

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДРОБЛЕНИЯ ТРЕЩИНОВАТЫХ
СКАЛЬНЫХ ПОРОД ЗА СЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО НАПРАВЛЕНИЯ
ОТБОЙКИ СКВАЖИННЫМИ ЗАРЯДАМИ**

О. Я. Твердая, В. Д. Воробьев

Национальный технический университет Украины «КПИ»

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

E-mail: tverdaya@ukr.net

Изложены результаты исследований по определению оптимального направления отбойки скважинными зарядами трещиноватых скальных пород на карьерах. Показано, что чем больше площадь грани отдельности, тем ее сопротивляемость нагрузке будет меньше. Установлена зависимость удельного расхода взрывчатых веществ от диаметра естественной отдельности и коэффициента трещиноватости. Предложен подход дифференцированного выбора направления отбойки и параметров взрывных работ с учетом трещиноватости горного массива.

Ключевые слова: взрыв, взрывчатое вещество, заряд, оптимальное направление, отбойка, уступ, карьер.

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДРОБЛЕННЯ ТРІЩИНУВАТИХ
СКЕЛЬНИХ ПОРІД ЗА РАХУНОК ОПТИМАЛЬНОГО НАПРЯМКУ
ВІДБІЙКИ СВЕРДЛОВИННИМИ ЗАРЯДАМИ**

О. Я. Тверда, В. Д. Воробйов

Національний технічний університет України «КПІ»

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

E-mail: tverdaya@ukr.net

Викладено результати досліджень з визначення оптимального напрямку відбійки свердловинними зарядами тріщинуватих скельних порід на кар'єрах. Показано, що чим більша площа грані окремоті, тим її опірність навантаженню буде менша. Встановлено залежність питомої витрати вибухової речовини від діаметра природної окремоті і коефіцієнта тріщинуватості. Запропоновано підхід диференційованого вибору напрямку відбійки і параметрів підривних робіт з урахуванням тріщинуватості гірського масиву.

Ключові слова: вибух, вибухова речовина, заряд, оптимальний напрямок, відбійка, уступ, кар'єр.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Разрушению трещиноватых массивов скальных пород энергией взрыва, обуславливающих их различную блочность, посвящено большое количество исследований и публикаций. При этом рассмотрены различные взгляды относительно физической сущности процесса взрыва в горных породах, которые базируются на представлениях об учете различных влияющих факторов и, тем самым, свидетельствуют об отсутствии единого мнения по данному направлению.

Действие взрыва в трещиноватых массивах горных пород отличается принципиальными особенностями, оказывающими влияние на изменение сопротивляемо-

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

сти разрушению. Поэтому при взрывных работах интенсивность разрушения определяется не столько прочностными свойствами породного массива, сколько степенью его трещиноватости, формируемой естественными отдельностями различных геометрических форм и размеров. По сравнению с разрушением монолитных горных массивов наличие трещиноватости уменьшает объем зоны дробления и увеличивает параметры зоны развала взорванной горной массы [1].

При проектировании параметров короткозамедленного взрывания (КЗВ) на карьерах трещиноватость горных массивов рекомендуют оценивать и учитывать с помощью различных показателей: удельной частоты трещин, удельной трещиноватости, показателем трещиноватости, коэффициентом частоты трещин, коэффициентом трещиноватости. Последний показатель получил наибольшее применение в практике. По результатам исследований установлены функциональные зависимости изменения некоторых параметров и показателей качества взрывов от величины коэффициента трещиноватости (K_m) с обоснованной реализацией их в практике.

Следует отметить, что кроме оптимизированных параметров массового взрыва, в том числе с учетом K_m , эффективным методом управления его энергией является использование ориентировки направления фронта отбойки (α_ϕ , градус) зарядами при КЗВ относительно азимута простирания (α_m , градус) преобладающих систем трещин горного массива. Известные рекомендации по этому методу не имеют достаточного обоснования и не дают количественной оценки изменения величины K_m в зависимости от α_ϕ и линии откоса уступа (α_y , градус), не показывают влияние ее на результаты взрыва. Это является одной из причин отсутствия единых и эффективных методов расчета параметров взрывных работ и технологических решений по управлению качеством дробления пород.

В работе [1] показано, что от степени трещиноватости горного массива зависит регулируемость качества дробления пород, характеризующая ее кусковатостью. С увеличением трещиноватости кусковатость снижается.

