После завершения эксперимента по извлечению руды из первой нечетной дучки нужно продолжить выпуск чистой руды из нечетных дучек. Затем приступить к выпуску чистой и разубоженной руды из четных дучек в любой последовательности. Такая последовательность выпуска руды из панели, как показывают эксперименты в лабораторных условиях, позволит обеспечить максимальное извлечение чистой и разубоженной руды из выемочных единиц (панели или подэтажа).

Список литературы

1. **Чернокур В.Р., Шкребко Г.С., Шелегеда В.И.** Добыча руд с подэтажным обрушением / **В.Р. Чернокур, Г.С. шкребко, В.И.Шелегеда.**// М.: Недра, 1992. – С. 4-11.

2. **Малахов Г.М., Безух В.Р., Петренко П.Д.** Теория и практика выпуска обрушенной руды / **Г.М. Малахов, В.Р.Безух, П.Д. Петренко.** // М.: Недра, 1968. – С. 40-46.

3. **Кудрявцев М.С.** Зависимость разубоживания руды от влажности. Разраб. рудн. месторожд. - К. - «Техника», 1979. - С. 70-72.

4. **Кудрявцев М.С.** Дисс. канд. техн. наук, Криворожский горнорудный институт, 1967. - С. 52-56.

Рукопись поступила в редакцию 21.03.12

УДК 622.235

О.О. ФРОЛОВ*, канд. техн. наук, доц., Ю.О. БРИТВИН, студ.
НТУУ "Київський політехнічний інститут"

ВСТАНОВЛЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ БАГАТОТОЧКОВОГО ІНІЦІАТОРА ПРИ РУЙНУВАННІ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ СВЕРДЛОВИННОГО ЗАРЯДУ

Проведено аналіз способів реалізації багатоточкового ініціювання свердловинних зарядів. Визначено сумарний імпульс ударної хвилі, який діє від точкових детонаторів багатоточкового ініціатора, та здійснене його порівняння з імпульсом від лінійного ініціювання. Встановлені ефективні параметри багатоточкового ініціювання в порівнянні з лінійним.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. Методи керування енергією вибуху на кар'єрах умовно поділяють на дві основні групи [1]. До першої групи належать методи, в яких передбачена взаємодія свердловинних зарядів вибухових речовин (ВР). Це короткосповільнене підривання, внутрішньосвердловинне сповільнення, а також система зустрічного ініціювання свердловинних зарядів. Друга група характеризується методами, орієнтованими на максимальне використання енергії вибуху окремого заряду. До них належать застосування повітряних та інертних проміжків у свердловинних зарядах, розміщення детонатора у нижній частині заряду, лінійне, багатоточкове та зустрічне ініціювання, формування заряду в оболонках, діаметр яких менший за діаметр свердловини.

Незважаючи на значну кількість запропонованих методів, які забезпечують підвищення ефективності руйнування масиву гірських порід, багато з них або не застосовуються на виробництві внаслідок їх нетехнологічності, або застосовуються неефективно. Це стосується, зокрема, деяких систем ініціювання за допомогою детонуючого шнура (ДШ). Детонаційна хвиля, яка проходить по ДШ, викликає низькошвидкісне (1,2...1,7 м/с) вибухове перетворення значної частини заряду до приходу детонаційної хвилі від вибуху проміжного детонатора. У випадку нижнього ініціювання втрачається від 15 до 30% енергії вибуху. Для запобігання втратам енергії вибуху рекомендується до застосування багатоточкове і лінійне ініціювання.

Аналіз досліджень і публікацій. Впродовж останніх років було розроблено декілька конструкцій лінійного ініціатора. Однак, незважаючи на високу ефективність лінійного ініціювання, ні одна з конструкцій не була впроваджена у виробництво. Це пояснюється або їх незручністю в застосуванні, або високою вартістю.

Чисельними дослідженнями встановлені ефективність і доцільність застосування багатоточкового ініціювання в порівнянні з традиційними методами ініціювання зарядів ВР [2-4]. Воно, при відповідних параметрах, має переваги лінійного ініціювання, однак значно дешевше і зручніше в застосуванні. Зокрема, автори роботи [2] розміщували проміжні детонатори по осі заряду. Відстань між точками ініціювання становила 1 м. Встановлено, що при підриванні свердловинних зарядів час дії продуктів детонації в зарядній камері збільшується в декілька разів в порівнянні зі звичайним способом підривання.

