Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им. Г.В.Плеханова, 1984, т.99

УДК 622.235.05

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТЕПЕНИ ДРОБЛЕНИЯ ГРАНИТНОГО МАССИВА ВЗРЫВОМ НА ЩЕБЕНОЧНЫХ КАРЬЕРАХ

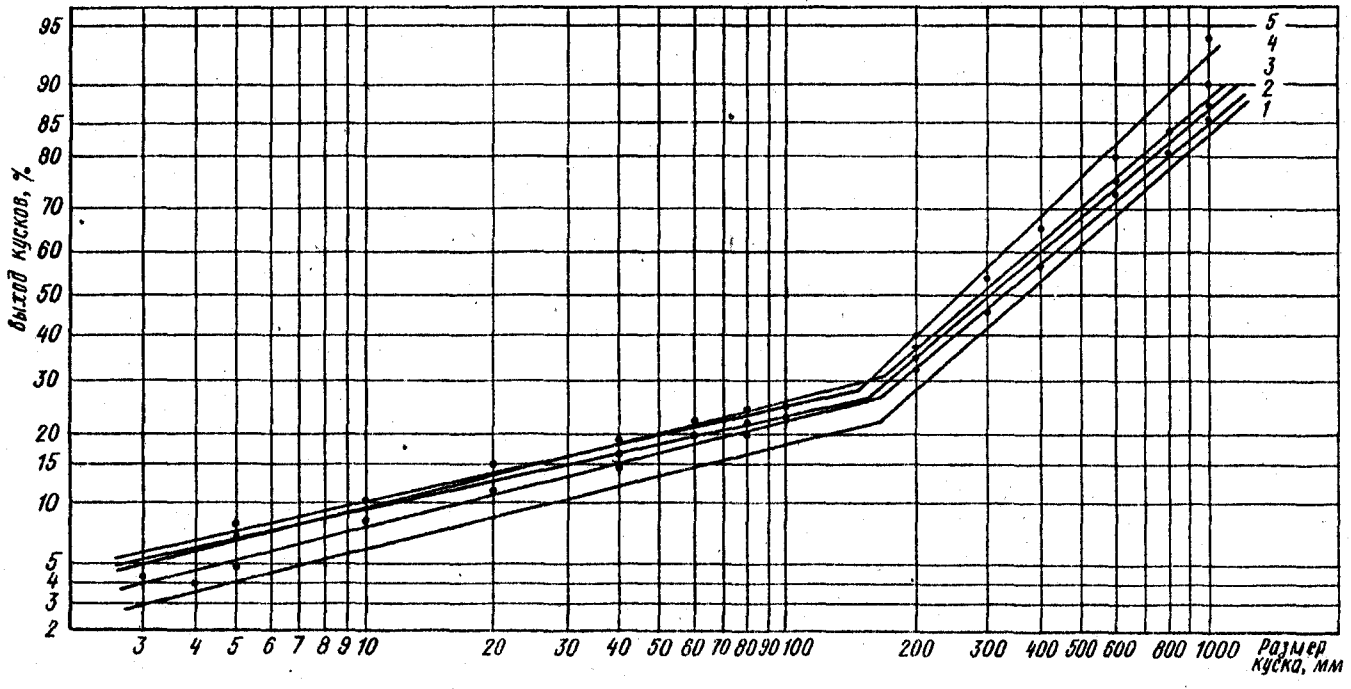
В.П.МАКАРЬЕВ, В.А.МИХАЙЛОВ

Особенность решения задачи оптимальности дробления горных пород взрывом на щебеночных карьерах заключается в том, что одновременно с анализом работы карьерного оборудования, производительность которого зависит от выхода крупных фракций дробленого материала $>$ 200 мм, необходимо рассматривать вопрос о снижении мелких фракций некондиционного материала крупностью $<$ 3 мм.

Наиболее радикальное решение этого вопроса сформулировало требования к способу ведения буровзрывных работ на щебеночных карьерах, который должен был бы обеспечивать одновременное снижение выхода мелких и крупных фракций в горной массе. При этом желательно было бы получение горной массы в узком диапазоне крупности, удовлетворяющем требования дробильно-сортировочного завода. При таком решении вопроса отпала бы необходимость иметь оборудование вообще и получать щебень взрывным способом или додрабливать лишь малую часть продукции карьера. Возможность такого радикального решения рассматриваемой проблемы оспаривается, но появляются работы, которые ставят и решают подобную задачу в ограниченном диапазоне[x].