Рубцов В.К. (1965 г.) отмечает, что с увеличением трещиноватости массива труднее раздробить содержащиеся в нем крупные естественные отдельности и тем меньше их выход при взрыве. Поэтому одним из основных условий является определение содержания естественных отдельностей (N , %) в разрушаемом горном массиве, т.е. установление зависимости $N=f(d_{e.o})$, где $d_{e.o}$ – средний диаметр отдельности (м). Интенсивность трещиноватости изменяется как по фронту добычных работ, так и по глубине разработки, чередуясь зонами с различными размерами $d_{e.o}$ (рис. 1). При этом основной объем трудновзрываемых зон массива характеризуется размерами $d_{e.o}$ от 1,5 до 2,5 м и более [2]. Зависимость $N=f(d_{e.o})$ для крупноблочных известняков и гранитов приведена на рис. 2, из анализа которого видно, что с увеличением $d_{e.o}$ крупноблочного массива величина N возрастает.

Проведенными ранее исследованиями [3–6] установлено, что на интенсивность дробления трещиноватых горных массивов, кроме других факторов, значительное влияние оказывает направление фронта отбойки относительно расположения трещин.



а)



б)

Рисунок 1 – Характерное строение добычного уступа на гранитном карьере «Селище-2», гор. +157 м; S и Q – плоскости систем трещин (одно деление мерной рейки 10 см): а – общий вид; б – выделенный участок уступа

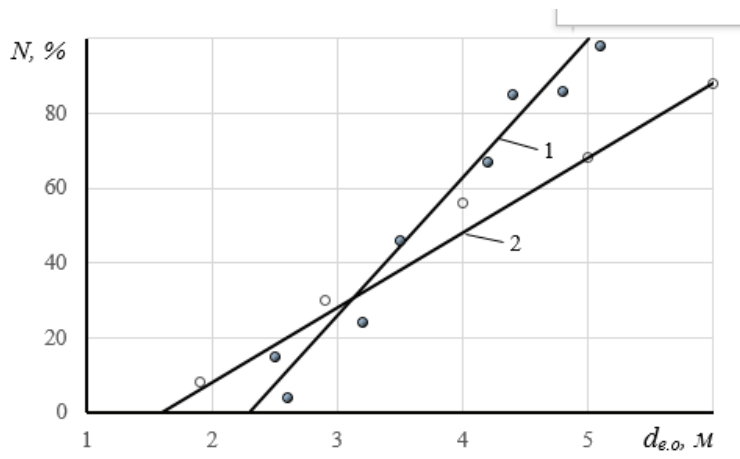


Рисунок 2 – График изменения гранулометрического состава крупноблочных гранитов [2] и известняков (по В.К. Рубцову):
1 – граниты; 2 – известняки

Показано [3], что при расположении трещин в модели под углом от 0 до 30° интенсивность дробления снижается, от 45 до 90° – повышается. Наиболее высокая интенсивность дробления достигается при угле в 90° между трещиной и свободной поверхностью модели. На основе теоретических расчетов показано [4], что ориентировка линии забоя добычного уступа должна совпадать с основной системой трещин, т.е. быть параллельной ей, а направление фронта отбойки – перпендикулярным ей. При разрушении мелкоблочных массивов ориентировка фронта отбойки равнозначна в любых направлениях относительно систем трещин. По результатам экспериментальных промышленных взрывов [5] показано, что повышение качества дробления пород достигается при отбойке вкрест простирания слоев, не оговаривая величины угла ориентировки к трещинам массива.

По результатам обобщения данных промышленных взрывов на карьерах [2, 6] показано, что влияние направления отбойки на качество дробления трещиноватых массивов взрывом подтверждается и результатами определения выхода мелких фракций ($B, \%$) горной массы (рис. 3).

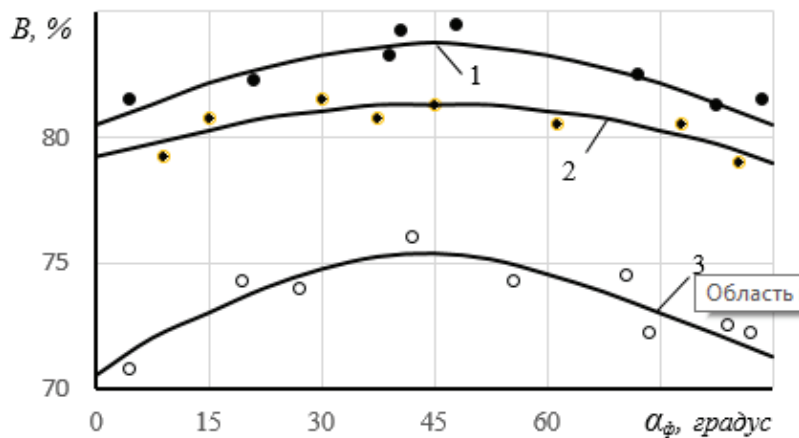


Рисунок 3 – Графік залежності виходу мелких фракцій горної маси від напрямлення отбойки порід: 1 – середневзриваемых; 2 – трудновзриваемых; 3 – весьма трудновзриваемых

Из анализа рис. 3 видно, что максимальная величина B наблюдается при ориентировке направления отбойки под углом в пределах $35-50^\circ$ (при коэффициенте сближения зарядов $m=1$). В работе [7] показано, что наилучшее дробление пород достигнуто при диагональной схеме взрывания с ориентировкой направления отбойки к слоистости под углами встречи фронта волн напряжений $80-90^\circ$, а при углах $40-50^\circ$ качество дробления пород ухудшается почти вдвое.

