ необходимо выбирать с учетом трещиноватости массива и крепости пород.
4. При выборе типа ВВ необходимо учитывать соответственно акустическую жесткость взрывааемого массива и импеданс ВВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технические правила ведения взрывных работ на дневной поверхности. – М.: Недра, 1972. - 240 с.
2. Справочник взрывника/ Б.Н. Кутузов, В.М. Скоробогатов, И.Е. Ерофеев и др.; Под общ. ред. Б.Н. Кутузова. – М.: Недра, 1988. – 511 с.
3. Кутузов Б.Н., Рубцов В.К. Физика взрывного разрушения горных пород. – М.: МГИ, 1970. - 182 с.
4. Кузнецов В.М. Математические модели взрывного дела. - Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1977. - 259 с.
5. Крюков Г.М., Докутович М.И., Жаровонко С.Н. Степень дробления и выхода негабарита при взрывном рыхлении горных пород на карьерах // ГИАБ. - 2011. - N5. - С. 347-351.

6. **Aharonyan G.A., Aharonyan A.G.** The optimal of the sealing material as the main index of regulating the massive explosion activities // Proceedings of National Polytechnic University of Armenia. - Yerevan, 2020. - №2. – P. 92-103.
7. **Тюпин В.Н.** Взрывные и геомеханические процессы в трещиноватых напряженных горных массивах. – Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2017. – 192 с.

Национальный политехнический университет Армении. Материал поступил в редакцию 25.01.2022.

Գ.Ա. ԱՀԱՐՈՆՅԱՆ

ԲԱՑԱՀԱՆՔԵՐՈՒՄ ՀՈՐԱՏԱՊԱՅԹԵՑՄԱՆ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿՄԱՆ ՆՈՐ ՄԵԹՈԴԻԿԱ

Պայթեցման աշխատանքների իրականացման պրակտիկան և գրականության տվյալների վերլուծությունը պայթեցման էներգիայի կարգավորման ոլորտում վկայում են, որ հորատապայթեցման պարամետրերի հաշվարկման ներկայիս գործող առաջարկները հիմնված են մի շարք մոտավոր էմպիրիկ և երկրաչափական օրինաչափությունների վրա: Արդյունքում՝ պայթեցման պարամետրերը ներկայացվում են մոտավոր արժեքներով, որը բացասաբար է ազդում պայթեցման արդյունավետության վրա:

Ընդունված է, որ պայթուցիկ նյութի (ՊՆ) տեսակարար ծախսը ապարի մանրացման որակի կարգավորման հիմնական տեխնոլոգիական գործոնն է, և անկախ պայթեցվող զանգվածի ֆիզիկամեխանիկական հատկություններից՝ ՊՆ-ի տեսակարար ծախսի մեծացումը հանգեցնում է ապարի մանրացվածության աստիճանի լավացմանը: Սակայն ճեղքավորված ապարներում մանրացվածության որակի կարգավորումը՝ ՊՆ-ի տեսակարար ծախսի մեծության փոփոխմամբ, շատ սահմանափակ է:

Հորատապայթեցման պարամետրերի որոշման գործող մեթոդների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ հորատապայթեցման պարամետրերի հաշվարկը հիմնված է ՊՆ-ի տեսակարար ծախսի որոշման վրա՝ առանց հաշվի առնելու պայթեցվող զանգվածի ճեղքավորվածությունը, ակուստիկական կոշտությունը, որը թույլ չի տալիս ստանալ պահանջվող մանրացվածությամբ պայթեցված զանգված, քանի որ պայթեցվող միջավայրի ճեղքավորվածությունը, շերտայնությունը և ակուստիկ կոշտությունը համարվում են պայթեցման էներգիայի հիմնական կրողները:

Առաջարկվել է պայթեցվող միջավայրի կառուցվածքային առանձնահատկությունները, երկրամեխանիկական հատկությունները, ապարի ամրության բնութագրերը հաշվի առնող հորատապայթեցման աշխատանքների պարամետրերի հաշվարկման նոր մեթոդիկա, որը թույլ է տալիս մշակվող բացահանքի կոնկրետ պայմանների դեպքում ունենալ պայթեցված զանգվածի փվածք՝ անհրաժեշտ մանրացվածությամբ:

Առանցքային բառեր. ճեղքավորվածություն, ակուստիկական կոշտություն, պայթեցված զանգված, հորատապայթեցման աշխատանքներ:

G.A. AHARONYAN

**A NEW METHOD FOR CALCULATING THE PARAMETERS OF DRILLING
AND BLASTING OPERATIONS AT OPEN PITS**

The practice of conducting blasting operations and the analysis of literature data in the field of explosion energy management indicates that the existing recommendations for determining the parameters of drilling and blasting operations (BVR) are based on a number of approximate empirical and geometric dependencies. As a result, the BVR parameters are calculated with approximate values, which negatively affects the efficiency of blasting operations.

It is generally accepted that the specific consumption of explosives is the main technological factor in regulating the quality of crushing and, regardless of the physical and mechanical properties of the exploding array, an increase in the specific consumption of explosives leads to an improvement of the degree of rock crushing. However, the regulation of the quality of crushing in fractured rocks with a change in the specific flow rate of explosives is very limited.

The analysis of the existing methods has shown that the calculations of the parameters of the BVR are based on the determination of the specific consumption of explosives without taking into account the fracturing and acoustic stiffness of the exploding array, which does not allow to obtain the exploded mass of the required lumpiness, since fracturing, layering and acoustic stiffness of the exploding array are the main carriers of the explosion energy.

The article proposes a new method for calculating the parameters of drilling and blasting operations, taking into account the structural features, strength characteristics and geo-mechanical properties of the exploding array, which allows, in the specific conditions of the open pit being developed, to have a collapse of the exploded mass of the required lumpiness.

Keywords: fracturing, acoustic stiffness, blasted mass, drilling and blasting operations.