

УДК 622.235

В.В. ГУРА, аспірант, Криворізький національний університет

ДОСВІД ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВЕДЕННЯ ВИБУХОВИХ РОБІТ В УМОВАХ КАР'ЄРІВ КРИВОРІЖЖЯ

Наведено результати експериментальних вибухів у Першотравневому та Ганнівському кар'єрах ПАТ ПІВНГЗК, в яких застосовано розподілення свердловинних зарядів на дві частини і короткоуповільнене їх підривання одна відносно одної. Обґрунтовано конструктивні параметри свердловинних зарядів (верхнього і нижнього), забійки і інертного проміжку, таким чином, що весь 15 м уступ розподіляється на дві майже рівні частини. Зроблено аналіз розповсюдження прямих і відбитих хвиль в тілі уступу після спрацювання верхньої частини заряду, яким обґрунтовано інтервал сповільнення між частинами видовженого заряду вибухової речовини, який охоплює терміни часу на проходження прямих хвиль до вільних поверхонь укосу і покрівлі уступу, відбитих хвиль до нижнього торця заряду, посування обох хвиль повз цей торець, а також, змінення розтягуючих напруг стискаючими. Лише по завершенню обумовленого процесу найдоцільніше підривати нижній заряд вибухової речовини. Наведено результати подрібнення гірських порід в експериментальних і контрольних дільницях вибухових блоків.

Стосовно пропонованого способу із розподіленням заряду на частини і їх підриванням із сповільненнями, особливої уваги потребує розмір інертного проміжку, який забезпечуватиме цілісність газових пухирців у тій частині заряду, що підривається пізніше. На відміну від даних у роботі [7], в даному випадку цей параметр, з урахуванням конкретних особливостей Першотравневого та Ганнівського родовищ, краще приймати в межах 3,5-4 м.

Задекларований спосіб короткоуповільненого підривання частин свердловинних зарядів одна відносно одної було використано саме з метою забезпечення рівномірності подрібнення гірських порід по всій висоті уступу на Першотравневому кар'єрі ПАТ «ПІВНГЗК» на одній із частин експериментального блоку №78, розташованого на гор.+29/+17 м і підірваного 26.06.2014 р. На іншій (контрольній) ділянці вибухового блоку роботи виконували згідно паспорту ведення буровибухових робіт. У цій ділянці кар'єру було зареєстровано схильність до завищень по підосві уступу в межах 3,1-6,2 м. Навпроти, зі сторони фронтальної частини блоку і відкосу уступу, на рівні нижньої бровки спостерігались завищення по підосві в межах 1,0-2,0 м.

Ключові слова: кар'єр, вибуховий блок, забивочний матеріал, висота уступу

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Досвід виконання буровибухових робіт в кар'єрах Криворіжжя свідчить, що у в'язких крупноблочних гірських породах переважна більшість негабаритних шматків утворюється в районі неактивної частини заряду - там де розміщується забивочний матеріал. Навпроти, в породах великої міцності, але хрупких, в районі забивки, за рахунок віддзеркалення від покрівлі уступу вибухової хвилі, якість вибухового подрібнення є задовільною, тоді як на рівні підосві уступу, де до існуючої міцності додаються стискаючі напруження від налягаючих зверху шарів порід, часто виникають проблеми із пропрацюванням по підосві уступу.

Отже, за різних умов виконання вибухових робіт, ми спостерігаємо нерівномірність подрібнення гірських порід по висоті уступу. Ця нерівномірність формує виробничі ситуації різного ступеню складності, які за умов врахування причин, що їх породжують, можуть бути усунені під час виконання проектних робіт. Найбільш доцільним, за таких умов, вважаємо метод короткоуповільненого підривання частин свердловинних зарядів.

Аналіз досліджень та постановка задачі. У літературі зустрічається твердження, що метод, представлений розосередженою конструкцією свердловинного заряду з різночасовим ініціюванням окремих частин заряду, є ефективним засобом керування енергією вибуху при руйнуванні гірських порід, який отримав розповсюдження і на кар'єрах Криворіжжя. Значні результати у дослідженні використання підривання із внутрішньо-свердловинним сповільненням, у тому числі і на кар'єрах Кривбасу, були проведені проф. Е.І. Сфремовим, М.Ф. Друкованим та ін.