* © Фролов О.О., Бритвин Ю.О., 2012

Дослідження [3], виконані для визначення оптимальної відстані між точками ініціювання, дозволили встановити, що відстань між бойовиками, розміщеними по осі заряду, повинна становити 5 - 14 діаметрів заряду. Дослідницькі вибухи показали, що для діаметра свердловин 118 мм найкраще подрібнення пісковиків досягається при відстані між бойовиками 1,5 м. При збільшенні діаметра свердловин оптимальна відстань між бойовиками збільшується і становить приблизно 10 діаметрів заряду. В роботі [4] розглядається підривання зарядів ВР багатоточковим ініціатором, в якому бойовики розміщені на двох нитках ДШ. Автор пропонує зміщувати точки ініціювання відносно осі циліндричного заряду до стінок свердловини в шаховому порядку. Таке асиметричне багатоточкове ініціювання заряду дозволить підсилити ефект багаторазового навантаження руйнованого середовища.

Постановка задачі. Розглянуті конструкції свердловинного заряду не надають однозначного рішення по параметрах ініціатора, способу реалізації багатоточкового ініціювання та ефективності його застосування в порівнянні з лінійним ініціюванням. Тому задачею даної роботи є обгрунтування ефективних параметрів багатоточкового ініціатора при підриванні свердловинних зарядів різних типів ВР.

Викладення матеріалу та результати. Дослідженнями встановлено, що ефективність дії вибуху встановлюється значенням тиску на фронті ударної хвилі, який діє на стінки свердловини [5]. Припустимо, що сумарне значення імпульсу ударної хвилі від багатоточкового ініціатора по довжині свердловини залежить від відстані між точками ініціювання. Тому для встановлення оптимальної відстані між бойовиками визначимо сумарний імпульс ударної хвилі, яка діє від точкових детонаторів багатоточкового ініціатора, розміщених на певній відстані H один від одного, і порівняємо його з імпульсом від лінійного ініціювання на цій же відстані [6].

Розглянемо випадок ініціювання двох точкових детонаторів *1* і *2* багатоточкового ініціатора (рис. 1).

Після їх ініціювання від першого, а потім другого детонатора починають поширюватися сферичні ударні хвилі по ВР. До моменту їх зустрічі сферична хвиля від першого детонатора проходить відстань h_1, а від другого – h_2.

У цьому випадку час зустрічі ударних хвиль від кожного з бойовиків буде визначатися

$$t = \frac{h_1}{D_{\text{ВР}}} \quad \text{або} \quad t = \frac{H}{D_{\text{ДШ}}} + \frac{h_2}{D_{\text{ВР}}}, \tag{1}$$

де $D_{\text{ВР}}$ - швидкість поширення детонаційної хвилі по ВР, м/с; $D_{\text{ДШ}}$ - швидкість детонації по ДШ, м/с; H - відстань між точковими детонаторами, м.

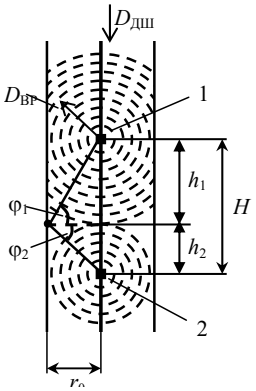

Рис. 1. Схема до розрахунку відстані між точками ініціювання

Розв'язуючи спільно рівняння (1) і враховуючи, що $H=h_1+h_2$, отримаємо

$$h_1 = \frac{H}{2}\left(1 + \frac{D_{\text{ВР}}}{D_{\text{ДШ}}}\right); \quad h_2 = \frac{H}{2}\left(1 - \frac{D_{\text{ВР}}}{D_{\text{ДШ}}}\right). \tag{2}$$

Визначимо сумарний імпульс ударних хвиль від детонаторів *1* і *2* на відрізку H. Згідно з [5] імпульс ударної хвилі, яка падає на перепону під кутом φ, становить

$$i_\varphi = i_n(\cos^2\varphi + \beta\sin^2\varphi), \tag{3}$$

де i_n - питомий імпульс при φ = 0; β - параметр, який залежить від властивостей продуктів детонації (показника ізоентропи γ).

