

УДК 622.235 (575.1)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕТКИ СКВАЖИН НА КАРЬЕРАХ В ЗОНЕ ВЗРЫВНОГО ОСЛАБЛЕНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА



Н. П. СНИТКА,
главный инженер,
Государственное предприятие
Навоийский горно-металлургический
комбинат (Навои, Узбекистан)
info@ngmk.uz



И. Т. МИСЛИТОВ,
доцент, канд. пед. наук,
Навоийский государственный
горный университет
(Навои, Узбекистан)

Как известно, воздействие массового взрыва на массив горных пород сказывается не только в их дроблении в контурной части массива, но приводит также к ослаблению массива в его законтурной части [1–4]. Идентификация зон ослабления при взрывании серии скважинных зарядов основана на комплексной оценке состояния породного массива при помощи кернового и сейсмоакустического методов, а также метода водопоглащаемости массива [5–8].

В результате проведенных исследований предложен новый способ ведения взрывных работ в зоне ослабления породного массива, позволяющий снизить удельный расход ВВ и объем бурения [9–12].

Реализация разработанного способа осуществляется следующим образом. Взрываемый блок по ширине заходки делят на две части. Первую (большую) часть, начиная от откоса уступа, бурируют согласно типовому проекту буровзрывных работ карьера, вторую же часть (последний ряд скважин) бурируют по увеличенной относительно проекта сетке, а время взрывного замедления для этого ряда увеличивают на 10 мс.

Энергия взрыва в зоне ослабления породного массива наиболее полно расходуется на дробление пород в том случае, если параметры сетки скважин (расстояние между рядами и между скважинами в ряду) в этой зоне для конкретных горно-геологических условий являются рациональными и близки им. Для обоснования этих параметров были проведены пять серий опытно-промышленных взрывов на карьерах компании «Железные дороги Узбекистана», отрабатывающих Зиадинское месторождение известняка; в процессе взрывов варьировали диаметр и количество скважинных зарядов ВВ.

На одной серии взрывов было определено рациональное расстояние скважин в зоне ослабления породного массива от

Разработана и экспериментально проверена технология взрывных работ, учитывающая сопутствующее ослабление прочности горных пород в глубине породного массива.

Ключевые слова: взрывные работы, ослабление породного массива взрывом, прочность горных пород, параметры сетки скважин.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.02.02>

последнего ряда скважинных зарядов ВВ в контурной части массива (рис. 1, а), на другой — расстояние между скважинами в этой зоне (см. рис. 1, б). Критерием рациональности явилось качество проработки подошвы уступа.

Эффективность буровзрывных работ, помимо величины затрат на бурение и взрывание породного массива, оценивается также по достижении заданной степени дробления на основе показателей выхода негабарита и гранулометрического состава взорванной горной массы [13, 14]. По известным формулам с учетом вместимости ковша применяемого экскаватора (4,6 м³) определен наибольший размер кондиционного куска — 1250 мм, который затем был скорректирован до 1150 мм по условию грузоподъемности применяемых самосвалов (10, 24 и 40 т) и их доли в грузоперевозках. Средний размер куска при выходе негабарита в 3 % установлен в 400 мм.

Кусковатость взорванной горной массы определялась фотопланиметрическим методом. За период экспериментальных взрывов проанализировано свыше 50 фотоотпечатков поверхности развалов.

Гранулометрический анализ проводился при шаге интервала (фракционном классе), мм: 0–200; +201–400; +401–600; +601–800; +801–1000; +1001–1200 и +1200. Критерием оценки качества дробления был принят выход фракций до +400 мм.

