

УДК 622.235

Щукин Юлий Григорьевич

доктор технических наук, профессор,
генеральный директор
ООО «НТЦ Взрывобезопасность»,
109240, г. Москва,
Котельнический 2-й пер. 2, стр. 1
e-mail: ntc-rvb@mail.ru

Арестов Дмитрий Александрович

начальник технического отдела
ООО «НТЦ Взрывобезопасность»

Алексеев Владимир Борисович

кандидат технических наук,
директор ООО «Промтехвзрыв»
ПАО «Ураласбест»,
624260, г. Асбест, ул. Промышленная 4/3

Чистяков Николай Анатольевич

главный инженер
предприятия ООО «Промтехвзрыв»
ПАО «Ураласбест»

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ
ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ
ЭНЕРГИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ ЗАРЯДОВ
ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ**

Аннотация:

Рассмотрен опыт применения технологии производства буровзрывных работ в условиях глубоких карьеров при заоткоске уступов методом предварительного целеобразования с использованием специального контурного заряда ЗКВ-Б, а также опыт совершенствования технологии буровзрывных работ и конструкции зарядов взрывчатых веществ в промышленных условиях карьеров АО «Ковдорский ГОК», ПАО «Ураласбест» и АО «Апатит».

Ключевые слова: разрушение горных пород, ЗКВ-Б, линейный заряд взрывчатого вещества, предварительное целеобразование, контурное взрывание, бинарный заряд.

DOI: 10.25635/2313-1586.2022.03.027

Shchukin Yuliy G.

Doctor of Engineering Sciences, Professor,
General Director,
LLC "STC Explosion Safety",
109240 Moscow,
2 Kotelnicheskii 2nd lane, build. 1,
e-mail: ntc-rvb@mail.ru

Arestov Dmitriy A.

Head of the Technical Department,
LLC "STC Explosion Safety"

Alekseenko Vladimir B.

Candidate of Technical Sciences, Director,
LLC "Promtekhvzryv" PJSC "Uralasbest",
624260 Asbest,
4/3 Promyshlennaya Str.

Chistyakov Nikolay A.

Chief Engineer,
LLC "Promtekhvzryv"
PJSC "Uralasbest"

**ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL
FEASIBILITY OF INCREASING
THE USE OF POTENTIAL ENERGY
OF SPECIAL STRUCTURES
OF EXPLOSIVE CHARGES**

Abstract:

The article considers the experience of using the technology of drilling and blasting operations in deep quarries, when cutting ledges by the method of preliminary crevice formation using a special contour charge ZKV-B, as well as the experience of improving the technology of drilling and blasting operations and improving the design of explosive charges under the industrial conditions in the quarries of JSC "Kovdorskiy GOK", PJSC "Uralasbest" and JSC "Apatit".

Key words: rock destruction, ZKV-B, linear explosive charge, presplitting, contour detonation, binary charge.

Введение

Работами академических и вузовских горных институтов доказано, что получить стабильную детонацию для эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ) весьма сложно, в результате – большой процент выгорания (по данным Московского горного института (МГИ), до 30 % [1, 2]), высокий процент реакций в режиме дефлаграции, то есть большие потери энергии и значительные объемы выброса полиоксидов в атмосферу.

Поэтому следует добавить несколько слов о защите экосистемы. При добыче твердых полезных ископаемых ежегодно при применении более 10 млн т промышленных ВВ (ПВВ) в недра Земли генерируется 200 – 300 трлн кДж (если более просто –

5 тыс. атомных бомб, сброшенных на Хиросиму и Нагасаки), причем это точечные генерации. Понятно, что в недрах идут накопительные процессы. Как известно, энергия не исчезает. Возмездие неизбежно! Когда и в какой форме, можно только предполагать.

Как полноценно использовать потенциальную энергию ПВВ и снизить ущерб экосистеме? Или, если иначе сформулировать, как уменьшить количество потребления ПВВ, и прежде всего за счет качества взрывания?

Применение промежуточных детонаторов (ПД) повышенной массы и удельной мощности решает задачу обеспечения стационарной детонации не в полной мере. По всей высоте заряда стационарная детонация не достигается, хотя это более эффективно в сравнении с применением штатных ПД массой 700 – 800 г, разработанных для иного класса ВВ, а именно с неизменными характеристиками по высоте заряда, т.е. не для эмульсионных ВВ, что мотивированно изложено в работах профессора В.А. Белина [3, 4].

