

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕТКИ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ  
НА ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ НИМИ  
ПРИ ПОРЯДНО-ДИАГОНАЛЬНЫХ СХЕМАХ ВЗРЫВАНИЯ**

**В. Д. Воробьев, О. Я. Твердая**

Национальный технический университет Украины «КПИ»

ул. Борщаговская, 115, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: tverdaya@ukr.net

**И. В. Косьмин**

ЧАО «Экспериментально-промышленная технология взрывных работ»

ул. Салютная, 13, г. Киев, 044111, Украина. E-mail: mamabarabu@ukr.net

Приведены варианты сетки скважинных зарядов, взрывааемых с помощью диагональных схем. Показано влияние геометрии и размеров сеток скважин на изменение относительного расстояния для случая соединения сформированных в скважинах зарядов по короткой и длинной диагоналям в рядах общей схемы взрыва. Для рассмотренных случаев указаны критерии оценки качества подготовки горной массы на нерудных карьерах.

**Ключевые слова:** взрыв, скважина, относительное расстояние, схема взрывания, качество дробления пород.

**ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ МЕРЕЖІ СВЕРДЛОВИНИХ ЗАРЯДІВ  
НА ВІДНОСНІ ВІДСТАНІ МІЖ НИМИ ПРИ ПОРЯДНО-  
ДІАГОНАЛЬНИХ СХЕМАХ ПІДРИВАННЯ**

**В. Д. Воробйов, О. Я. Тверда**

Національний технічний університет України «КПІ»

вул. Борщагівська, 115, м. Київ, 03056, Україна. E-mail: tverdaya@ukr.net

**І. В. Косьмін**

ПАТ «Експериментально-промислова технологія вибухових робіт»

вул. Салютна, 13, м. Київ, 044111, Україна. E-mail: mamabarabu@ukr.net

Наведені варіанти мережі свердловинних зарядів, що підриваються за допомогою діагональних схем. Показано вплив геометрії та розмірів мереж свердловин на зміну відносної відстані для випадку з'єднання сформованих у свердловинах зарядів по короткій та довгій діагоналях у рядах загальної схеми вибуху. Для розглянутих випадків вказані критерії оцінки якості підготовки гірської маси на нерудних кар'єрах.

**Ключові слова:** вибух, свердловина, відносна відстань, схема підривання, якість подрібнення порід.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Одним из основных направлений повышения качества подготовки горной массы на карьерах является научно-обоснованное применение схем многорядного короткозамедленного взрывания (КЗВ). Каждый из известных вариантов таких схем имеет свою конструкцию и определяет эффективность распределения энергии взрыва по горному массиву в процессе его

разрушения [1]. С помощью схем КЗВ представляется возможным изменять относительное расстояние (коэффициент сближения) между зарядами  $m$  и линию наименьшего сопротивления  $W$ . При этом максимальный эффект дробления пород, при оптимальных других параметрах, достигается тогда, когда наибольшее число зарядов в схеме КЗВ обеспечивает плоский фронт волнового поля, параллельный преобладающей системе трещин. Этому условию в большей степени удовлетворяют рядно-диагональные схемы взрывания, которые в последние годы получили широкое распространение на карьерах и применяются для взрывания пород различной крепости и блочности при большой протяженности разрушаемых блоков пород на уступах карьера [2].

Эффективность использования диагональных схем КЗВ заключается не только в возможности регулирования ориентировки фронта волнового поля при взрыве зарядов, но и уменьшения величины  $W$  и увеличения относительного расстояния между зарядами  $m$ . Однако по вопросу выбора рациональной величины  $m$  до настоящего времени существуют противоречивые мнения:  $m=0,7-1,2$ ;  $1-1,4$ ;  $m=2$  (Рыковский Б.В., 1975; Сенук В.М., 1983) и даже  $m=8$  (Суханов А.Ф., Кутузов Б.Н., 1983). При этом в схеме КЗВ с наибольшим значением  $m$  каждый заряд работает как одиночный [3].

Следует отметить, что коммутация взрывной сети с применением детонирующего шнура (ДШ) или волновода может осуществляться по короткой или длинной диагоналям по рядам зарядов [4]. Это обуславливает и различные значения  $a$  и  $W$ , изменяя тем самым ориентировку фронта волнового поля (рис. 1).