Оскільки маємо осьову симетрію, то сумарний імпульс визначиться інтегруванням виразу (3) тільки по h. У цьому випадку

$$I_b = \int_0^{h_1} i_{\varphi_1}\,dh + \int_0^{h_2} i_{\varphi_2}\,dh, \tag{4}$$

де $i_{\varphi 1}$, $i_{\varphi 2}$ – імпульси ударної хвилі від детонаторів *1* і *2*.

Перейдемо до інтегрування по φ

$$h = r_0 tg\varphi; \qquad \varphi = \text{arctg}\frac{h}{r_0}; \qquad dh = \frac{r_0}{\cos^2\varphi}d\varphi, \tag{5}$$

де r_o - радіус свердловини, м.

Тоді

$$I_b = i_n r_0 \left(\int_0^{\varphi_1} \left(1 + \beta \frac{\sin\varphi}{\cos^2\varphi} \right) d\phi + \int_0^{\varphi_2} \left(1 + \beta \frac{\sin\varphi}{\cos^2\varphi} \right) d\varphi \right), \tag{6}$$

де

$$\varphi_1 = \operatorname{arctg}\frac{h_1}{r_0} = \operatorname{arctg}\left(\frac{H}{2r_0} \left(1 + \frac{D_{\text{ВР}}}{D_{\text{ДШ}}} \right) \right); \qquad \varphi_2 = \operatorname{arctg}\frac{h_2}{r_0} = \operatorname{arctg}\left(\frac{H}{2r_0} \left(1 - \frac{D_{\text{ВР}}}{D_{\text{ДШ}}} \right) \right). \tag{7}$$

У результаті інтегрування отримаємо

$$I_b = i_n r_0 \left[\operatorname{arctg}\left(\frac{H}{2r_0} \left(1 + \frac{D_{\text{ВР}}}{D_{\text{ДШ}}} \right) \right) + \operatorname{arctg}\left(\frac{H}{2r_0} \left(1 - \frac{D_{\text{ВР}}}{D_{\text{ДШ}}} \right) \right) + \right.$$

$$\left. + \beta \left(\frac{1}{\cos\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{H}{2r_0} \left(1 + \frac{D_{\text{ВР}}}{D_{\text{ДШ}}} \right) \right) \right)} + \frac{1}{\cos\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{H}{2r_0} \left(1 - \frac{D_{\text{ВР}}}{D_{\text{ДШ}}} \right) \right) \right)} - 2 \right) \right]. \tag{8}$$

У випадку підривання свердловинного заряду лінійним ініціатором імпульс ударної хвилі, яка падає на стінку свердловини на тому ж відрізку H буде визначатися як

$$I_l = i_n \int_0^H \left(\cos^2\varphi + \beta \sin\varphi \right) dH \,. \tag{9}$$

У цьому випадку кут падіння ударної хвилі на стінки свердловини буде постійним

$$\varphi = \operatorname{arctg}\frac{D_{\text{ВР}}}{D} \,. \tag{10}$$

Після інтегрування (8) отримаємо

$$I_l = i_n \left[\cos^2\left(\operatorname{arctg}\frac{D_{\text{ВР}}}{D} \right) + \beta \sin\left(\operatorname{arctg}\frac{D_{\text{ВР}}}{D} \right) \right] H \,. \tag{11}$$

Для встановлення ефективних параметрів ініціатора визначимо різницю відносних імпульсів ударних хвиль між багатоточковим і лінійним ініціюванням, в залежності від H

$$\frac{I_b - I_l}{i_n} = f(H) \,. \tag{12}$$

Розрахунки проведено за таких умов підривання: свердловина радіусом r_0 = 0,125 м; швидкість поширення детонації по ДШ $D_{\text{ДШ}}$ = 6200 м/с; параметр, який залежить від властивостей продуктів детонації вибуху, становить згідно [5] β = 1/16; швидкість поширення детонаційної хвилі по ВР приймається від 2500 до 5000 м/с.