Вопросы КПД взрыва звучат уже давно. Веками взрывали горную массу подачей импульса ударного давления по направлению к ядру Земли или к ее поверхности, хотя по определению импульс должен идти по горизонтали. В 70-е годы 20-го века академиком Н.В. Мельниковым были высказаны предложения о создании заряда с радиальным ударным давлением, т.е. практически бинарного заряда [5]. Однако заводы Минмаша не проявили к этому интереса, т.к. считали, что чем больше произведут тротила (ТНТ), тем лучше. Теперь ситуация в корне изменилась, объем потребления ТНТ менее 5 % к общему объему ПВВ.

Следующая задача заключается в повышении качества взрывного разрушения с применением ПВВ, изготавливаемых на местах производства взрывных работ. В этой ситуации технологический опыт заводов Ростеха и Минпромторга должен быть вновь востребован в полном объеме.

При применении бинарного скважинного заряда, в котором 4 – 6 % массы заряда по отношению к основному заряду, имеющей стабильную детонацию на 20 – 30 % выше скорости основного заряда,

- во-первых, можно исключить затухание детонации основного заряда и сделать ее несколько выше стационарной;
- во-вторых, ударное давление на разрушаемый массив при горизонтальном и косом фронте детонации будет более ориентировано в горизонтальном направлении, то есть потенциальная энергия заряда будет использоваться для конкретной промышленной задачи.

Результаты исследований

Для постановки бортов карьеров в конечное положение на некоторых ответственных предприятиях в течение нескольких лет успешно применяют технологию контурного взрывания с использованием линейных зарядов ЗКВ-Б ТУ 7276-56466532-25-2007 [6] с массой ВВ 2,1 – 2,8 кг/м и скоростью детонации 7,0 – 7,2 км/с.

Водоустойчивость и агрессивностойкость этих зарядов выше реально возможных при ведении взрывных работ. Заряды просты в конструкции и удобны в обращении. Этого удалось достичь не сразу, а благодаря многолетнему творческому сотрудничеству разработчиков, изготовителей и потребителей зарядов. В данной статье представлены результаты заоткосных работ в промышленных условиях карьеров АО «Ковдорский ГОК» [7], ПАО «Ураласбест» [8] и АО «Апатит».

Отдельные участки бортов АО «Ковдорский ГОК» (рис. 1) поставлены в конечное положение с углом наклона 85°.

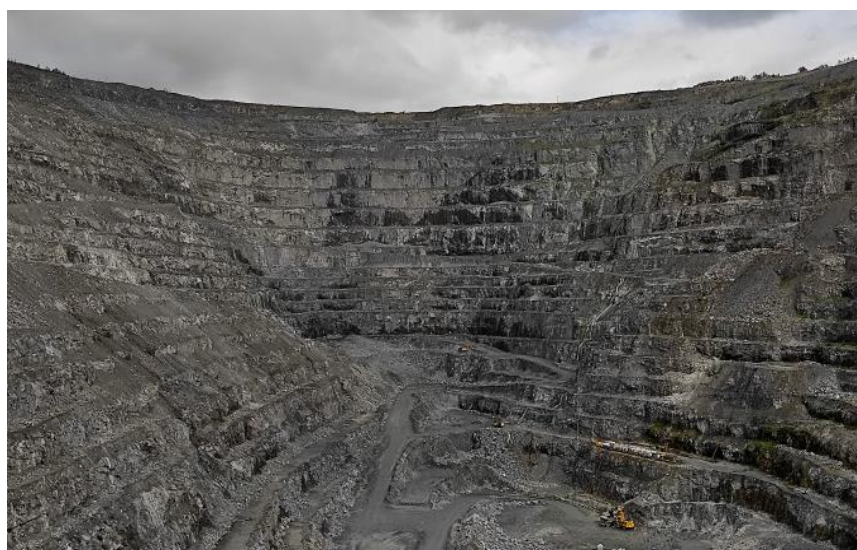


Рис. 1. Участки бортов карьера АО «Ковдорский ГОК», поставленные в конечное положение с использованием ЗКВ-Б

В табл. 1 представлены количественные показатели взрывных работ по указанной технологии.