Исходя из выполненного краткого анализа в области совершенствования параметров взрывных работ видно, что в последние годы прослеживается тенденция учета направления отбойки при КЗВ зарядов в неоднородных трещиноватых массивах горных пород. К настоящему времени разработаны программы и методики расчета параметров взрывной отбойки с помощью компьютерного обеспечения. Однако использование полученных рекомендаций по оптимальному направлению отбойки пород не обеспечивает в достаточной степени необходимой многовариантности расчетов и возможности варьирования результатами промышленных взрывов. В частности, отсутствует оценка изменчивости строения массива по величине K_m в зависимости от ориентировки фронта отбойки зарядами ВВ по отношению к основным трещинам систем S и Q горного массива. Это вносит определенные отклонения от рациональных значений при выборе энергетического параметра – удельного расхода ВВ (q) и геометрических параметров – размеров сетки скважин (a, b) и линии наименьшего сопротивления (w).

Цель работы – обоснование эффективности учета оптимального направления отбойки при КЗВ зарядов в трещиноватых массивах скальных пород на карьерах.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. При проектировании параметров взрывных работ используют классификации по трещиноватости и блочности, предложенные рядом авторов для конкретных горнотехнологических условий [4, 8–10]. В основном эти классификации базируются на данных временной классификации Межведомственной комиссии по взрывному делу [9]. Применительно к структуре этих классификаций разработаны также классификации по категориям взрываемости пород, дополненные показателями физико-механических свойств и параметрами взрывных работ [11–14].

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

В табл. 1 приведенные обобщенные данные по трем классификациям [4, 9, 13]. Две из них [9, 13] содержат пять категорий, а одна [4] – четыре категории по трещиноватости (блочности). Предлагаемая классификация дополнена показателями $\overline{d_{e.o}}$ и K_m , исходя из пределов изменения по каждой категории. Величина $K_m=1/\overline{d_{e.o}}$ [4]. В двух классификациях [4, 9] отсутствует расчетный удельный расход ВВ (q_p).

Таблица 1 – Обобщенная сравнительная классификация по трещиноватости, блочности и взрываемости с дополнениями показателей структурного строения массивов горных пород

Категория трещиноватости	Для всех типов горных пород [9]					Железистые кварциты [13]		
	Степень трещиноватости (блочности)	$d_{e.o}$, м	$\overline{d_{e.o}}$, м	$\overline{K_m}$ [4]	q_p , кг/м ³	Категория взрываемости	$d_{e.o}$, м	$\overline{d_{e.o}}$, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	Чрезвычайно трещиноватые (мелкоблочные), МБ	До 0,1	0,05	20	До 20	II – легко взрываемые, ЛВ	0,1-0,25	0,18
II	Сильнотрещиноватые (среднеблочные), СБ	0,1-0,5	0,30	3,3	20,1-40	III – средне взрываемые, СВ	0,25-0,50	0,38
III	Среднетрещиноватые (крупноблочные), КБ	0,5-1,0	0,75	1,33	40,1-60	IV – трудно взрываемые, ТВ	0,50-1,0	0,75
IV	Малотрещиноватые (весьма крупноблочные), ВКБ	1,0-1,5	1,25	0,8	60,1-80	V – весьма трудно взрываемые, ВТВ	1,0-1,5	1,25
V	Практически монолитные (исключительно крупноблочные), ИКБ	>1,5	2,0*	0,5	80,1-100	VI – в высшей степени трудно взрываемые, ВСТВ	>1,5	2,0*

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

Продолжение таблицы 1

Категория трещиноватости	Граниты [4]						
	$\overline{K_m}$ [4]	q , кг/м ³	Категория трещиноватости (взрываемости)	L , м	$\overline{d_{e.o}}$, м	K_m	$\overline{K_m}$
I	10	11	12	13	14	15	16
I	5,56	1,0	–	–	–	–	–
II	2,63	1,15	I – сильно-трещиноватые (ЛВ)	До 0,5	0,4	2 и более	2,5
III	1,33	1,22	II – средне-трещиноватые (СВ)	0,5-1,0	0,75	1-2	1,3
IV	0,8	1,34	III – слабо-трещиноватые (ТВ)	1,0-2,5	2,0	1-0,4	0,5
V	0,5	1,5	IV – не-трещиноватые (СВ)	2,5 и более	2,5 и более	До 0,4	0,4

Примечания: 1) q_0 – эталонный расход ВВ; L – расстояние между трещинами;
 2) в колонках 4, 5, 9, 14, 16 приведены расчетные средние значения показателей;
 3) звездочкой в колонках 4 и 9 показатели приняты условно.