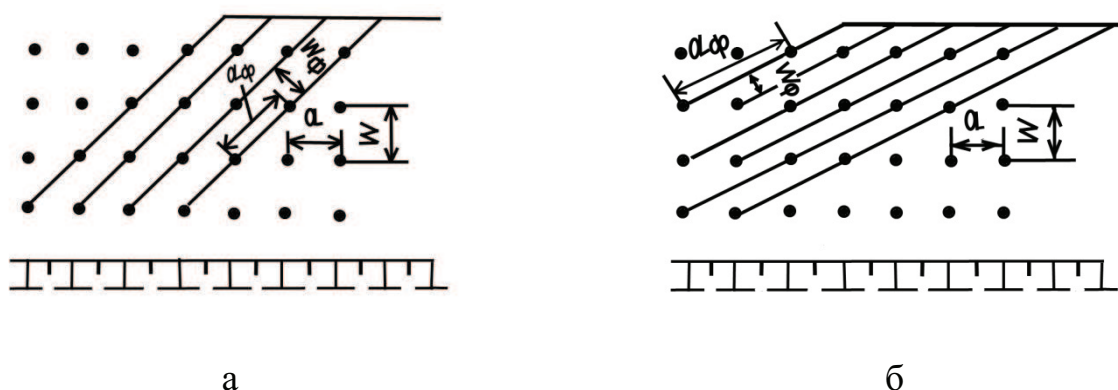


Рисунок 1 – Схема расположения зарядов в схеме взрывания по короткой (а) и длинной (б) диагоналям

На рис 1. приняты следующие обозначения:  $a$  – расстояние между зарядами в ряду при обурировании блока ( $a=b=W$ , квадратная сетка скважин);  $b$  – расстояние между рядами скважин. Индексом « $ф$ » обозначено фактическое значение параметра по схеме взрывания. Так, по результатам бурения скважин по квадратной сетке и с короткой диагональю соединения зарядов в рядах (рис. 1,а)  $m=a/W=1$ , а фактически –  $m_{ф}=a_{ф}/W_{ф}=2$ . В случае применения длинной диагонали (рис. 1,б)  $m=a/W=1$ ,  $m_{ф}=a_{ф}/W_{ф}=4,5$ .

Цель работы – определение значений  $m$  при использовании сетки скважин различной геометрии и с различными расстояниями между ними для схем взрывания с короткой и длинной диагоналями соединения зарядов по рядам.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Для количественной оценки изменения  $m$  и других геометрических показателей ( $a$ ,  $b$ ,  $\alpha$  – угол между диагоналями и линией обнаженной поверхности уступа) рассмотрено 13 вариантов порядно-диагональных схем взрывания с коммутацией рядов зарядов по короткой и длинной диагоналям (рис. 2) [5].

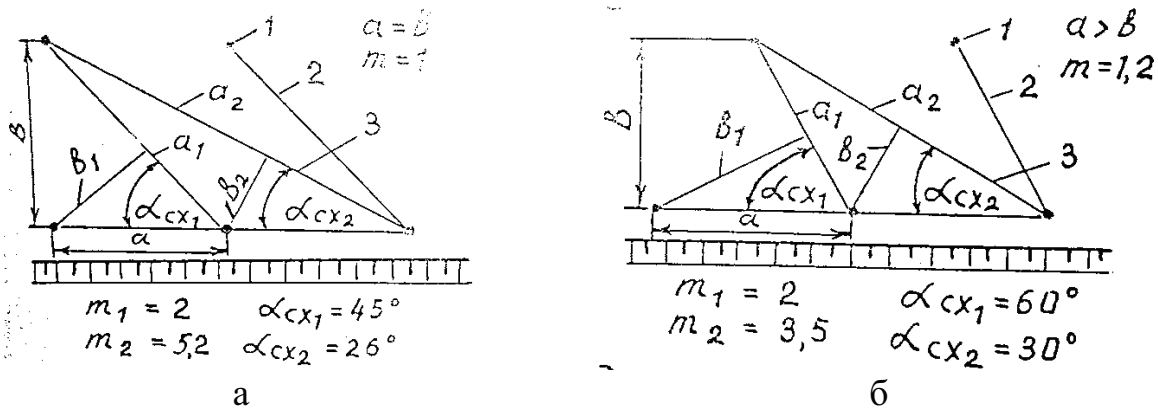


Рисунок 2 – Характерные схемы расположения зарядов по квадратной (а) и шахматной (б) сеткам скважин: 1 – заряд ВВ; 2 – короткая диагональ (индекс 1); 3 – длинная диагональ (индекс 2)

В зависимости от диаметра заряда расстояние между ними изменялось: для  $a$  – от 3 до 9 м, для  $b$  – от 3 до 8 м в соответствии с другими параметрами (табл. 1).