Основною характерною відзнакою, що відрізняє вибухові роботи сучасності від досвіду викладеного в роботі [7], є використання емульсійної вибухової речовини Емоніт-Н із газовими пухирцями в ній, що виконують роль джерел зародження детонації у зарядах емульсійних вибухових речовин. Стосовно пропонованого способу із розподіленням заряду на частини і їх підриванням із сповільненнями, особливої уваги потребує розмір інертного проміжку, який забезпечуватиме цілісність газових пухирців у тій частині заряду, що підривається пізніше. На відміну від даних у роботі [7], у даному випадку цей параметр, з урахуванням конкретних особливостей Першотравневого та Ганнівського родовищ, краще приймати в межах 3,5-4 м.

Таке технічне рішення одночасно зменшує довжину забивки над верхньою частиною заряду до 3,7-4,2 м, що знову ж таки відрізняється від досвіду, наведеного в науковій праці [7].

Тому основним завданням дослідження, що описане в даній статті, було встановлення раціональних конструкцій свердловинних зарядів та сітки їх розташування, за яких забезпечувалося б вдосконалення способу ведення буровибухових робіт та підвищення якості вибухового подрібнення порід в умовах Першотравневого кар'єру ПАТ «ПВНГЗК».

Викладення матеріалу та результати. Наведені параметри інертного проміжку і забивки формують в свердловинах на уступах висотою 14-17 м. При цьому два підступи, що мають майже однакову висоту, підриваються зі сповільненнями у часі. Забивка над верхнім зарядом та інертний проміжок між зарядами близькі за розмірами.

Задекларований спосіб короткоуповільненого підривання частин свердловинних зарядів одна відносно одної було використано саме з метою забезпечення рівномірності подрібнення гірських порід по всій висоті уступу на Першотравневому кар'єрі ПАТ «ПВНГЗК» на одній із частин експериментального блоку №78, розташованого на гор.+29/+17 м і підірваного 26.06.2014 р. На іншій (контрольній) ділянці вибухового блоку роботи виконували згідно паспорту ведення буровибухових робіт. У цій ділянці кар'єру було зареєстровано схильність до завищень по підшві уступу в межах 3,1-6,2 м. Навпроти, зі сторони фронтальної частини блоку і відкосу уступу, на рівні нижньої бровки спостерігались завищення по підшві в межах 1,0-2,0 м.

Блок складався кварцит-гематит-силікатними породами з міцністю за шкалою проф. Протод'яконова $f=12-14$. Водонасиченість свердловин південної частини блоку, в котру входив і експериментальний блок складала $h_b=1-3$ м. В середньому по північній частині блоку, висота стовпа води згідно даних маркшейдерського виміру досягала $h_b=5-9$ м. Загальна кількість свердловин на блоці складала 440 шт., серед яких кількість свердловин експериментального блоку складала 81 шт. Лінія опору по підшві для першого ряду свердловин (ЛОПП) досягала 7-25 м. Фактична глибина свердловин відповідно до маркшейдерського виміру для першого ряду свердловин складала $h_{св}=18-21$ м, для наступних рядів - $h_{св}=17-21$ м.

Виходячи з даних умов була застосована сітка розташування свердловин $6 \times 6,5$ м. При цьому довжина верхньої частини заряду складала $l_{з.в}=4,5$ м, маса відповідно $Q_{з.в}=290$ кг. Цей заряд в змозі зруйнувати товщу гірських порід на всю висоту верхнього підступу. Згідно цьому, існуюче поняття «перебур» у даному випадку умовне.

Для означених умов глибина перебуру приймалась $l_{пер.в}=1,0$ м. Довжина забивки над верхнім зарядом складала 4,0 м, висота підступу який підривається верхнім зарядом складала: $h_{в.під}=l_{заб.}+l_{з.в}-l_{пер.в}=7,5$ м.