Программа проведения опытно-промышленных взрывов предусматривала исследование и сравнительную оценку качества взорванной горной массы, способа отбойки с использованием зон ослабления породного массива при еще трех сериях массовых взрывов. В каждой серии опытный блок делили на контрольный (взрывание по типовому проекту) и экспериментальный участки. Высота уступа составляла 12 м, глубина

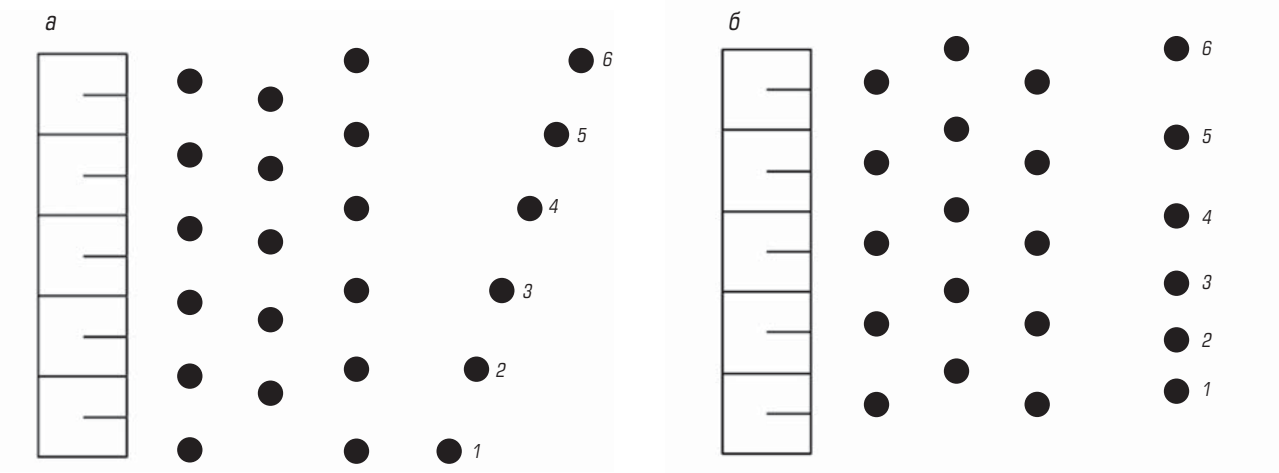


Рис. 1. Экспериментальное расположение скважин (1–6) в зоне ослабления породного массива: при варьировании расстояния от последнего ряда скважинных зарядов ВВ в контурной части массива (а) и расстояния скважин в ряду (б)

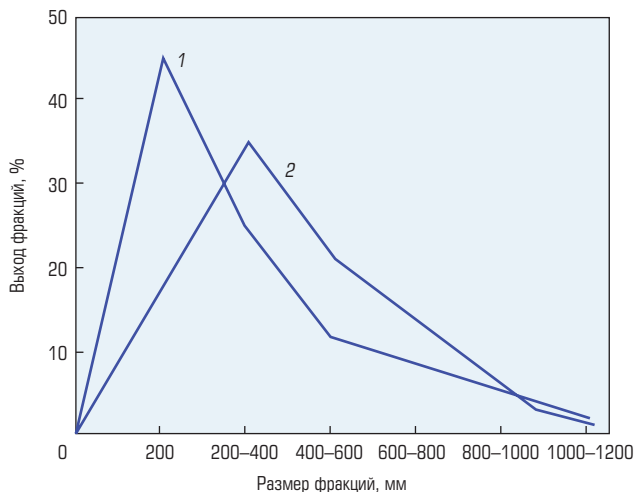


Рис. 2. Гранулометрический состав взорванной горной массы (в среднем по трем сериям взрывов):

а — на контрольных участках (взрывание по типовым проектам); б — на экспериментальных участках (взрывание с учетом ослабления породного массива)

скважин — 14 м. В первых двух сериях масса заряда ВВ была 85 кг при диаметре скважин 125 мм, в третьей — 252 кг и 214 мм соответственно.

В первой серии массового взрыва пробурены 68 скважин; на экспериментальном участке в зоне ослабления массива располагали в один ряд 17 скважин с сеткой, увеличенной до 3,5×4 м (3,5 — расстояние от последнего ряда скважинных зарядов ВВ в контурной части массива, 4 м — расстояние между скважинами в ряду) вместо 3×3,5 м на контрольном участке. Объем взорванной горной массы при этом увеличился с 8820 до 11400 м³, а

удаленный расход ВВ снизился с 0,676 до 0,63 кг/м³, уменьшился и удельный объем бурения с 0,11 до 0,086 м/м³.