Из анализа табл. 1 видно, что в схемах взрывания с короткой диагональю при различных размерах сетки скважин величина  $m_1$  изменяется в пределах 0,9...2, а с длинной диагональю – в пределах 2,7...6,1. При этом величина  $\alpha_1$  находится в пределах 36...76°, а  $\alpha_2$  – в пределах 20...45°. С увеличением  $\alpha$  относительно откоса уступа уменьшается ширина развала горной массы в 2,5 раза и увеличивается его высота при одновременном повышении равномерности дробления горных пород с уменьшением выхода негабаритных кусков.

По результатам более 200 массовых взрывов, выполненных по порядно-диагональным схемам, при разработке Селещанского месторождения гранитов (Ровенская обл.) карьерами № 1 и № 2 установлены зависимости выхода негабарита  $n_n$  от среднего диаметра куса горной массы  $d_{cp}$  и времени замедления между зарядами  $t_3$  [5]. При этом зависимости  $n_n=f(d_{cp})$  для карьеров №1 и №2 аппроксимируются, соответственно, формулами:  $n_n=d_{cp}/101$  и  $n_n=d_{cp}/80$  (рис. 3).

Производство массовых взрывов осуществлялось при  $t_3$ , равном 35 и 50 мс. Установлено, что при  $t_3=35$  мс по сравнению с  $t_3=50$  мс наблюдается снижение выхода негабарита и среднего диаметра куса, соответственно, в 1,1 и 1,3 раза.

Таблиця 1 – Расчетные значения параметров при порядно-диагональных схемах взрывания зарядов

№ варианта сетки скважин	При взрывании зарядов по порядно-диагональным схемам										
	При обурировании взаимного блока пород	$a$	$b$	$m$	$a_1$	$b_1$	$m_1$	$a_2$	$b_2$	$m_2$	$\alpha_{ex1}$
1	3...8	3...8	1	4,2...11,3	2,1...5,7	2	6,7...18,2	1,9...3,5	5,2	45	26
2	3...8	4...9	0,8...0,9	5...12,3	2,4...5,9	2	7,2...16,4	1,6...3,9	4,5...4,7	53...48	33...29
3	4...9	3...8	1,3...1,1	5...12	2,4...6	2	8,5...19,7	4,2...3,7	6,1...5,3	36...42	20-24
4	3...8	2,5...6,9	1,2	3...8	2,6...6,9	1,2	5,2...13,9	1,5...4	3,5	60	30
5	3...8	3...8	1	3,4...8,9	2,7...7,2	1,3	5,4...14,4	1,7...4,4	3,2	63	33
6	3...8	4...9	0,8...0,9	4,3...9,9	2,8...7,5	1,5...1,3	6...15,5	2,1...5,6	2,9...2,8	70	41
7	4...9	3...8	1,3...1,1	3,6...9,2	3,2...7,2	1,1...1,3	6,7...15,7	1,6...3,6	4,2...4,4	55	24
8	3...8	3...8	1	3,6...9,6	2,4...6,4	1,5	5,8...15,5	1,5...4	3,9	55	31
9	3...8	4...9	0,8...0,9	4,5...10,5	2,7...7,2	1,7...1,5	6,4...16,1	1,9...4,5	3,4...3,6	64...60	39...34
10	4...9	3...8	1,3...1,1	4...10	3...7,1	1,3...1,4	7,3...17	1,6...4,2	4,7...4	48...53	24...28
11	3...8	3...8	1	3,2...8,4	2,9...7,6	1,1	5...13,4	1,8...4,8	1,1	71	37
12	3...8	4...9	0,8...0,9	8,4...9,4	2,9...7,7	1,2	5,7...14	2,1...5,1	1,4...1,2	76...73	45...40
13	4...9	3...8	1,3...1,1	3,3...8,5	3,7...8,4	0,9...1	6,1...14,4	2...4,9	0,9...1	66...69	29...34

Примечания: 1 – квадратная ( $a=b$ ); 2 – прямоугольная поперечная ( $a<b$ ); 3 – прямоугольная продольная ( $a>b$ ); 4 – треугольная равносторонняя ( $a>b$ ); 5 – треугольная равнобедренная ( $a=b$ ); 6 – то же ( $a<b$ ); 7 – то же ( $a>b$ ); 8 – смещенная на  $1/3a$  к правому флангу ( $a=b$ ); 9 – то же ( $a<b$ ); 10 – то же ( $a>b$ ); 11 – смещенная на  $1/3a$  к левому флангу ( $a=b$ ); 12 – то же ( $a<b$ ); 13 – то же ( $a>b$ )