Питома витрата за означених умов для верхнього підступу складала: $q_{в.п}=0,99$ кг/м³. У даному випадку лінія опору по підшві для верхнього підступу для першого ряду складала $W_{1в}=6$ м, для наступних рядів - $W_{2в}=6,5$ м. За паспортом, усереднена питома витрата вибухової речовини q , для даних гірничо-геологічних умов блоку, що складається з чотирьох рядів свердловин - $q=1,3$ кг/м³. Виробничу ситуацію із розташуванням блоку зображено на рис. 1.

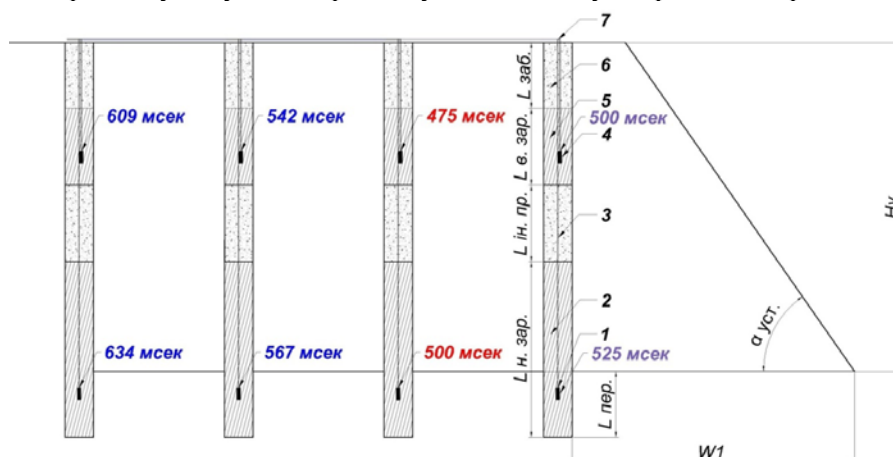


Рис 1. Розріз диспозиції експериментальної частини блоку: 1 - бойовик зі свердловинним капсюлем-детонатором номіналом 500 мс; 2 - нижній заряд вибухової речовини Емоніт-Н; 3 - інертний проміжок із відсіву; 4 - бойовик зі свердловинним капсюлем-детонатором номіналом 475 мс; 5 - верхній заряд вибухової речовини Емоніт-Н; 6 - матеріал забійки; 7 - хвильоводи

Як матеріал інертного проміжку між верхньою та нижньою частинами заряду використовувався породний відсів. Довжина проміжку становила 3,5 м.

При цьому, над верхнім зарядом виконувалась забійка, параметри якої встановлювали за формулою (1), м

$$13d_{\text{зар}} \leq L_{\text{заб}} \leq 24d_{\text{зар}}, \quad (1)$$

де $L_{\text{заб}}$ - довжина забійки, фактично 4,0 м.

Схема комутації вибухового блоку була виконана з центральним врубом. Загальний час спрацювання блоку складав 4362 мс.

Верхній бойовик розташовували на рівні умовної підшови, тобто його відстань від підшови уступу складала 7,5 м. На такій же відстані над покрівлею формувалася умовний ініціатор умовного заряду вибухової речовини, від якого формувалася відбита хвиля від покрівлі уступу.

Швидкість прямої, а отже і відбитої хвиль в цьому масиві гірських порід становить - 4,1 км/с. Тоді до покрівлі хвиля дійде за 1,6 мс, а до укосу уступу за 1,1 мс. Умовне джерело хвилі, яка, віддзеркалившись, рухається від укосу уступу позначено літерою А, а умовне джерело для хвилі, яка рухатиметься віддзеркалившись від покрівлі уступу Б, рис. 2.

