

УДК 622.235

О.О. Фролов, д.т.н, проф., І.О. Копка, магістрант.
Національний технічний університет України «КПІ»

ПІДСИЛЕННЯ ДІЇ ВИБУХУ В СВЕРДЛОВИННОМУ ЗАРЯДІ РОЗМІЩЕННЯМ ПРОМІЖНИХ ДЕТОНАТОРІВ

З появою неелектричних систем ініціювання (HeCI) типу «Нонель» з'явилась можливість промислового використання ефекту взаємодії енергетичних потоків на рівні підосви уступу [1].

Обґрунтування місця розміщення проміжних детонаторів в свердловинному заряді для підсилення дії вибуху в підосві уступу за рахунок взаємодії детонаційних хвиль є метою даних досліджень.

Для забезпечення зустрічі детонаційних хвиль на рівні підосви уступу місце розміщення верхнього та нижнього проміжних детонаторів було визначено з умови рівності часу поширення цих хвиль по заряду ВР від верхнього бойовика до нижнього.

В цьому випадку вищезазначена умова матиме вигляд [2]:

$$\frac{l}{D_{BP}} + t_{cn} = \frac{l+h}{D_{XB}} + \frac{h}{D_{BP}}, \quad (1)$$

де l – відстань від верхнього проміжного детонатора до рівня підосви уступу (рис. 1), м; h – відстань від рівня підосви уступу до нижнього проміжного детонатора в свердловинному заряді, м; D_{BP} – швидкість поширення детонації по ВР, м/с; D_{XB} – швидкість поширення детонації по хвилеводу HeCI, м/с; t_{cn} – необхідний час внутрішньо свердловинного сповільнення верхнього проміжного детонатора по відношенню до нижнього, мс.

Як вже зазначалося, HeCI типу «Нонель» позбавлені недоліків систем ініціювання детонуючим шнуром, оскільки ініціюючим імпульсом в них слугує низькошвидкісна ударна хвиля, що поширюється усередині хвилеводу. Швидкість поширення ударної хвилі по внутрішній поверхні хвилеводу становить в середньому $D_{XB} = 2100$ м/с. Оскільки концентрація вибухової суміші на внутрішній поверхні хвилеводу незначна, то зовнішнього енерговиділення не відбувається і промислова ВР навколо хвилеводу не вигорає [3, 4].

Як вже зазначалося, HeCI типу «Нонель» позбавлені недоліків систем ініціювання детонуючим шнуром, оскільки ініціюючим імпульсом в них слугує низькошвидкісна ударна хвиля, що поширюється усередині хвилеводу. Швидкість поширення ударної хвилі по внутрішній поверхні хвилеводу становить в середньому $D_{XB} = 2100$ м/с. Оскільки концентрація вибухової суміші на внутрішній поверхні хвилеводу незначна, то зовнішнього

енерговиділення не відбувається і промислова ВР навколо хвилеводу не вигорає [3, 4].

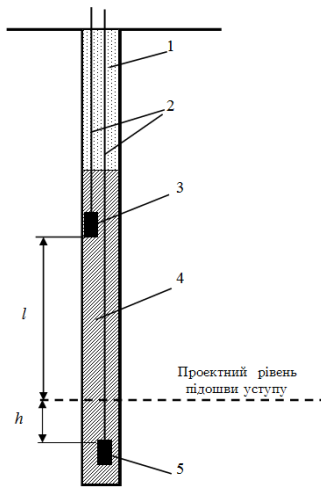


Рис. 1. Конструкція свердловинного заряду: 1 – забійка; 2 – хвилевід; 3 – верхній проміжний детонатор; 4 – ВР; 5 – нижній верхній проміжний детонатор

Як вже зазначалося, HeCI типу «Нонель» позбавлені недоліків систем ініціювання детонуючим шнуром, оскільки ініціюючим імпульсом в них слугує низькошвидкісна ударна хвиля, що поширюється усередині хвилеводу. Швидкість поширення ударної хвилі по внутрішній поверхні хвилеводу становить в середньому $D_{ХВ} = 2100$ м/с. Оскільки концентрація вибухової суміші на внутрішній поверхні хвилеводу незначна, то зовнішнього енерговиділення не відбувається і промислова ВР навколо хвилеводу не вигорає [3, 4].

Неелектричні системи ініціювання «Primadet», «СИНВ», «Імпульс» та «Прима-Ера» за принципом дії є аналогічними системі «Нонель» (зараз «EXEL»). Аналіз технічних і експлуатаційних параметрів зазначених систем показує, що їхній найменший інтервал внутрішньо свердловинних сповільнень становить 25 мс [5, 6]. При такому сповільненні неможливо розмістити верхній і нижній бойовики таким чином, щоб досягти ефекту взаємодії енергетичних потоків детонаційних хвиль на рівні підшви уступу для свердловин, які переважно застосовуються на кар'єрах, середньою довжиною 15 м. Зокрема, якщо прийняти висоту свердловинного заряду 10 м і довжину перебуру – 2 м, то при розміщенні верхнього проміжного детонатора в верхній максимально допустимій, з технологічної точки зору, частині заряду на відстані від рівня підшви уступу – $l = 7,5$ м, та розміщенні нижнього бойовика в перебурі на відстані від рівня підшви уступу $h = 1,5$ м, згідно формули (1) максимально можливий час сповільнення при підриванні комполайту ГС6 ($D_{ВР} = 2500$ м/с) буде дорівнювати $t_{сп} = 1,89$ мс, а при підриванні анеміксу 70 ($D_{ВР} = 5000$ м/с) – $t_{сп} = 3,1$ мс.

