DOI: 10.25558/VOSTNII.2025.50.96.003
УДК 624.131+ 539.215
© Р. З. Камалян, С. Р. Камалян, Н. С. Нестерова, 2025

Р. З. КАМАЛЯН
д-р техн. наук, проф.,
профессор кафедры
Российский университет кооперации,
г. Краснодар
e-mail: kasarub@gmail.com

С. Р. КАМАЛЯН
канд. физ.мат. наук
зав. отделом Южного межрегионального управление охраны ПАО «Газпром»,
г. Краснодар
e-mail: kasarub@gmail.com

Н. С. НЕСТЕРОВА
канд. техн. наук
доцент кафедры
ИМСИТ, г. Краснодар
e-mail: nnnnnnn46@mail.ru

О ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ВЗОРВАННОЙ ПОРОДЫ

Исследование и обобщение практических результатов дают возможность установить закономерности процесса дробления, на основе которых представляется возможным в какой-то мере регулировать степень дробления взрываемого массива.

В работе рассмотрены результаты опытных взрывов, на основе анализа которых построены различные зависимости.

Ключевые слова: ПОРОДА, ГРАНСОСТАВ, ДРОБЛЕНИЕ, ЗАРЯД.

Важную роль для оценки гранулометрического состава играют исследования и анализ опытных и опытно-промышленных взрывов. Гранулометрический состав взорванной горной массы на опытных участках определяется замерами по поверхности развала и поштучно.

В таблице приведён гранулометрический состав взорванной горной массы и распределение отдельных фракций в объёме кусков с максимальными размерами более 500 мм (0,5 м). Из таблицы видно, что только в опытном взрыве № 7 на участке, где имели место породы крупнообломочного строения, выход крупной фракции оказался больше предусмотренного проектом. На остальных опытных участках содержание кусков с максимальными размерами более 500 мм не превышало 3,5%.

Как видно из таблицы, чем меньше выход крупных фракций, тем меньше средний диаметр куска и тем равномернее дробится порода применительно к условиям проведения опытных взрывов.

Характер изменения коэффициента равномерности гранулометрического состава горной массы от выхода фракций более 300 мм представлен на рис. 1.

Таблица 1

Характеристики дробления опытных взрывов

№ n/n	Выход фракций, %		Средний диаметр куска, мм	Коэффициент равномерности гранулометрического состава, К, %
	>> 300 мм	> 500 мм		
1	16,4	9,4	239	41
2	7,8	4,0	189	35,6
3	5,1	2,4	171	27,3
4	6,3	3,2	172	26,0
5	4,0	1,2	168	18,5
6	5,6	3,5	176	27,0
7	11,0	7,9	217	37,4
8	3,3	1,33	162	18,6
9	2,4	1,2	158	11,0

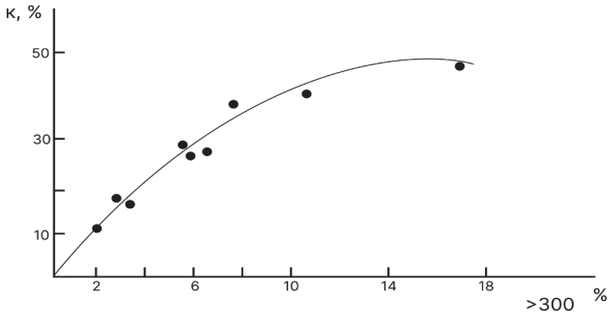

Рис. 1. Характер изменения коэффициента равномерности гранулометрического состава горной массы от выхода фракций более 300 мм.

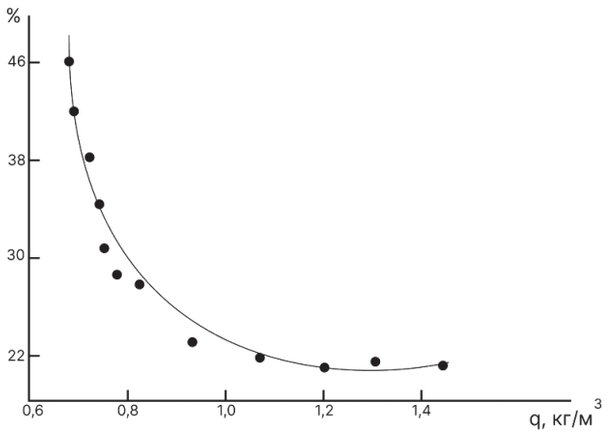

Рис. 2. Изменение выхода негабарита в зависимости от удельного расхода ВВ.