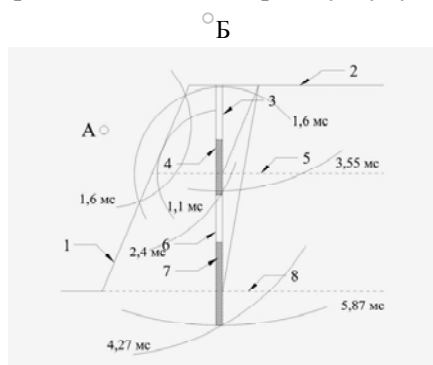


Рис. 2. Поперечний переріз уступу уздовж вибухової свердловини із нанесенням на ньому прямих і відображених вибухових хвиль, викликаних підірванням верхнього заряду: 1 - укіс уступу; 2 - покрівля уступу; 3 - частина свердловини із забійкою; 4 - частина свердловини із верхнім зарядом; 5 - умовна підшова, що формується верхнім зарядом; 6 - частина свердловини із інертним проміжком; 7 - частина свердловини із нижнім зарядом; 8 - підшова уступу. Позначені моменти часу підходу вибухових хвиль: прямої (1,1-1,6 мс) і відображених

Відбита хвиля, яка рухається від умовного джерела А, досягає торця верхнього заряду, через 2,4 мс, а торця нижнього заряду через 4,27 мс. У той же час відбита хвиля від покрівлі уступу досягне тих же меж відповідно через 3,55 мс і 5,87 мс відповідно. При виконанні даних розрахунків приймалися до уваги головні частини відбитих хвиль. Фактично хвиля має тіло, яке є асиметричним: швидке нарощування напруг і деформацій і повільне їх сходження нанівець. Із зростанням відбита хвиля збільшує свою довжину. Більш повільне зменшення напруг і деформацій після досягнення їх максимуму пояснюється наявністю проявів пластичної хвилі [4,5]. На відстанях, означених на рис. 2: торці верхнього і нижнього зарядів, довжина тіла хвилі в аналогічних породах з урахуванням шляху прямої хвилі до віддзеркалення, згідно [4,5] складає відповідно біля 5,5-7 м. У процесі досліджень нас більше цікавило останнє число, оскільки у відбитій хвилі напруги розтягуючі і необхідно дочекатися, коли вони зійдуть нанівець і зміняться стискаючими напругами. Лише після того найдоцільнішим буде підірвати нижній заряд. Після виходу часу головної частини відбитої хвилі від покрівлі уступу – 5,87 мс, додавався час - 2,44 мс необхідний для проходження тіла хвилі довжиною 10 м. У результаті було отримане значення часу, по досягненню котрого хвиля розтягнення буде змінюватися хвилею стиснення, а саме - 8,31 мс. Ця хвиля знову ж таки буде збільшувати свою довжину, при цьому зміна буде прямо пропорційна її асиметричності, створюючи більш сприятливі умови для підірвання нижнього заряду. Прийняте нами сповільнення в 25 мс між підірванням двох частин свердловинного заряду добре відповідає умовам нашого експерименту. У даному контексті мається на увазі, що нижній заряд підірвається в умовах стискаючих напруг.

Розраховуючи питому витрату вибухової речовини для нижнього заряду, відстань h_n від підшови уступу до умовної підшови, що відпрацьовується верхнім зарядом складає: $h_n = H_y - h_b = 17 - 7,5 = 9,5$ м. Значення висоти уступу 17 м не є паспортним, а реальним, для блоку №78.

Місцями це значення навіть зростало. Дільниця гірських порід, яка підлягає подрібненню, має форму трапеції, верхня основа якої у масштабі становить 5,5 м, а нижня - 9,5 м.

За умов відстані між свердловинами в ряду - 6 м, матимемо об'єм що підлягає подрібненню нижнім зарядом, м³

$$V_n = \left(\frac{5,5 + 9,5}{2} \right) \cdot 9,5 \cdot 6 = 427,5.$$

За умови маси нижнього заряду - 400 кг, питома витрата вибухових речовин на весь уступ складала $q=0,958$ кг/м³. Необхідно зазначити, що відповідно до паспорту ведення буровибухових робіт для гірських порід міцністю $f=12-14$, питома витрата становить $q=1,3$ кг/м³, що підтверджує економічну ефективність результатів.