Таблица 1

**Количественные показатели взрывных работ
с использованием специального контурного заряда ЗКВ-Б**

Годы	Взорвано участков щели, шт.	Взорвано скважинных зарядов, шт.	Количество погонных метров скважин, п.м.	Масса зарядов, т
2005	7	255	6418,5	13,22
2006	26	865	23199,6	42,99
2007	32	1245	32246,6	60,83
2008	42	1952	42942,1	78,69
2009	34	1880	44224,1	83,13
2010	40	1717	48692,4	93,69
2011	39	2054	59462,0	117,27
2012	67	3512	94618,1	184,086
2013	36	1897	56699,9	123,53
2014	39	2047	47605,1	99,065
2015	42	2629	70653,8	141,952
2016	47	2504	69157,8	142,387
2017	48	2481	69931,1	147,94
2018	9	295	10304	19,442
2019	5	275	9109	15,8682
2020	24	1231	36103	91,992
Всего	537	26839	721367	1456,082

Всего в рамках проведения промышленных испытаний было взорвано около 27 тыс. скважинных зарядов, 721 367 погонных метров скважин, в конечном положении поставлено более 40 км по длине уступов.

Более эффективная область применения линейных зарядов ЗКВ-Б – это радиальное инициирование скважинного заряда простейших ВВ, т.е., как известно, ВВ с нестабильными характеристиками.

Результаты применения ЗКВ-Б длиной 8 м в качестве линейного ПД в составе «Эмулит ВЭТ 700» в скважинах Ø250 и Ø200 мм показали, что детонация «Эмулита ВЭТ 700» на участке с ЗКВ-Б соответствует 7,1 км/с, вне участка – 5,2 км/с. В табл. 2 представлены размеры кусков горной массы фракций >1300 мм и данные по выходу классов крупности при обычном взрывании и взрывании с ПД из ЗКВ-Б.

Таблица 2

Сравнение значений среднего размера куска взорванной рудной массы, выхода фракции ≥ 1300 мм и выхода классов крупности

Показатели	Взрывание зарядами $\varnothing 250,8$ мм	Взрывание зарядами $\varnothing 200,0$ мм	Взрывание с ПД из ЗКВ-Б в скважинах $\varnothing 250,8$ мм	Взрывание с ПД из ЗКВ-Б в скважинах $\varnothing 200,0$ мм
Средний размер куска, см	33,68	23,39	21,76	21,68
Выход фракции ≥ 1300 мм, %	2,05	0,47	0,17	0,23
Класс крупности, см	Выход классов крупности, %			
1 – 20	53,11	60,33	63,99	63,24
21 – 40	20,07	24,86	21,68	22,81
41 – 60	11,75	9,03	7,96	8,64
61 – 80	5,42	3,13	3,86	3,28
81 – 100	4,68	1,60	1,62	0,98
101 – 129	3,77	0,59	0,72	0,82
≥ 130	2,05	0,47	0,17	0,23

Из табл. 2 следует, что при применении линейного боевика длиной 8 м средний размер куска уменьшается на 13,8 см, значительно увеличивая количество кусков крупностью 1 – 20 см.

Кроме того, изменение направления ударного воздействия линейного инициатора позволило изменить картину разупрочнения сростков минералов. В результате разупрочнения резко увеличивается эффективность дробления и измельчения, раскалывание руды происходит по плоскостям сростания минералов. В табл. 3 даны результаты этих исследований.

Таблица 3

Результаты сравнительной оценки степени раскрытия сростков полезных минералов

Показатели	Обычное взрывание зарядами $\varnothing 200,0$ мм	Взрывание с ЗКВ-Б зарядами $\varnothing 200,0$ мм
Класс крупности, мм	-0.56 +0.20	
Степень раскрытия апатита, %	27,8	71,9
Степень раскрытия магнетита, %	10,0	69,5

Выводы

1. Опыт заоткоски уступов на карьерах АО «Ковдорский ГОК», ПАО «Ураласбест» и АО «Апатит» доказывает высокую эффективность использования контурных зарядов ЗКВ-Б.

2. Опытнo-промышленные испытания ЗКВ-Б длиной 8 м в составе ПВВ «Эмулит ВЭТ 700» подтверждают целесообразность применения линейных зарядов в качестве промежуточных детонаторов, при этом средний размер куска уменьшается на 13,8 см, значительно увеличивая количество кусков крупностью 1 – 20 см.