Общей эффективностью взрывных работ при разрушении горных пород или осуществлении взрывов на выброс является расход взрывчатого вещества и соответствие результата взрыва проекту БВР. В этой связи важной задачей становится, установление зависимости между удельным расходом ВВ и качеством взрывных работ. В данной работе приведены нескольких зависимостей, устанавливающих такие связи. На рис. 2 представлена зависимость выхода негабарита от удельного расхода ВВ.

Заметим, что при разрушении горных пород вертикальными скважинными зарядами наблюдается достаточно неравномерное дробление за счёт переизмельчения её вблизи заряда и недостаточного воздействия на удаленные части взрываемого массива.

Выбор того или иного метода взрывных работ требует в каждом конкретном случае изучения физико-механических свойств и особенностей строения пород месторождений. В частности, в определённых условиях можно пойти в разумных пределах на увеличение расстояния между скважинами и получить более качественный результат, что подтверждается зависимостью степени дробления от удельного расхода ВВ (рис. 3).

Как видно, увеличение удельного расхода ВВ свыше 0,55 кг/м3 при уменьшении расстояния между скважинами также, как и уменьшение удельного расхода ВВ до 0,40 кг/м3 за счёт увеличения расстояния между скважинами, не повышает степени дробления (рис. 3.).

Количественно оценить влияние степени трещиноватости на изменение прочностных свойств очень трудно. Однако из имеющихся исследований следует, что механические

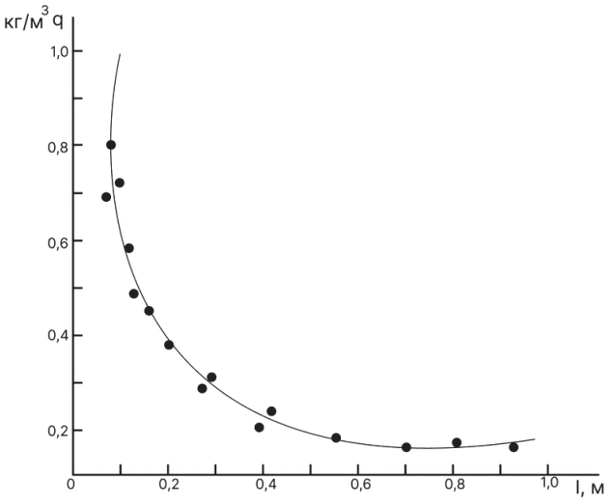

Рис. 3. Зависимость удельного расхода ВВ от линейных размеров горной массы.

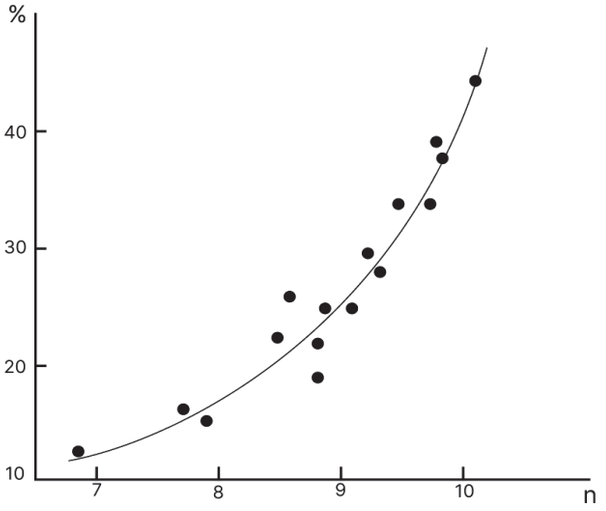

Рис. 4. Зависимость выхода негабаритных кусков от величины сопротивления n по подошве.

свойства пород, разбитых трещинами, существенно ниже по сравнению с монолитом [1].