В данных классификациях наблюдается отсутствие совпадения некоторых категорий по трещиноватости, блочности и взрываемости, в том числе и оценка пород по величине K_m . Только по III и IV категориям при $d_{e.o}=0,5-1,0$ м и $1,0-1,5$ м данные практически совпадают. Зависимость $K_m=f(\overline{d_{e.o}})$ имеет криволинейный характер изменения (рис. 4). С увеличением $\overline{d_{e.o}}$ значения K_m уменьшаются. В общем случае, с увеличением $\overline{d_{e.o}}$ средне- и крупноблочных пород в пределах $0,5-3,0$ м, K_m изменяется от 3,3 до 0,5. Несоответствие данных в классификациях по некоторым категориям трещиноватости и блочности связано с различными типами пород и методами изучения их структурных элементов.

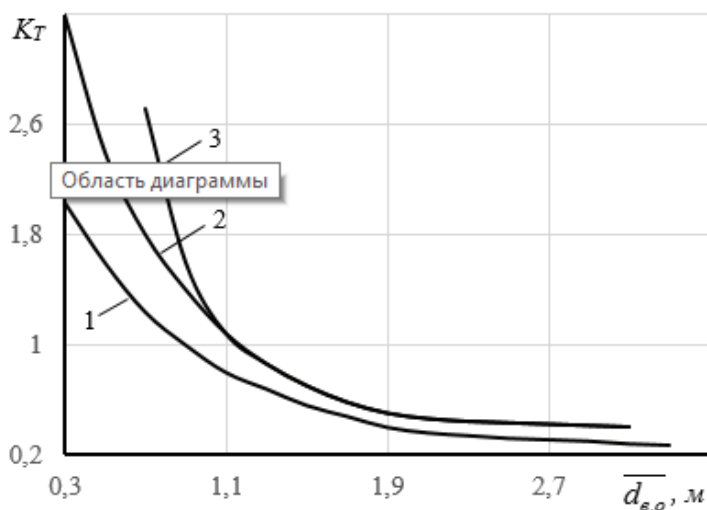


Рисунок 4 – Графическая зависимость изменения K_m от $\overline{d_{e.o}}$ в классификациях:
 1 – по [4]; 2 – по [9];
 3 – по [13]

Результаты выполненных исследований свидетельствуют о положительной роли учета трещиноватости и блочности пород при проектировании и выполнении

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

массовых взрывов в скальных породах. При этом широкое распространение на карьерах схем соединения зарядов при многорядном КЗВ позволяет варьировать параметрами взрыва с достижением требуемого качества дробления горной массы.

В качестве примера на рис. 5 показано влияние $\overline{d_{e.o}}$, характеризующее блочность и трещиноватость горного массива, на величину радиуса зоны дробления R_d (зависимость 1) и удельный расход ВВ – q (зависимость 3). При этом $R_d = f(\overline{d_{e.o}})$ принята согласно работе [16], а q , $K_m = f(\overline{d_{e.o}})$ построены по данным классификации пород по взрываемости [12]. Закономерность изменения (зависимость 2) $K_m = f(\overline{d_{e.o}})$ согласуется с установленными аналогичными зависимостями других авторов (рис. 4).

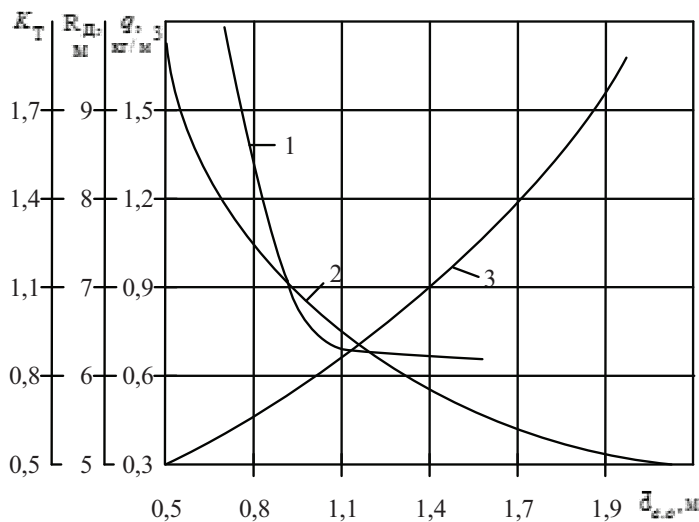


Рисунок 5 – Графічна залежність зміни радіуса дроблення R_d (1), коефіцієнта трещиноватості K_m (2) і удільного витрати ВВ q (3) від середнього діаметра окремих частин $\overline{d_{e.o}}$