Список литературы

1. Оверченко М.Н., Мозер С.П., Толстунов С.А., Белин В.А., 2020. Влияние осевого воздушного канала в скважинных зарядах эмульсионных взрывчатых веществ на эффективность действия взрыва. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. № 1, С. 61 – 70, DOI: 10.25018/0236-1493-2020-1-0-61-70.
2. Белин В.А., Кутузов Б.Н., Ганопольский М.И., Оверченко М.Н., Строгий И.Б., 2016. *Технология и безопасность взрывных работ*. Под ред. В.А. Белина. Москва: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 424 с.
3. Щукин Ю.Г., Тогунов М.Б., Назаров С.С., Борисов И.И., Белин В.А., Сапронов Е.М., 2019. Выбор параметров инициирующего импульса промежуточных детонаторов для эмульсионных взрывчатых веществ. *Взрывное дело*, № 124 – 81, С. 127 – 137.
4. Белин В.А., Болотова Ю.Н., Горбонос М.Г., 2022. Исследования детонационных характеристик эмульсионных взрывчатых веществ, применяемых на железорудных карьерах. *Горная промышленность*, № 1, С. 52-56, DOI: 10.30686/1609-9192-2022-1-52-56.
5. Мельников Н.В., Марченко Л.Н., 1964. *Энергия взрыва и конструкция заряда*. Москва: Недра, 138 с.
6. *Заряды контурного взрывания ЗКВ, 2007. Технические условия ТУ 7276-56466532-25-2007*. ООО «НТЦ Взрывобезопасность». Москва, 35 с.
7. АО «Ковдорский ГОК». URL: <https://заводы.рф/factory/kovdorskiy-gok> (дата обращения: 23.08.2022).
8. ПАО «Ураласбест». URL: <https://www.uralasbest.ru/> (дата обращения: 23.08.2022).

References

1. Overchenko M.N., Mozer S.P., Tolstunov S.A., Belin V.A., 2020. Vliyanie oseвого vozdushnogo kanala v skvazhinnykh zaryadakh emul'sionnykh vzryvchatykh veshchestv na effektivnost' deistviya vzryva [The influence of the axial air channel in borehole charges of emulsion explosives on the effectiveness of the explosion]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*. № 1, P. 61 – 70, DOI: 10.25018/0236-1493-2020-1-0-61-70.
2. Belin V.A., Kutuzov B.N., Ganopol'skii M.I., Overchenko M.N., Strogii I.B., 2016. *Tekhnologiya i bezopasnost' vzryvnykh работ* [Technology and safety of blasting operations]. Pod red. V.A. Belina. Moscow: Izd-vo "Gornoe delo" ООО "Kimmeriiskii tsentr", 424 p.
3. Shchukin Yu.G., Togunov M.B., Nazarov S.S., Borisov I.I., Belin V.A., Sapronov E.M., 2019. Vybor parametrov initsiiruyushchego impul'sa promezhutochnykh detonatorov dlya emul'sionnykh vzryvchatykh veshchestv [Selection of parameters of the initiating pulse of intermediate detonators for emulsion explosives]. *Vzryvnoe delo*, № 124 – 81, P. 127 – 137.
4. Belin V.A., Bolotova Yu.N., Gorbonos M.G., 2022. Issledovaniya detonatsionnykh kharakteristik emul'sionnykh vzryvchatykh veshchestv, primenyaemykh na zhelezorudnykh kar'erakh [Studies of detonation characteristics of emulsion explosives used in iron ore quarries]. *Gornaya promyshlennost'*, № 1, P. 52-56, DOI: 10.30686/1609-9192-2022-1-52-56.
5. Mel'nikov N.V., Marchenko L.N., 1964. *Energiya vzryva i konstruktsiya zaryada* [Explosion energy and charge design]. Moscow: Nedra, 138 p.
6. *Zaryady konturnogo vzryvaniya ZKV, 2007. Tekhnicheskie usloviya TU 7276-56466532-25-2007* [Charges of contour detonation of ZKV, 2007. Technical specifications TU 7276-56466532-25-2007]. ООО "NTTs Vzryvobezopasnost'". Moscow, 35 p.
7. АО "Kovdorskii GOK" [JSC "Kovdorsky GOK"]. URL: <https://zavody.rf/factory/kovdorskiy-gok> (data obrashcheniya: 23.08.2022).
8. ПАО "Uralasbest" [PJSC "Uralasbest"]. URL: <https://www.uralasbest.ru/> (data obrashcheniya: 23.08.2022).