Во второй серии взрыва было пробурено 87 скважин, из них 26 — в зоне ослабления, также в один ряд. Сетка в этой зоне расширена еще больше: до 4×4 м. Показатели буровзрывных работ на экспериментальном участке по сравнению с контрольным изменились в лучшую сторону: объем взорванной массы с 11400 до 16000 м³; удельный расход ВВ с 0,671 до 0,6 кг/м³; удельный объем бурения с 0,0945 до 0,084 м/м³.

Еще более впечатляющие результаты достигнуты на третьей серии массового взрыва. Здесь в контурной части массива располагались 96 скважин по 48 в каждом из двух рядов. В зоне ослабления разместили 36 скважин в один ряд с увеличенной сеткой в 6,5×7 м вместо 5,5×6 м на контрольном участке. По сравнению с контрольным (по типовому проекту) взрывом объем взорванной горной массы возрос с 37200 до 55400 м³, удельный расход ВВ и удельный объем бурения снизились, соответственно, с 0,637 до 0,57 кг/м³ и с 0,0303 до 0,027 м/м³.

Что касается гранулометрического состава взорванной горной массы (рис. 2), то выход негабарита в результате трех экспериментальных взрывов практически не изменился, а выход фракций +400 мм несколько возрос: с 29,2–32,5 % на контрольных участках до 54,7–59,7 % на экспериментальных; однако отмеченный факт существенного влияния на производительность экскаваторно-автомобильного комплекса карьера не оказал.

В целом же опытно-промышленные взрывы с учетом законтурного ослабления породного массива показали, что сетку скважин в зоне ослабления можно расширить на 20–25 %, а удельный расход ВВ снизить на 10–15 %. Фактический экономический эффект, достигнутый на карьерах, применивших рекомендуемую технологию буровзрывных работ, составил 77,5 млн сумов (около 40 тыс. долл. США)/год.

Библиографический список

1. Физика взрыва / под ред. Л. П. Орленко. — 3-е изд., испр. В 2 т. — М.: Физматлит, 2004. — 488 с.
2. Кулузов Б. Н. Справочник взрывника. Ч. II. Техника, технология и безопасность взрывных работ. — М.: Горное дело, 2014. — 304 с.
3. Spahn F., Vieira N. E., Guimarães A. H. F., Gorban A. N., Brilliantov N. V. A statistical model of aggregate fragmentation // *New Journal of Physics*. 2014. Vol. 16. DOI:10.1088/1367-2630/16/1/013031
4. Тангаев И. А. Буримость и взрываемость горных пород. — М.: Недра, 1978. — 184 с.
5. Massawe A. T. S., Karim R. B. Regression Models of the Impact of Rockmass and Blasting Design Variables on the Effectiveness of Iron Ore Surface Blasting. — Dar es Salam : University of Dar es Salam, Department of Chemical and Mining Engineering College of Engineering and Technology, 2011. P. 56.
6. Furtney S. J. K., Sellers E., Onederra I. Simple models for the complex process of rock blasting. *Rock Fragmentation by Blasting: Fragblast 10* / Edited by P. K. Singh, A. Sinha. — Leiden, Netherlands : CRC Press, 2013. P. 275–282.
7. Akande J. M., Lawal A. I. Optimization of Blasting Parameters Using Regression Models in Ratcon and NSCE Granite Quarries. — Ibadan, Oyo State, Nigeria // *Geomaterials*. 2013. Vol. 3. No. 1. P. 28–37.
8. Cunningham C. V. B. Control over Blasting Parameters and Its Effect on Quarry Productivity. — Rondebosch : AECI Explosives and Chemical Limited. 2011.
9. Норов Ю. Д., Носиров У. Ф., Жиянов А. Б. Методика исследования ослабления прочности пород при многократных нагрузках // *Горный вестник Узбекистана*. 2014. № 58. С. 19–21.
10. Снитка Н. П., Мислибаев И. Т., Каримов Ё. Л. Разработка энергосберегающей технологии ведения буровзрывных работ в зоне ослабления прочности горного массива на глубоких карьерах // *Горный вестник Узбекистана*. 2015. № 61. С. 7–11.
11. Мислибаев И. Т., Бибик И. П., Жумаева Х. Ю., Бекназаров Ж. Н. Разработка параметров взрывных работ с использованием зон ослабления массива горных пород // *Горный вестник Узбекистана*. 2013. № 53. С. 57–59.
12. Норов Ю. Д., Назаров З. С., Мислибаев И. Т., Фурсов А. И. Исследование размеров ослабления прочности горного массива в зависимости от конструкции скважинных зарядов взрывчатого веществ // *Горный журнал Казахстана*. 2013. № 1-2. С. 45–48.
13. Ракишев Б. Р., Ауэзова А. М., Калиева А. П., Дауренбекова А. Н. Определение гранулометрического состава массива пород по среднему размеру естественных отделистей // *Инновационные технологии и проекты в горно-металлургическом комплексе, их научное и кадровое сопровождение* : сб. тр. Междунар. науч.-практич. конф. — Алматы : КазНТУ, 2014. С. 186–190.
14. Шлапурин А. В., Васильчук Я. В. Качество дробления горных пород как результат комплексного влияния различных факторов // *Вестник КТУ*. 2011. № 29. С. 13–17. **[Ж]**