Из анализа рис. 5 видно, что с увеличением $\overline{d_{e.o}}$ величина K_m уменьшается, а q возрастает. Последний показатель регламентируется для каждой категории трещиноватости и блочности [11, 12] и является постоянным на весь объем разрушаемого массива пород серий взрываемых скважинных зарядов ВВ. Однако для каждого добычного уступа в карьере с изменением направления отбойки по отношению систем трещин S и Q , характеризующих степень трещиноватости и блочности, параметры массового взрыва должны быть различными. Это объясняется неодинаковыми размерами граней естественных отдельных и их количеством при распространении фронта взрывной волны, обуславливающих различную сопротивляемость взрывной нагрузке. Чем больше площадь грани отдельности, тем сопротивляемость ее нагрузке будет меньше. Взаимное расположение линий фронта отбойки DE и KL относительно трещин систем S и Q , а также линий откоса уступа AB и BC показаны на план-схеме рис. 6. При этом средний размер отдельности характеризуется линейным размером ее ребра ab и cd ($ab > cd$) и в общем случае оценивается величиной K_m .

Для сравнительной оценки влияния трещиноватости и блочности на величину q выполнены расчеты и графические зависимости по формулам, применяе-

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

мым в практиці проектування параметрів взривних робіт [12, 17, 18]. Значення q і K_m визначені за усередненими даними роботи [12]. При цьому величина K_m визначалася за максимальним значенням межового середнього відстані між тріщинами як $\overline{d_{e.o}}$, починаючи з 0,5 до 1,85 м, а саме:

$d_{e.o}$, м	0,5	0,75	1,0	1,25	1,50	1,70	1,85
$K_m(1/d_{e.o})$	2,0	1,33	1,0	0,80	0,67	0,59	0,54
q , кг/м ³	0,32	0,45	0,60	0,78	0,99	1,24	1,55