На рис. 2 та 3 наведено залежності різниці відносних імпульсів ударних хвиль при багатоточковому та лінійному ініціюванні від відстані між бойовиками H для різних конструкцій лінійного ініціатора, які були розроблені і проходили випробування в промислових умовах. Це патронована ВР – Гелекс-650 зі швидкістю детонації D = 4500 м/с; чотири і більше нитки ДШЭ-12, D = 6200 м/с; лінійний ініціатор свердловинних зарядів (ЛІС), D = 7800 м/с. Лінійне ініціювання здійснювалося по осі свердловинного заряду ВР.

Для промислових ВР типу грамоніт 79/21 (швидкість розповсюдження детонації по ВР $D_{\text{ВР}}$ = 3500 м/с) максимально можлива відстань між проміжними детонаторами в багатоточковому ініціаторі при порівнянні з лінійним ініціатором Гелекс-650 становить 0,32 м, а найбільш ефективна – 0,15 м. При цьому різниця їх відносних імпульсів досягає 0,03 (рис. 2).

При порівнянні з підриванням ДШЭ-12 оптимальна відстань між точками ініціювання дорівнює 0,11 м. Рівність сумарних імпульсів, що діють на стінки свердловини, від дії багатоточкового і лінійного ініціювання досягається при відстані між бойовиками 0,21 м.

Порівняно з ЛІС багатоточкове ініціювання найбільш ефективне при відстані між проміжними детонаторами 0,08 м, різниця відносних імпульсів при цьому становить 0,01. Однаковим за ефективністю використання ініціаторів є відстань між бойовиками 0,13 м.

Найбільш доцільне застосування багатоточкового ініціатора при підриванні емульсійних промислових ВР зі швидкістю детонації $D_{ВР}$ = 5000 м/с (рис. 3). Відстань між бойовиками в багатоточковому ініціаторі, при якій досягається найбільша різниця відносних імпульсів ударних хвиль (0,048) порівняно з лінійним ініціюванням Гелексом-650, становить 0,18 м. Рівність відносних імпульсів ударних хвиль спостерігається при відстані 0,44 м.

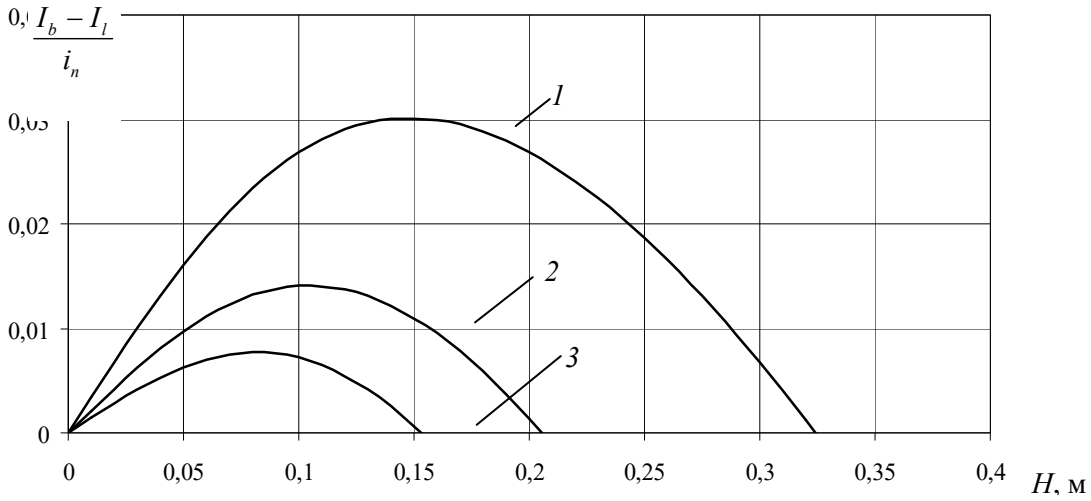

Рис. 2. Залежність різниці відносних імпульсів ударних хвиль при багатоточковому та лінійному ініціюванні при швидкості детонації по заряду $D_{ВР}$ = 3500 м/с від значень H для різних конструкцій лінійного ініціатора: *1* – Гелекс-650; *2* – ДШЭ-12; *3* – ЛІС

Використання в якості лінійного ініціатора ниток ДШЭ-12 доцільно лише у випадку порівняння його з багатоточковим ініціатором при відстані між проміжними детонаторами більше ніж 0,27 м. При відстані 0,27 м їх ефективність однакова, а при відстані 0,135 м багатоточковий ініціатор є найбільш ефективним (різниця відносних імпульсів 0,027).