Паралельно з блоком у Першотравневому кар'єрі, було підірвано дільницю в Ганнівському кар'єрі ПАТ «ПВНГЗК» за тією ж схемою реалізації внутрішньосвердловинного сповільнення: зверху вниз. 23.10.2014 р. було підірвано експериментальний блок №106а, в якому було виділено дослідну дільницю для зарядів, розподілених на дві частини з підірванням зі сповільненнями: в першу чергу верхній заряд (475 мс), після чого нижній (500 мс). Блок був складений грубослоїстими магнетит-силікатними кварцитами з коефіцієнтом міцності за шкалою проф. Протод'яконова $f=16$. При цьому, проектна висота уступу складала - 15 м, фактична - 18,0 м. Середнє значення лінії опору по підошві - 12,65 м, а окремі значення досягали - 16 м, середня відстань між свердловинами в ряду - 6 м. Але переважали значення - 6,5 м (50 %), середня відстань між свердловинами - 5,9 м, серед них значення 6,0-6,5 м складала 59%. Середня глибина свердловин складала - 20,0 м. Згідно даних маркшейдерського виміру, свердловини характеризувались сильною обводненістю. Висота стовпа води коливалась в межах 9-14 м.

Варіація параметрів розташування свердловин призвела до варіації питомої витрати вибухової речовини, яка в наступних рядах змінювалась в межах 1,0-1,56 кг/м³. Середні ж значення для всіх рядів в експериментальній частині блоку склали - 1,082 кг/м³, а в контрольній - 1,177 кг/м³.

Результати вимірювання якості подрібнення наведено в табл. 1.

Фізичні процеси посування вибухових хвиль від частин свердловинних зарядів на експериментальній дільниці блоку №106а аналогічні тим, які розглядалися під час аналізу спрацювання зарядів в блоці №78 Першотравневого кар'єру. Аналіз результатів вимірювання кускуватості свідчить, що застосування методу внутрішньосвердловинних сповільнень при підірванні вибухових блоків є більш ефективним в породах з міцністю $f=12-14$, оскільки розмір середнього куска в них зменшився в експериментальних дільницях відносно контрольних на 14,7 %, тоді як у породах більш міцних ($f=16$) - лише на 9 %. Така ж сама залежність спостерігається і під час вимірів вмісту негабариту.

Таблиця 1

Результати вимірювання якості подрібнення

Дільниця вибухового блоку	Коефіцієнт міцності, f	Вміст фракцій, % у межах крупності, мм					Розмір середнього куска, мм
		0-200	201-400	401-800	801-1200	>1200	
Першотравневий кар'єр							
Експериментальна	12-14	55,62	28,91	14,1	1,28	0,09	238
Контрольна	12-14	49,75	29,7	17,91	2,37	0,27	273
Ганнівський кар'єр							
Експериментальна	12-14	53,03	27,61	16,54	2,46	0,36	257
Контрольна	12-14	49,66	27,85	18,58	3,3	0,61	280

Висновки та напрямок подальших досліджень. Проведеними експериментальними вибухами на двох кар'єрах ПАТ «ПВНГЗК» доведено ефективність розподілення свердловинних зарядів на дві частини і короткоуповільнене їх підірвання з інтервалом сповільнення 25 мс. Наведено параметри розташування зарядів і результати вибухових робіт.

Покращення забезпечено: появою нової вільної поверхні на рівні торця верхньої частини заряду з наступним формуванням відбитої хвилі від неї після спрацювання нижньої частини заряду; розвантаженням нижньої частини уступу від тиску верхніх шарів гірських порід, які підняті у повітря верхньою частиною заряду.

Подальші дослідження планується спрямувати у напрямку розширення умов застосування запропонованого способу.