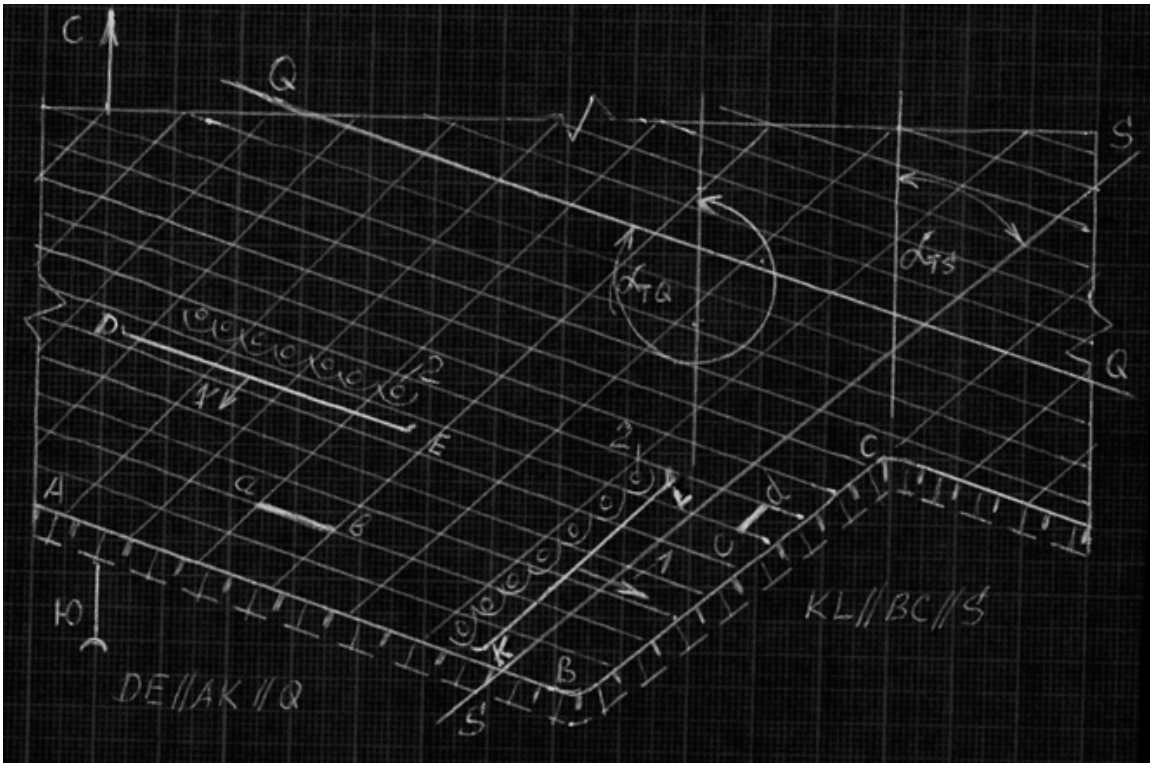


Рисунок 6 – План-схема обробки добувчого уступу в кар'єрі двома забоями при оптимальному напрямку відбою порід:

1 – напрямку відбою; 2 – заряди ВВ;

α_{TQ} і α_{TS} – азимуту простягання тріщин систем Q і S ;

DE і KL – лінії фронту вибувальної хвилі; ab і cd – розміри окремих

Аналіз результатів розрахунку показує, що залежність $q=f(d_{e.o}, K_m)$ змінюється по криволінійному характеру. З збільшенням $d_{e.o}$ від 0,5 до 1,85 м, що те саме з зменшенням K_m від 2 до 0,54, значення q збільшуються від 0,32 до 1,55 кг/м³. Це повністю збігається і підтверджується практикою проектування параметрів вибувальної роботи. Однак з урахуванням напрямку фронту відбою з двох взаємоперпендикулярних сторін вибувального блоку порід (з боку тріщин Q і S) параметри вибувальної роботи можуть відрізнятися через різний опір окремих відділів, відрізняються за розмірами і геометричною формою. Так, наприклад, в напрямку фронту відбою KL (рис. 6) енергетичні витрати будуть більші, ніж в напрямку фронту відбою DE . Це

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

может достигаться сужением сетки скважинных зарядов или увеличением массы ВВ при равных размерах сетки скважин для обоих случаев. Или же, при прочих равных параметрах зарядов и размеров сетки скважин эффект разрушения пород может быть повышен со стороны фронта отбойки KL за счет применения длинной диагонали в схеме взрывания с большей величиной коэффициента сближения зарядов m , как это рассмотрено в работе [19].

Приведенная на рис. 6 схема добычного блока пород с двумя секциями (забоями), пересекающимися под углом в пределах $80\text{--}100^\circ$, может быть реализована при одновременном или раздельном их взрывании. Для подтверждения эффективности данного способа необходима экспериментальная проверка в промышленных условиях.

ВЫВОДЫ.

1. Изложены результаты исследований по определению оптимального направления отбойки скважинными зарядами трещиноватых скальных пород на карьерах.

2. Установлено, что для каждого добычного уступа в карьере с изменением направления отбойки по отношению систем трещин S и Q , характеризующих степень трещиноватости и блочности, параметры массового взрыва должны быть различными. Это объясняется неодинаковыми размерами граней естественных отдельностей и их количеством при распространении фронта взрывной волны, обуславливающих различную сопротивляемость взрывной нагрузке.

3. Установлена зависимость удельного расхода ВВ от диаметра естественной отдельности и коэффициента трещиноватости. Предложен подход дифференцированного выбора направления отбойки и параметров взрывных работ с учетом трещиноватости горного массива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Друкованый М.Ф. Методы управления взрывом на карьерах. – М.: Недра, 1973. – 416 с.
2. Исследование и разработка рациональных методов взрывных работ для обеспечения рациональных параметров развала горной массы с сохранением качества дробления и сейсмостойкости промышленных и гражданских объектов: Отчет о НИР (заключительный) / Ин-т геофизики им. С.И. Субботина АНУССР. № ГР 01.8.80 051824; Инв. № 02.890061773. – К., 1989. – 191 с.
3. Совершенствование технологии разработки гранитных карьеров / Кучерявый Ф.И., Крысин Р.С., Бурков Ю.П. – К.: Техника, 1966. – 268 с.
4. Многорядное короткозамедленное взрывание на карьерах строительных материалов / Кучерявый Ф.И., Олейников А.С., Волов А.Т. – К.: Будівельник, 1975. – 84 с.
5. Влияние направления отбойки и структуры горных пород на качество взрыва / А.В. Шапурин, А.А. Ещенко, О.Г. Шекун // Взрыв. дело. – 1971. – 70/27. – С. 147–151.
6. Кузнецов Г.В. Влияние горнотехнических условий на дробление горных пород / Г.В. Кузнецов, А.А. Батманова, В.А. Малых // Взрыв. Дело № 77/34. – 1976. – С. 241–246.