Увеличение монолитности приводит к возрастанию сопротивления по подошве, что, в свою очередь, приводит к возрастанию числа негабаритных кусков (рис. 4).

Заметим, что для уменьшения выхода негабаритных кусков требуется увеличение общего расхода взрывчатого вещества (рис. 2.).

В немонолитных породах основное значение имеют первичные трещины, которые образуются в результате деформаций удлинения, т.е. раскрытие имеющихся трещин газами высокой энергии, выделяющихся при детонации заряда [2.].

Увеличение числа негабаритных кусков приводит к необходимости их вторичного дробления и, следовательно, к дополнительному расходу ВВ (рис. 5.)

Интересно отметить, что удельный расход ВВ на вторичное дробление снижается с увеличением среднего объёма негабаритных кусков породы.

С другой стороны, увеличение массы заряда с целью уменьшения выхода негабарита, приводит к обязательному увеличению радиуса безопасности по разлёту разрушенной породы. На рис. 6 по данным работ [3–5] построен график изменения скорости куска с увеличением массы заряда.

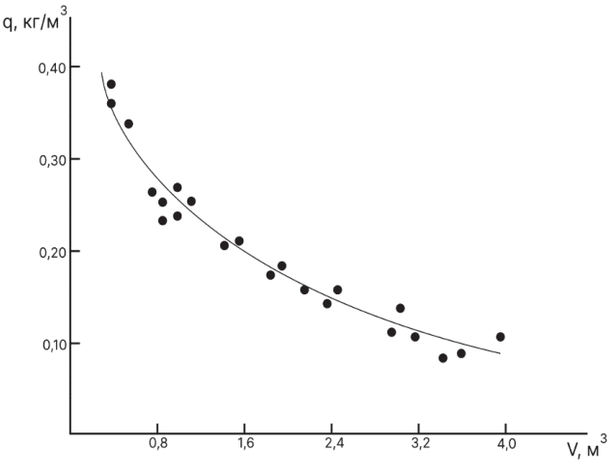

Рис. 5. Зависимость удельного расхода ВВ от объёма негабаритных кусков породы при вторичном дроблении.

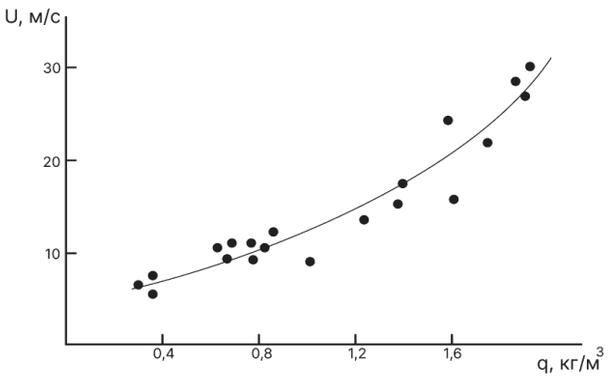

Рис. 6. Зависимость. начальной скорости v разлёта кусков от удельного расхода ВВ q.

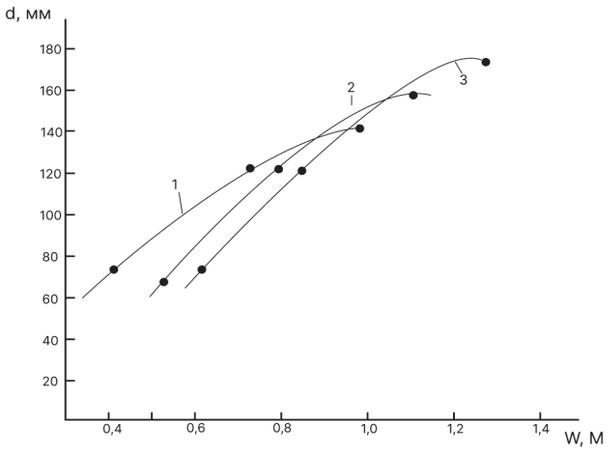

Рис. 7. Зависимость диаметра d среднего куска от ЛНС W
1 — D = 32 мм, 2 — D = 39 мм, 3 — D = 46 мм.