Исследования гранулометрического состава горной массы на карьерах ограничивались требованиями технологических задач горного цикла и анализировали соотношения размеров лишь крупной части общей совокупности кусков, обычно от 200 мм и больше. Этими же требованиями обуславливалась и методика измерений кусковатости (обычно различные варианты фотопланиметрического анализа), которая позволяла изучать соотношение размеров в большой выборке горной массы. Расширение диапазона исследуемых размеров существенно увеличивает сложность методики, трудоемкость анализа и снижает объем выборки. Основной недостаток планиметрического метода – малая разрешающая способность в пределах одного порядка размеров – заставляет дополнять ее другими методиками анализа более мелкой части совокупности кусков и специально оговаривать вопросы стыковки результатов, полученных различными методами.

[x] Кузнецов В.М. Математические модели взрывного дела. Новосибирск, Наука, 1977.



Гранулометрический состав горной массы после взрыва: 1 – прогнозный при выходе мелочи 3 %; 2 – по блоку 11 (часть 1); 3 – по блоку 11 (часть 2); 4 – по блоку 17; 5 – по блоку 19

Применительно к конкретной технологической задаче – исследованию кусковатости на гранитных щебеночных карьерах – на кафедре разрушения горных пород ЛГИ была разработана методика весового анализа горной массы в диапазоне размеров от 3 мм до нескольких метров путем предварительной сортировки ее, рассева мелкой части и поштучного обмера и определения объема каждого крупного куска. На основании этой методики определялся гранулометрический состав горной массы после взрыва по выборке объемом 25 т (автосамосвал БелАЗ-548).

Объем выборки, обеспечивающий удовлетворительную точность определения статистических характеристик распределения кусковатости горной массы, устанавливается равным 60–100 т[x]. Каждый взрыв оценивался не менее, чем тремя единичными выборками по 25 т, результаты которых усреднялись.

Результаты анализа кусковатости горной массы на карьере «Кузнечное» за 1981–1982 гг. представлены на графике в логарифмически-вероятностной сетке (см. рисунок). Условия промышленных экспериментов не допускали значительного изменения параметров буровзрывных работ, поэтому так незначительна разница в приведенных результатах.

Экспериментальные взрывы проводились так, что сравнивались результаты дробления смежных блоков, параметры удельных расходов ВВ и сетки взрывных скважин (табл.1). Результаты опробования горной массы по этим блокам представлены в табл.2 и на рисунке. Сравнение данных по блоку II свидетельствует о том, что незначительная разница в изменении удельного расхода ВВ и сетки взрывных скважин мало сказывается на кусковатости горной массы, существенное отличие результатов можно заметить только в области мелких фракций, где установлены малые доверительные границы среднего.

Таблица 1

Параметры буровзрывных работ на опытных блоках карьера „Кузнечное"

Номер блока	Объем ВВ, м³	Количество скважин	Количество ВВ, кг	Ступени замедления	Удельный расход ВВ, кг/м³	Сетка скважин, м	Выход, м³/м
II	21690						
часть 1		30	11582	7	1,1	5,3 x 5,3	28,7
часть 2		31	11228	7	1,0	5,8 x 5,8	30,3
17	39800	97	36301	6	0,91	5,5 x 5,5	30,6
19	21692	68	24887	6	1,15	5,2 x 5,2	27,7

Наиболее противоречивые данные получены по выходу негабаритных фракций. При интенсивном дроблении горной массы в части 2 блока II выход негабарита больше из-за неравномерности линии сопротивления по подошве.

---

[x] Макарьев В.П. Статистические модели взрывного разрушения и методы исследования кусковатости. Л., изд. ЛГИ, 1981.

Таблица 2

Данные гранулометрического опробования на карьере „Кузнечное"