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

7. Разрушение горных пород энергией взрыва / Ефремов Э.И., Кравцов В.С., Мячина Н.И. и др. – К.: Наукова думка, 1987. – 264 с.
8. Регрессионные модели разноблочных массивов пород / Б.Р. Ракишев, З.Б. Ракишева, А.М. Ауэзова, А.Н. Дуренбекова // Вестник КазНТУ. – 2013. – № 6 (100). – С. 104–110.
9. Временная классификация горных пород по степени трещиноватости в массиве. – М., 1968. – 30 с. (Информ. вып. / Ин-т горн. дела им. А.А. Скочинского; № В–199).
10. Игнатенко И.М. Районирование карьера «ОАО «Стойленский ГОК» по блочности горных пород // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2010. – Вып. 1. – С. 83–92.
11. Друкованый М.Ф. Методы управления взрывом на карьерах. – М.: Недра, 1973. – 416 с.
12. Классификация горных пород по взрываемости для карьеров / Б.Н. Кутузов, Н.И. Лемеш, В.Ф. Плужников // Горн. журнал. – 1979. – № 2. – С. 41–43.
13. Районирование породного массива Михайловского месторождения по блочности и взрываемости / В.А. Дунаев, Н.Т. Рягузов, А.В. Герасимов и др. // Горн. журнал. – 1996. – № 9–10. – С. 53–57.
14. Классификация горных пород апатитового карьера «Центральный» по взрываемости / Ф.Г. Грачев, В.П. Павлов, Г.В. Качайник // Пути повышения эффективности открытых горных работ. – 1970. – С. 76–82.
15. Основы физики горных пород / Ржевский В.В., Новик Г.Я. – Изд. 3-е перераб. и доп. – М.: Недра, 1978. – 390 с.
16. Исследование разрушения крепких пород взрывом для достижения большой степени дробления пород / Н.У. Турута, А.Т. Галимуллин, Д.Ф. Панченко, А.В. Карпинский // Взрыв. Дело № 62/19. – 1967. – С. 104–111.
17. Проектирование взрывных работ в промышленности / Башкуев Э.Б., Бейсебаев А.М., Богацкий В.Ф. и др. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1983. – 359 с.
18. Справочник взрывника / Б.Н. Кутузов, В.М. Скоробогатов, Э.И. Ефремов и др.; под общ. ред. Б.Н. Кутузова. – М.: Недра, 1988. – 511 с.
19. Влияние параметров сетки скважинных зарядов на относительные расстояния между ними при порядно-диагональных схемах взрывания / В.Д. Воробьев, О.Я. Твердая, И.В. Косьмин // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва: науково-виробничий журнал. – 2013. – Вип. 2/2013 (12). – С. 68–74.

IMPROVING THE QUALITY OF FRACTURED ROCK CRUSHING THROUGH OPTIMAL DIRECTIONS OF HOLE CHARGES BREAKING

O. Tverda, V. Vorobev

National Technical University of Ukraine "KPI"
vul. Borshchagivska, 115, Kyiv, 03056, Ukraine.
E-mail: tverdaya@ukr.net

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

The results of studies of determining the optimal direction of breaking by hole charges fractured rocks in the quarries are shown. It is shown that the area of the piece face is larger, when the resistance to load is less. The dependences of the specific consumption of explosive on the diameter of natural piece and the coefficient of fracture are set. Approach of differentiated selection of breaking direction and blasting parameters in view of fractured rock mass is offered.

Key words: explosion, explosive, charge, the optimal direction, breaking, ledge, quarry.