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2016, № 2, pp. 13–15
DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.02.02>

Experimental proof of blasthole pattern in pre-blasting weakening zones in open pit mines

Information about author

N. P. Snitka¹, Chief Engineer

I. T. Misliboev², Assistant Professor, Candidate of Pedagogical Sciences

¹ State Company Navoi Mining and Metallurgy Combine, Navoi, Uzbekistan

² Navoi State Mining University, Navoi, Uzbekistan

Abstract

It is known that large-scale blasting both affects rocks inside and outside rock mass limits. It is suggested to use this effect to reduce cost of drilling and blasting in the pre-blasting weakening zones in rocks.

The proposed method runs the following procedure. A block is divided into two portions along the width of a pass. The first (bigger) portion is drilled starting from the slope based on the standard design, the second portion (last row of boreholes) is drilled with enlarged spacing and the delay time for this row is expanded by 10 ms.

The efficiency of the proposed process flow diagram of drilling-and-blasting has been proved experimentally, in three series of test explosions in open pit mines at Ziadin limestone deposit, Uzbekistan Railways. Each series of explosions practiced different number of blastholes (68, 87 and 96), diameters of blastholes (125, 125 and 214 mm), weights of explosive charges (85, 85 and 252 kg) and pre-blasting patterns (3.5×4, 4×4 and 6.5×7 m). For the comparison with the common technology, the check areas were delineated for the standard design drilling-and-blasting. The tests demonstrated feasibility of 20–25% wider spaced blasthole pattern and 10–15% lower powder factor with no essential enlargement of blasted rock fragments. Open pit mines that carry out blasting using the new technology have achieved appreciable economic effect.

Keywords: Blasting, pre-blasting weakening of rocks, rock strength, blasthole pattern parameters.

References

1. *Fizika vzryva* (Physics of blast). Under the editorship of L. P. Orlenko. Third edition, revised. In two volumes. Moscow : Fizmatlit, 2004. 488 p.
2. Kutuzov B. N. *Spravochnik vzryvnika. Chast II. Tekhnika, tekhnologiya i bezopasnost vzryvnykh rabot* (Blaster's reference book. Part II. Technics, technology and safety of blasting). Moscow : Gornoe delo, 2014. 304 p.
3. Spahn F., Vieira N. E., Guimarães A. H. F., Gorban A. N., Brilliantov N. V. A statistical model of aggregate fragmentation. *New Journal of Physics*. 2014. Vol. 16. DOI:10.1088/1367-2630/16/1/013031
4. Tangaev I. A. *Burimost i vzryvaemost gornykh porod* (Drillability and explosiveness of rocks). Moscow : Nedra, 1978. 184 p.