Аналіз залежності різниці відносних імпульсів ударних хвиль при використанні багатоточкового ініціатора та ЛІС від відстані між точками ініціювання показує, що найбільша різниця між імпульсами (0,016) досягається при відстані 0,1 м, а найменша при - 0,19 м.

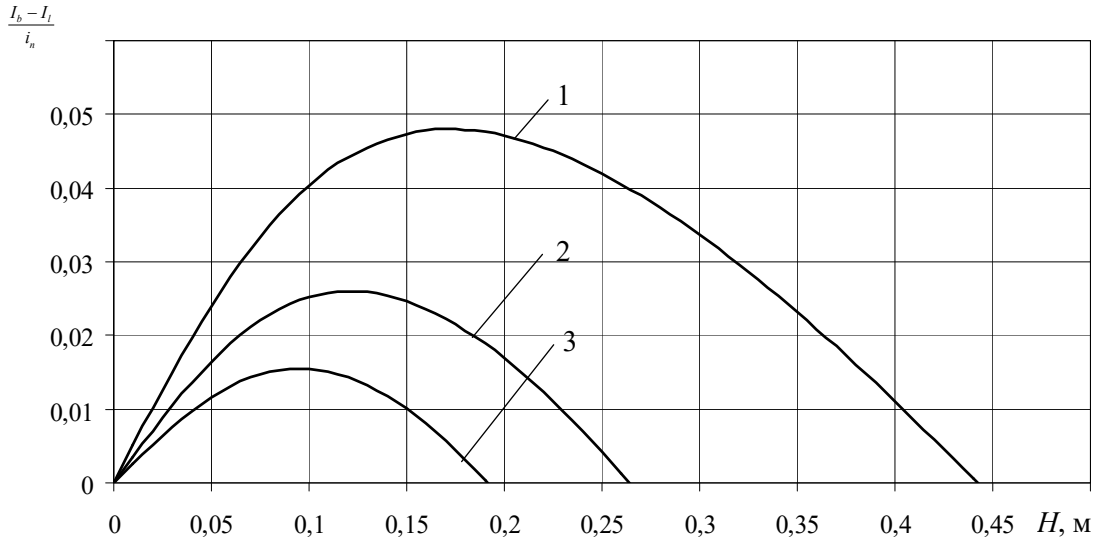

Рис. 3. Залежність різниці відносних імпульсів ударних хвиль при багатоточковому та лінійному ініціюванні при швидкості детонації по заряду $D_{ВР}$ = 5000 м/с від значень H для різних конструкцій лінійного ініціатора: *1* – Гелекс-650; *2* – ДШЭ-12; *3* – ЛІС

Висновки та напрямки подальших досліджень. Проведені розрахунки показують, що збільшення швидкості розповсюдження детонації по свердловинному заряду ВР з 2500 до 5000 м/с приводить до підвищення ефективності багатоточкового ініціатора в порівнянні з лінійним. Зокрема, при порівнянні з Гелексом-650 різниця максимальних значень відносних імпульсів ударних хвиль підвищується з 0,016 при $D_{ВР}$ = 2500 м/с до 0,048 при $D_{ВР}$ = 5000 м/с, тобто в 3 рази. При розгляді багатоточкового ініціювання і лінійного з використанням ДШЭ-12 різниця відносних імпульсів становить 0,007 для швидкості детонації 2500 м/с і 0,027 при $D_{ВР}$ = 5000 м/с. Ефективність застосування багатоточкового ініціатора в цьому разі збільшується в 3,9 рази. Порівнюючи багатоточковий ініціатор та ЛІС слід зазначити, що при наведених швидкостях розповсюдження детонації ефективність застосування першого підвищується в 5,3 рази.