Немаловажной задачей является установление зависимости линии наименьшего сопротивления (ЛНС) W и степени дробления от диаметра заряда. Для этого по данным, приведенным в [6], построена зависимость диаметра средних кусков от W при различных диаметрах D заряда ВВ (рис. 7).

Как видно, с увеличением диаметра D заряда возрастает интенсивность изменения диаметра среднего куска. С уменьшением диаметра при значительном возрастании ЛНС диаметр среднего куска изменяется незначительно. При диаметре заряда 32 мм и W = 0,4 м диаметр среднего куска d = 70 мм, при D = 39 мм и W = 0,55 м d = 75 мм, при D = 46 мм и W = 0,67 м d = 80 мм.

Отсюда следует целесообразность в этих случаях применения зарядов малого диаметра при небольшом значении W.

Выполнение сложных массовых взрывов требует глубоких инженерных знаний, а обобщение и тщательный анализ полученных результатов позволяют значительно пополнить сведения в области теории действия взрыва и, соответственно, повысить эффективность применения энергии ВВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мосинец В. Н., Абрамов А. В. Разрушение трещиноватых и нарушенных горных пород. М.: Недра, 1982. 248 с.

2. Камалян Р. З., Камалян С. Р., Нестерова Н. С. К механизму образования трещин в горных породах газами высокой энергии // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2024. № 1. С. 18–22.

3. Ханукаев А. Н. Физические процессы при отбойке горных пород взрывом. М.: Недра, 1974. 224 с.

4. Друкованный М. Ф. Методы управления взрывом на карьерах. М.: Недра, 1973. 415 с.

5. Друкованный М. Ф., Куц В. С., Ильин В. Н. Управление действием взрыва скважинных зарядов на карьерах. М.: Недра, 1980. 213 с.

6. Камалян Р. З., Камалян С. Р., Нестерова Н. С. Об оценке гранулометрического состава при динамическом разрушении горных пород // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2022. № 3. С. 17–25.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2025.50.96.003
UDC 624.131+ 539.215
© R. Z. Kamalyan, S. R. Kamalyan, N. S. Nesterova, 2025

R. Z. KAMALYAN
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Professor of Department
Russian University of Cooperation, Krasnodar
e–mail: kasarub@gmail.com

S. R. KAMALYAN
Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Head of the Department of the Southern Interregional Security Department
PJSC «Gazprom», Krasnodar
e–mail: kasarub@gmail.com

N. S. NESTEROVA
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor
IMIT, Krasnodar
e–mail: nnnnnnn46@mail.ru

ON THE GRANULOMETRIC COMPOSITION OF THE BLASTED ROCK

The study and generalization of practical results make it possible to establish the patterns of the crushing process, on the basis of which it is possible to regulate the degree of crushing of the exploding array to some extent.

The paper considers the results of experimental explosions, based on the analysis of which various dependencies are constructed.

Keywords: ROCK, GRAIN COMPOSITION, CRUSHING, CHARGE.

REFERENCES

1. Mosinets V. N., Abramov A. V. Destruction of fractured and disturbed rocks. Moscow: «Nedra», 1982. 248 p. [In Russ.].

2. Kamalyan R. Z., Kamalyan S. R., Nesterova N. S. On the mechanism of crack formation in rocks by high-energy gases // Bulletin of the VostNII Scientific Center for Industrial and Environmental Safety [Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti.]. 2024. No. 1. P. 18–22. [In Russ.].

3. Khanukaev A. N. Physical processes during rock removal by explosion. Moscow: «Nedra», 1974. 224 p. [In Russ.].

4. Drukovanny M. F. Methods of explosion control at quarries. Moscow: Nedra, 1973. 415 p. [In Russ.].

5. Drukovannyi M. F., Kutz V. S., Ilyin V. N. Control of the explosion of borehole charges in quarries. Moscow: «Nedra», 1980. 213 p. [In Russ.].

6. Kamalyan R. Z., Kamalyan S. R., Nesterova N. S. On the assessment of the granulometric composition during the dynamic destruction of rocks // Bulletin of the VostNII Scientific Center for Industrial and Environmental Safety [Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti.]. 2022. No. 3. P. 17–25. [In Russ.].