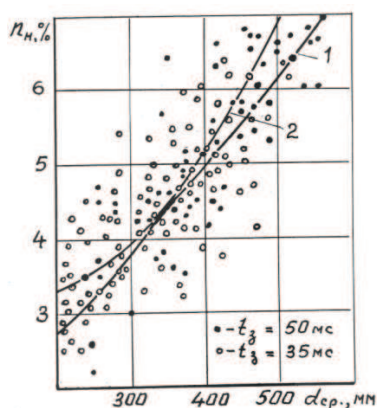


Рисунок 3 – Зависимость выхода негабарита от диаметра среднего куса горной массы при взрывах на карьере № 1 (1) и № 2 (2)

Изменение критериев оценки качества массовых взрывов скважинных зарядов на указанных карьерах в более широком диапазоне  $t_3$  показано на рис. 4, а их численные значения приведены в табл. 2.

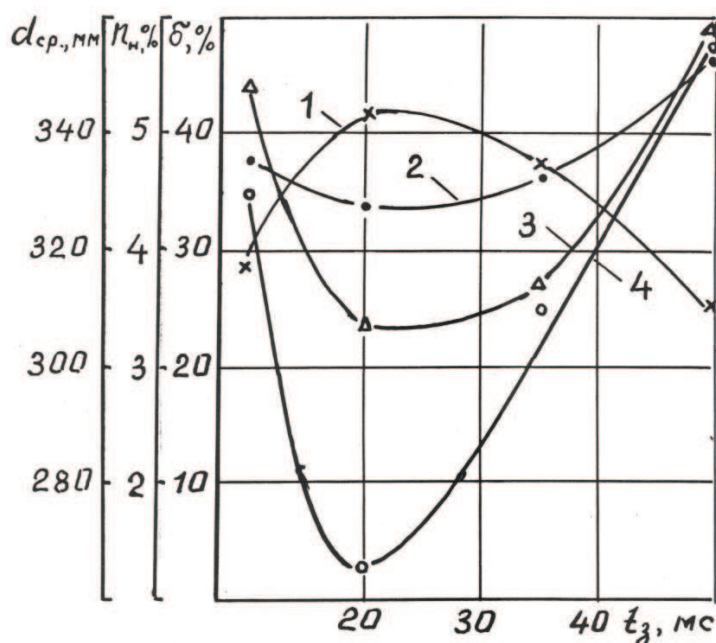


Рисунок 4 – Зависимости изменения критериев оценки качества горной массы от времени замедления: 1 – фракция горной массы 0–200 мм; 2 – выход негабарита; 3 – фракция размером +500 мм; 4 – средний диаметр куса

Зависимости, приведенные на рис. 4, в порядке их нумерации, аппроксимируются следующими формулами:

$$\delta_{-200} = 42 - (0,165t_3 - 4)^2;$$

$$n_n = 4,3 + (0,045t_3 - 1)^2;$$

$$\delta_{+500} = 23 + (0,2t_3 - 5)^2;$$

$$d_{cp} = 265 + (0,115t_3 - 22).$$

Таблица 2 – Показатели качества взорванной горной массы по фракциям

Показатели	Время замедления, мс			
	10	20	35	50
Выход фракции 0–200 мм, %	29	41,6	37,4	24,7
То же, +500 мм, %	49,2	23,4	36,7	59
То же, >800 мм, %	4,8	4,4	4,6	5,4



### ВЫВОДЫ.

1. Применение порядно-диагональных схем взрывания на карьерах обеспечивает оптимальное направление отбойки зарядов за счет формирования их по короткой и длинной диагоналям в общей схеме на взрываеваемой блоке пород.

2. Дана количественная оценка относительного расстояния между зарядами для различных сеток их расположения и конструкций диагональных схем.

3. Приведены показатели оценки качества горной массы в зависимости от среднего диаметра куска и времени замедления при взрывах по порядно-диагональным схемам соединения зарядов на уступах карьера.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости и целесообразности проектирования параметров массовых взрывов под схемы КЗВ с учетом взаимосвязи показателей свойств, строения горного массива и параметров взрывных работ. Это может способствовать снижению энергетических потерь на дробление горных пород и повышению качества горной массы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Схемы взрывания на карьерах и качество дробления горной массы / И.В. Клевцов, П.И. Федоренко. – К.: Техніка, 1981. – 104 с.

2. Методы и средства взрывной отбойки руды / Э.О. Миндели, В.А. Салганик, Г.А. Воротеяк и др. – М.: Недра, 1977. – 312 с.

3. Разрушение горных пород взрывом / А.Ф. Суханов, Б.Н. Кутузов. – М.: Недра, 1983. – 344 с.