Також слід зазначити, що підвищення швидкості детонації ВР сприяє збільшенню відстані між проміжними детонаторами в багатоточковому ініціаторі, що впливає на зменшення його вартості. Зокрема, порівняно з Гелексом-650, відстань між точками ініціювання, яка забезпечує максимальне значення різниці їх відносних імпульсів, для $D_{ВР}$ = 2500 м/с становить 0,12 м, а для $D_{ВР}$ = 5000 м/с - 0,18 м (збільшується в 1,5 рази). Застосування багатоточкового ініціатора замість ДШЭ-12 дозволить збільшити відстань між бойовиками від 0,1 м до 0,135 м (в 1,35 рази) при зміні швидкості детонації по ВР з 2500 до 5000 м/с відповідно. Найбільша ефективність багатоточкового ініціатора в порівнянні з ЛІС досягається при відстанях між точками ініціювання 0,07 м для швидкості розповсюдження детонації по свердловинному заряду ВР 2500 м/с та 0,1 м для швидкості детонації 5000 м/с, тобто збільшується в 1,43 рази.

У випадку одночасного підривання проміжних детонаторів в багатоточковому ініціаторі ефективність ініціювання в цілому в 1,26-1,47 разів вища за багатоточкове ініціювання на основі ДШ, яке було розглянуто вище, в залежності від типу лінійного ініціатора.

Список літератури

1. **Миндели Э. О.** Комплексное исследование действия взрыва в горных породах / Э. О. Миндели, Н. Ф. Кусов, А. А. Корнеев, Г. И. Марцинкевич. – М.: Недра, 1978. – 253 с.

2. Шевкун Е. Б. Управление действием взрыва скважинных зарядов / Шевкун Е. Б. – М.: Наука, 1992. – 181 с.

3. **Исследование** эффективности действия взрыва при многоточечном инициировании удлиненных зарядов / [Сеинов Н. П., Марченко Л. Н., Жариков И. Ф., Валиев Б. С., Удачин В. Г.] // Взрыв. дело. – М.,1972. – № 71/28. – С. 102–108.

4. **Жариков И. Ф.** Рациональные конструкции зарядов при дроблении горных пород взрывом/ И. Ф. Жариков // Взрыв. дело. – М.,1986. – № 89/46. – С. 121–136.

5. **Воробьев В. В.** Промышленные исследования эффективности многоточечного инициирования скважинных зарядов / В. В.Воробьев, В. Т. Щетинин // Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КГПУ – Кременчуг, 2000. – Вип 2/2000(9). – С. 504-506.

6. **Физика взрыва** / Под ред. Л. П. Орленко. – Изд. 3-е, переработанное в 2 т. – Т.1 – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 832 с.

7. **Фролов О. О.** Дослідження впливу параметрів багатоточкового ініціатора на ефективність дії вибуху свердловинного заряду / О. О. Фролов // Вісник НТУУ "КПІ". Серія "Гірництво": Зб. наук. праць. –2004. – Вип. 10. – С. 70–80.

Рукопись поступила в редакцию 21.03.12

УДК 502.6

В.В. АБЛЕЦ*, канд. геол.-мин. наук, В.А. ТЕРЕЩЕНКО, И.М. ЗАХАРЕНКО,
ГП «ГПИ «Кривбасспроект»

ЗЕМЕЛЬНЫЕ УЧАСТКИ: ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Выделены основные черты земельных участков, характеризующие их как элементы окружающей среды, которые подлежат охране. Обоснована необходимость определения влияния на земельные участки при разработке материалов оценки воздействий планируемой деятельности на окружающую среду.

Проблема и ее связь с научными задачами. В данной статье под земельными участками мы будем подразумевать участки конкретных природных и техногенных территорий при осуществлении градостроительной и проектной деятельности. Если техногенные объекты, например, автодороги и всякого рода искусственные покрытия считать техногенными новообразованиями геологической среды, то земельными участками можно считать приповерхностные части геологической среды (литосферы), которые используются для размещения и эксплуатации разнообразных объектов. Для конкретных земельных участков (территорий) характерны свои особенные процессы и взаимосвязи с окружающей средой. Большая часть человеческой деятельности сопряжена с выполнений всякого рода действий на земной поверхности и с активным ее преобразованием. На земной

* © Аблец В.В., Терещенко В.А., Захаренко И.М., 2012