5. Massawe A. T. S., Karim R. B. Regression Models of the Impact of Rockmass and Blasting Design Variables on the Effectiveness of Iron Ore Surface Blasting. *Dar es Salam : University of Dar es Salam, Department of Chemical and Mining Engineering College of Engineering and Technology*, 2011. p. 56.
6. Furtney S. J. K., Sellers E., Onederra I. Simple models for the complex process of rock blasting. *Rock Fragmentation by Blasting: Fragblast 10*. Edited by P. K. Singh, A. Sinha. Leiden, Netherlands : CRC Press, 2013. pp. 275–282.
7. Akande J. M., Lawal A. I. Optimization of Blasting Parameters Using Regression Models in Ratcon and NSCE Granite Quarries, Ibadan, Oyo State, Nigeria. *Geomaterials*. 2013. Vol. 3, No. 1. pp. 28–37.
8. Cunningham C. V. B. Control over Blasting Parameters and Its Effect on Quarry Productivity. *Rondebosch : AECI Explosives and Chemical Limited*, 2011.
9. Norov Yu. D., Nosirov U. F., Zhiyanov A. B. Metodika issledovaniya oslableniya prochnosti porod pri mnogokratnykh nagruzkakh (Method of investigation of rock weakening with multiple loads). *Gornyy vestnik Uzbekistana = Mining bulletin of Uzbekistan*. 2014. No. 58. pp. 19–21.
10. Snitka N. P., Mislibaev I. T., Karimov E. L. Razrabotka energosberegayushchey tekhnologii vedeniya burovzryvnykh rabot v zone oslableniya prochnosti gornogo massiva na glubokikh karerakh (Development of energy-saving technologies of drilling and blasting operations in the area of rock mass weakening at deep open pits). *Gornyy vestnik Uzbekistana = Mining bulletin of Uzbekistan*. 2015. No. 61. pp. 7–11.
11. Mislibaev I. T., Bibik I. P., Zhumaeva Kh. Yu., Beknazarov Zh. N. Razrabotka parametrov vzryvnykh rabot s ispolzovaniem zon oslobleniya massiva gornykh porod (Development of blasting parameters using rock mass weakening zones). *Gornyy vestnik Uzbekistana = Mining bulletin of Uzbekistan*. 2013. No. 53. pp. 57–59.
12. Norov Yu. D., Nazarov Z. S., Mislibaev I. T., Fursov A. I. Issledovanie razmerov oslableniya prochnosti gornogo massiva v zavisimosti ot konstruktsii skvazhinnykh zaryadov vzryvchatogo veshchestva (Investigation of rock mass weakening sizes depending on the structure of deep-hole charge of explosive). *Gornyy Zhurnal Kazakhstana = Mining Journal of Kazakhstan*. 2013. No. 1-2. pp. 45–48.
13. Rakishev B. R., Auezova A. M., Kalieva A. P., Daurenbekova A. N. Opredelenie granulometricheskogo sostava massiva porod po srednemu razmeru estestvennykh otdelnostey (Definition of granulometric composition of rock mass by the average size of natural cleavages). *Innovatsionnye tekhnologii i proekty v gorno-metallurgicheskom komplekse, ikh nauchnoe i kadrovoe soprovozhdenie : sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Innovation technologies and projects in mining-metallurgical complex, their scientific and personnel accompanying : collection of proceedings of International scientific-practical conference). *Almaty : Kazakh National Technical University*, 2014. pp. 186–190.
14. Shapurin A. V., Vasilchuk Ya. V. Kachestvo drobleniya gornykh porod kak rezultat kompleksnogo vliyaniya razlichnykh faktorov (Rock crushing quality of as a result of complex influence of various factors). *Vestnik Krivorozhskogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of Kriviy Rih Technical University*. 2011. No. 29. pp. 13–17.