4. Підривні роботи на кар'єрах / В.Г. Кравець, В.Д. Воробйов, А.О. Кузьменко – К.: ІСДО, 1994. – 376 с.

5. Воробьев В.Д. Методы дробления анизотропных пород на основе регулирования параметров импульса взрыва комбинированных зарядов (на примере карьеров нерудной промышленности): автореф. дисс. ....докт. техн. наук: 05.15.11 «Физические процессы горного производства» / В.Д. Воробьев; ИГМ НАН Украины. – К., 1995. – 34 с.

### INFLUENCE OF WELL SPACING CHARGE PARAMETERS ON THE RELATIVE DISTANCE BETWEEN THEM IN DIAGONAL BLASTING CIRCUIT

**V. Vorobiov, O. Tverda**

National Technical University of Ukraine "KPI"

vul. Borshchagivska, 115, Kyiv, 03056, Ukraine. E-mail: tverdaya@ukr.net

**I. Kosmin**

PSC «Experimental technology of explosive works»

vul. Saliutna, 13, Kyiv, 03056, Ukraine. E-mail: mamabarabu@ukr.net

The variants of the hole charges grid, exploding by diagonal schemes, are given. The influence of the geometry and size of hole grids to changing the relative distance in the case of charge compounds formed on short and long diagonals in the ranks of the general scheme of the explosion is shown. For the examined cases the criteria for assessing the quality of rock mass on aggregates quarries are given.

**Key words:** explosion, well, relative distance, blasting scheme, quality of rock crushing.

REFERENCES

1. Klevtsov, I.V., Fedorenko, P.I. (1981), *Shemi vzrivaniya na karierah i kachestvo drobleniya gornoj masi* [Blasting scheme in quarries and crushing quality of rock mass ], Tekhnika, Kyiv, Russian.
2. Mindeli, E.O., and Salganik, V.A., and Voroteliak G.A. etc. (1977), *Metodi i sredstva vzrivnoy otboyki rudi* [Methods and means of ore blasting], Nedra, Moscow, Russian.
3. Sukhanov, A.F., and Kutuzov, B.N. (1983), *Razrushenie gornih porod vzrivim* [Destruction of rocks by explosion], Nedra, Moscow, Russian.
4. Kravets, V.G., and Vorobiov, V.D., and Kuzmenko, A.O. (1994), *Pidrivni roboti na karierah* [Blasting in quarries], ISDO, Kyiv, Russian.
5. Vorobiov V.D. Methods of rocks crushing by control of anisotropic pulse explosion parameters of combined charges (for quarries of notminerals industry): avtoref. dis. Doctor of tech. sciences: spec. 05.15.11 «Physical processes of mining» / V.D. Vorobiov; IGM NAS of Ukraine. – K., 1995. – 34 p.

Стаття надійшла 18.10.2013.

УДК 622.1/.2

**КЛАСИФІКАЦІЯ КОМБІНОВАНИХ СПОСОБІВ РУЙНУВАННЯ  
ГІРСЬКИХ ПОРІД ГРАФАМИ**

**О. М. Терентьев, И. М. Стрельцова**

Національний технічний університет України «КПІ»

вул. Борщагівська, 115, м. Київ, 03056, Україна.

E-mail: Oltr\_1@ukr.net, inna\_hnipel@ukr.net

Представлений аналіз способів руйнування гірських порід, виділені їх переваги та недоліки. Сформовано класифікаційні десятивершинні графи. Кожна з вершин відповідає виділеному способу навантаження: ударний, обертовий, гідравлічний безперервний, гідравлічний імпульсний, електричний, термічний, ультразвуковий, надвисокочастотний, хімічний, вибуховий.

**Ключові слова:** порода, спосіб, руйнування, граф, класифікація.

**КЛАССИФИКАЦИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СПОСОБОВ  
РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ГРАФАМИ**

**А. М. Терентьев, И. М. Стрельцова**

Национальный технический университет Украины «КПИ»

ул. Борщаговская, 115, г. Киев, 03056, Украина.

E-mail: Oltr\_1@ukr.net, inna\_hnipel@ukr.net

В статье представлен анализ способов разрушения горных пород, выделены их преимущества и недостатки. В результате, сформированы классификационные десятивершинные графы. Каждая из вершин соответствует выделенному способу нагружения: ударный, вращательный, гидравлический непрерывный, гидравлический импульсный, электрический, термический, ультразвуковой, сверхвысокочастотный, химический, взрывной.

**Ключевые слова:** порода, способ, разрушение, граф, классификация.