Номер блока	Показатели, %	Размер фракций, мм														
		3	3-5	5-10	10-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-200	200-300	300-400	400-600	600-800	800-1000	1000
11, часть 1	Простые	6,30	1,79	2,61	3,42	4,00	2,86	1,94	0,99	12,48	11,16	11,35	17,44	6,09	3,60	14,95
	Накопленные	5,30	7,10	9,70	12,12	17,12	19,98	21,92	22,91	35,39	46,55	57,91	75,35	81,44	85,04	100,00
	Ошибка	0,9	0,34	0,25	0,63	0,17	1,75	0,28	0,53	1,72	1,21	2,10	8,52	1,32	2,47	3,89
11, часть 2	Простые	4,09	1,25	1,95	3,10	4,15	3,63	2,92	1,64	9,32	7,60	11,83	18,06	12,08	7,67	10,71
	Накопленные	-	5,34	7,29	10,39	14,54	18,17	21,09	22,73	32,05	39,65	51,48	69,44	81,32	89,39	100,00
	Ошибка	1,09	0,32	0,52	0,84	1,18	1,13	1,38	0,96	2,11	2,19	2,87	4,52	4,51	1,18	6,17
17	Простые	-	1,89	3,10	3,87	4,28	3,12	2,37	1,73	10,22	9,65	11,44	16,77	9,67	6,76	10,22
	Накопленные	5,29	7,12	10,22	14,09	18,37	21,49	23,86	25,59	35,81	45,46	56,90	73,27	82,94	89,70	100,00
	Ошибка	1,57	0,54	1,02	1,18	1,18	0,62	1,30	0,44	0,47	0,11	1,98	4,09	4,09	4,56	10,17
18	Простые	-	2,11	2,64	3,59	3,89	2,20	1,37	1,57	16,00	13,64	12,74	14,63	9,80	3,92	5,85
	Накопленные	6,10	8,21	10,35	14,41	18,27	20,54	21,91	23,42	39,42	53,06	65,80	80,43	90,23	94,15	100,00
	Ошибка	2,66	0,86	1,03	1,28	1,15	0,67	0,89	1,08	0,59	4,72	2,88	2,34	1,02	0,77	2,70

Вместе с тем доверительные границы выхода негабарита настолько широки, что невозможно провести разграничение гранулометрических составов по этому показателю. Подобные данные получены при опробовании прилегающих друг к другу блоков I7 и I9, где выявилась более существенная разница в результатах по отношению к мелким фракциям.

Обработка данных по всей совокупности проведенных опытов показала, что средние характеристики крупности в логарифмически вероятностной сетке аппроксимируются двумя участками прямых в области крупных и мелких кусков, причем мера разброса мелочи в три раза больше меры разброса крупных кусков (> I00 мм). При изменении крупности горной массы характеристики в этой сетке сдвигаются параллельно в каждом диапазоне крупности, т.е. действует основной принцип прогнозирования – меняется лишь один параметр закона распределения размеров – среднее. Мера разброса остается постоянной в каждом диапазоне значений крупности.

Результаты опытных взрывов легко привести один к другому, используя простое соотношение

$$\frac{d_1}{d_2}=\frac{W_1}{W_2}\exp\left[-\frac{\ln\frac{W_1}{d_1}}{q_1}\left(\sqrt[3]{\left(\frac{W_2q_1}{W_1q_2}\right)^2}q_2-q_1\right)\right],$$

где d_1, d_2 – средний размер куска соответственно по I-му и 2-му взрывам; W_1, W_2 – параметр сетки I-го и 2-го взрывов; q_1, q_2 – уровни удельных расходов I-го и 2-го взрывов.

На основании этой зависимости были спрогнозированы параметры сетки и удельный расход ВВ, обеспечивающие снижение выхода мелочи до 3 %, при этом удельный расход для гранитных пород составил 0,8 кг/м^3, а сетка взрывных скважин – 5,8 х 5,8 м.

Представленные данные характеризуют только средние показатели гранулометрического состава и если по отношению к мелким фракциям доверительный интервал составлял $\pm$0,7÷I,0 %, то с увеличением их крупности доверительные границы разброса значений увеличиваются и по отношению к выходу негабарита составляют $\pm$7÷8 %. Таким образом, провести резкую границу между горной массой различной крупности, когда средний размер куска меняется на I0–I5 %, можно только по выходу мелочи до 3$\pm$I %, в то время как выход негабарита при таком изменении среднего имеет перекрывающиеся границы, в среднем составляющие I2$\pm$7 %.

Увеличение выхода кондиционного материала на 2 % составит 30000 м^3 щебня стоимостью 4,0 руб за тонну, т.е. I20 тыс.руб для предприятия с производительностью по горной массе I500 тыс.м^3.

Укрупнение кусковатости горной массы на I5–20 % по среднему куску ухудшает работу горно-транспортного оборудования карьера и увеличивает себестоимость добычи на I–7 коп/м^3, т.е. при заданной производительности на 25 тыс.руб, тогда чистый выигрыш от подобного снижения выхода мелких фракций оценивается экономическим эффектом в I00 тыс.руб.