REFERENCES

1. Drukovanyi, M.F. (1973) *Metody upravleniia vzryvom na karerakh* [The methods of explosion management in quarries], Nedra, Moscow, Russia.
2. *Issledovanie i razrabotka ratsyonalnykh metodov vzryvnykh rabot dlia obe-specheniia ratsyonalnykh parametrov razvala gornoj massy s sokhraneniem kachestva drobleniia i seismostoikosti promyshlennykh i grazhdanskikh obektov. Otchet o NIR (zakliuchitelnyi)* [Research and development the rational methods of blasting to ensure rational parameters of rock mass collapse with maintaining the crushing quality and seismic stability of industrial and civil objects. Research report (final)], Kiev, Institute of geophysics of S.I. Subbotin ANUSSR, 1989, № 02.890061773, 191 p.
3. Kucheriavyi, F.I., Krysin, R.S., Burkov, Y.P. (1966) *Sovershenstvovanie tekhnologii razrabotki granitnykh karerov* [Improving the technology of granite quarries development], Tekhnika, Kiev, Ukraine.
4. Kucheriavyi, F.I., Oleinikov, A.S., Volov, A.T. (1975) *Mnogoriadnoe korotko-zamedlennoe vzryvanie na karerakh stroitelnykh materialov* [One row short-delay blasting in the quarries of building materials], Budivelnyk, Kiev, Ukraine.
5. Shapurin, A.V., Eshchenko, A.A., Shekun, O.G. (1971) "Influence the direction of breaking and texture of rocks on the explosion quality", *The collection "Explosive business"*, no. 70/27, pp. 147–151.
6. Kuznetsov, G.V., Batmanova, A.A., Malykh, V.A. (1976) "Influence of mining conditions for rock crushing", *The collection "Explosive business"*, no. 77/34, pp. 241–246.
7. Efremov, E.I., Kravtsov, V.S., Miachina, N.I., etc. (1987), *Razrushenie gornnykh porod energiy vzryva* [Rocks destruction by explosion energy], Naukova dumka, Kiev, Ukraine.
8. Rakishev, B.R., Rakisheva, Z.B., Auezova, A.M., Durenbekova, A.N. (2013) "Regression models of block rock massifs", *Bulletin of KazNTU*, no. 6(100), pp. 104–110.
9. *Vremennaia klassifikatsiia gornnykh porod po stepeni treshchinovatosti v mas-sive. Informatsionnyi vypusk* [Temporary classification of rocks based on the degree of fracture in the array. Information issue], Institute of Mining, the A.A. Skochinskiy, 1968, № B-199, Moscow, Russia.
10. Ignatenko, I.M. (2010) "Zoning of "Stoilenskyi GOK" by blocking rocks", *Proceedings of the TSU. Earth sciences.*, no. 1, pp. 83–92.

11. Drukovanyi, M.F. (1973), *Metody upravleniia vzryvom na karerakh* [Methods of control the explosion in the quarries], Nedra, Moscow, Russia.
12. Kutuzov, B.N., Lemesh, N.I., Pluzhnikov, V.F. (1979) "Classification of rocks by explosion for quarries", *Mining Journal*, no. 2, pp. 41–43.
13. Dunaev, V.A., Riaguzov, N.T., Gerasimov, A.V., etc. (1996) "Zoning of rock massif of Michael's mining quarry by blocking and explosion", *Mining Journal*, no. 9–10, pp. 53–57.
14. Grachev, F.G., Pavlov, V.P., Kachainik, G.V. (1970) "Classification of rocks of apatite quarry "Central" by explosion", *Ways to improve the open pit mining*, pp. 76–82.
15. Rzhnevskiy, V.V. (1978) *Osnovy fiziki gornykh porod* [Physics fundamentals of rocks], Nedra, Moscow, Russia.
16. Turuta, N.U., Galimullin, A.A., Panchenko, D.F., Karpinskiy, A.V. (1967) "Study of the destruction of hard rock by explosion to achieve high degree of rocks crushing", *The collection "Explosive business"*, no. 62/19, pp. 104–111.
17. Bashkuev, E.B., Beisebaev, A.M., Bogatskiy, V.F., etc. (1983) *Proektirovanie vzryvnykh работ v promyshlennosti* [Designing of blasting in industry], Nedra, Moscow, Russia.
18. Kutuzov, B.N., Skorobogatov, V.M., Efremov, E.I., etc. (1988) *Spravochnik vzryvnika* [Blaster directory], Nedra, Moscow, Russia.
19. Vorobev, V.D., Tverdaya, O.Y., Kosmin, I.V. (2013) "Influence of well spacing charge parameters on the relative distance between them in diagonal blasting circuit", *The collection "Modern Resources and Energy Saving Technologies in Mining Industry"*, no. 2/2013 (12), pp. 68–74.

Статья надійшла 03.11.2014.

УДК 624.15.001

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЛУПРОСТРАНСТВА, ВНУТРИ КОТОРОГО НАХОДИТСЯ ТОЧЕЧНЫЙ ИСТОЧНИК ОБЪЕМНОЙ ДЕФОРМАЦИИ

А. Н. Шашенко, В. Г. Шаповал

ГВУЗ «Национальный горный университет»

просп. К. Маркса, 19, г. Днепропетровск, 49000, Украина.

E-mail: al.shashenko@gmail.com, shap-ww@mail.ru

Б. В. Моркляник

Национальный университете «Львовская политехника»

ул. Степана Бандеры, 12, г. Львов, 79013, Украина.

А. В. Шаповал

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

ул. Чернышевского, 24а, г. Днепропетровск, 49000, Украина.

Представлено точное аналитическое решение фундаментальной задачи о напряженно-деформированном состоянии упругого полупространства, внутри ко-