Список літератури

1. **Купрін В.П., Коваленко І.Л., та ін.** Розробка і впровадження емульсійних вибухових речовин на кар'єрах України. – Дніпропетровськ:ДВНЗ УДХТУ, 2012. – 243 с.
2. **Биков К.Є., Носов В.М. та ін.** Пат. 31419 Україна МПК7F42D1/02. Пристрій для розосередження заряду вибухової речовини в обводненій свердловині //опубл.10.04.2008, Бюл №7.
3. **Купрін В.П. та ін.** Оцінка детонаційних характеристик емульсійних вибухових речовин марки Україніт та Емоніт // Інформац. Бюл. – УСПВ . – 2012. – №1. – С.6-12.
4. **Ефремов Э.И.** Выбор метода размещения и параметров промежуточных детонаторов при использовании скважинных зарядов / Ефремов Э.И., Ищенко Н.И., Пономарев А.В. // информационный бюллетень УСПВ, №1, 2011. – С.2-6.
5. **Мельников Н.В.** Влияние конструкции зарядов на результаты взрывных работ, - В кн. Сборник докладов IV симпозиума в г. Ролла (США, 1961), Госгортехиздат, М., 1962.
6. **Марченко Л.Н.** Опыт применения зарядов с воздушными промежутками. Тезисы и материалы научно-технического семинара «Совершенствование буровзрывных работ на открытых разработках». Днепропетровск, «Промінь», 1963.
7. **Ефремов Э.И.** Взрывание с внутрискважинными замедлениями., «Наукова думка», Киев – 1971. – 167с.
8. **Кук М.А.** Наука о промышленных взрывчатых веществах. Пер. с англ. Под. Ред. Г. П. Демидюка и Н.С. Бажаревич. М., Недра, 1980. 453с. – Пер. изд.: США, 1974, с.382-385.
9. **Duvall W.I/ and T.C. Atchison,** “Rock Brekage by Explosives”, RI 5356 (Bur. of Mines), Sept/ 1957; Missouri School of Mines and Metallurgy, Symposium of Mining Research, TS No/ 97, p. 100 (1959), L. Obert, Bur. of Mines RI 6053 (1962).
10. **Hino K.,** Theory and Practice of Blasting, Nippon, Kayaku Co., Ltd., 1959.
11. **Johansson C.H. and P.A. Persson,** Detonics of High Explosives, Academic Press, New York, London, 1970; P.A. Persson, N. Lundborg, and C.H. Johansson, “The Basic Mechanisms in Rock Blasting”, Proceedings of the Second Congress of the International Society of Rock Blasting 5 – 3, Belgrade, Yugoslavia, 1970.

Рукопис подано до редакції 22.03.16

УДК 622.272: 624.191.5

А.Н. РОЕНКО, д-р техн. наук, проф., Национальный горный университет
С.А. ХАРИН, д-р техн. наук, проф., Институт предпринимательства «Стратегия»

РАЗРАБОТКАМОДЕЛИОПТИМИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ SWING ЯЗЫКА JAVA

Указаны факторы, характеризующие современное состояние железорудной промышленности страны - изношенность основных производственных фондов предприятий, особенно их активной части, исчерпанность богатых легкодоступных месторождений полезных ископаемых, большая глубина ведения работ на карьерах, проблемы, связанные с масштабами и темпами вскрышных работ, экологический ущерб, связанный с деятельностью горных предприятий. Отмечено, что отрасль может выдерживать конкуренцию при активном внедрении комплекса мероприятий, направленных на повышение качества продукции, снижение ее себестоимости, обеспечение ритмичности производства.

Констатируется, что разработка железных руд на больших глубинах целесообразна при высоких объемах годовой добычи на шахтах, с наиболее благоприятным сочетанием различных условий. При этом месторождение будет обрабатываться сравнительно короткое время и образуется эффект от экономии условно-постоянных затрат.

Для условий глубоких шахт можно рекомендовать вскрытие горизонтов с применением слепых вертикальных стволов. Строительство горизонта второй ступени возможно: с использованием одной точки приложения работ – от главного ствола; двух – от главного ствола и одного из фланговых; трех точек – от главного ствола и обоих фланговых или – от главного ствола, флангового и временного околотрекового; пяти точек - от главного ствола, двух фланговых и двух временных околотрековых.

Разработаны математическая модель и программа с использованием библиотеки Swing языка Java, позволяющие выполнить исследования сочетаний темпов проведения комплекса выработок и значений эксплуатационных производительностей различного проходческого оборудования, обеспечивающих эти темпы и, в совокупности, позволяющих достигать минимальных затрат.

Ключевые слова: железорудная промышленность, модели оптимизации, повышение качества продукции.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Ритмичная работа железорудного отрасли является важным фактором стабильности хозяйства страны. Необходимость поддержания производственных мощностей в условиях больших глубин добычи сырья должна сопровождаться разносторонними исследованиями, направленными на дальнейшее совершен-