Таким чином, час сповільнення $t_{сп}$ повинен бути значно менший ніж мінімальні інтервали сповільнення усіх відомих НЕСІ при підірванні будь-яких ВР. У зв'язку з цим пропонується необхідні інтервали сповільнення між ініціюванням проміжних детонаторів досягати шляхом регулювання різниці довжин хвилеводів.

Оскільки

$$t_{сп} = \frac{l_{дод}}{D_{ХВ}}, \quad (2)$$

де, $l_{дод}$ – додаткова довжина хвилеводу верхнього бойовика, м, то з урахуванням (1) та (2) значення $l_{дод}$ визначиться

$$l_{дод} = l + h - \frac{D_{ХВ}}{D_{ВР}}(l - h). \quad (3)$$

Отже, при фіксованих значеннях місць розміщення верхнього l та нижнього h проміжних детонаторів в свердловинному заряді відносно рівня підосви уступу для різних швидкостей поширення детонації по ВР можна встановити додаткову довжину хвилеводу, необхідну для ініціювання верхнього бойовика. Ця довжина хвилеводу повинна залишатися на поверхні в місці з'єднання з поверхневою мережею хвилеводів (рис. 2).

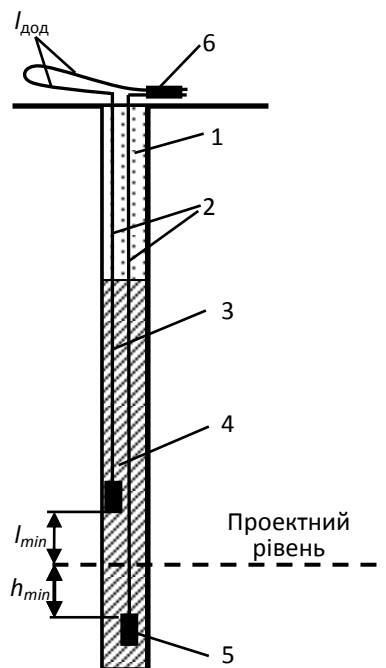


Рис. 2. Конструкція свердловинного заряду з додатковою довжиною хвилеводу на поверхні: 1 – забійка; 2 – хвилевід; 3 – верхній проміжний детонатор; 4 – ВР; 5 – нижній проміжний детонатор; 6 – поверхневий з'єднувач хвилеводів

В табл.1 наведені результати розрахунку додаткової довжини хвилеводу верхнього бойовика від устя свердловини до місця з'єднання бойовиків з поверхневою мережею.

Таблиця 1

Розрахункові значення сповільнення між підриванням проміжних детонаторів та додаткова довжина хвилеводу верхнього детонатора

Тип ВР	Швидкість детонації ВР, м/с	Додаткова довжина хвилеводу верхнього бойовика, м	Час сповільнення між підриванням бойовиків, мс
Грамоніт 79/21	3600	5,50	2,62
Анемікс 70	5000	6,48	3,09
Полімікс ГР4-Т10	3200	5,06	2,41
Полімікс ГР5-Т18	3800	5,68	2,70
Полімікс ГР-1/8	3500	5,40	2,57
Комполайт ГС-6	2500	3,96	1,89

Дані наведено для різних типів ВР, які застосовуються при руйнуванні скельних масивів гірських порід в умовах кар'єру ДнРУ ВАТ «Полтавський ГЗК», у відповідності до формули (3) та значень часу максимального ступеня сповільнення між підриванням бойовиків у відповідності до (2). Розрахунки виконано для найбільш сприятливих технологічних умов розміщення верхнього проміжного детонатора на відстані від рівня підосви уступу – $l = 7,5$ м, та розміщенні нижнього бойовика в перебуді на відстані від рівня підосви уступу $h = 1,5$ м.

Аналіз розрахункових даних табл. 1 показує, що для досягнення ефекту взаємодії енергетичних потоків, які поширюються від джерел детонації, на рівні підосви уступу, необхідно зі збільшенням швидкості детонації по ВР збільшувати довжину хвилеводу верхнього проміжного детонатора від устя свердловини до місця з'єднання хвилеводів бойовиків з поверхневою мережею.

Висновки

Для підсилення дії вибуху на рівні підосви уступу найбільш ефективним є використання взаємодії детонаційних енергетичних потоків, що поширюються від проміжних детонаторів.

Використання електричних внутрішньосвердловинних сповільнювачів ініціювання згідно Правилами неприпустиме і, крім того, не може створити

необхідні інтервали мікросекундні сповільнення між підриванням верхнього і нижнього проміжних детонаторів для забезпечення зустрічі детонаційних хвиль на рівні підшви уступу. Для виконання цієї задачі доцільно використати метод мікросекундного сповільнення за допомогою додаткового відрізка хвилевода з неелектричної системи ініціювання.

Запропоновано для певних положень верхнього і нижнього проміжних детонаторів в свердловинному заряді відносно рівня підшви уступу визначати додаткову довжину хвилеводу, необхідну для ініціювання верхнього бойовика, яка повинна залишатися на поверхні в місці з'єднання з поверхневою мережею хвилеводів.

Отримано значення додаткової довжини хвилеводу для різних швидкостей поширення детонації по ВР та встановлено необхідні інтервали сповільнення. Запропоновано конструкцію свердловинного заряду, при якій забезпечується зустріч енергетичних детонаційних потоків на рівні підшви уступу з метою управління величиною перебуру та станом підшви уступу..

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Фролов О. О. Перспективи використання неелектричної системи ініціювання «НОНЕЛЬ-ЮНТЕД» в умовах гірничих підприємств України / О. О. Фролов // Вісник ЖІТІ. Технічні науки. – 2001. – № 1(19). – С. 205-206.
2. Фролов О. О. Використання ефекту зустрічі детонаційних хвиль для підсилення дії вибуху на рівні підшви уступу / О. О. Фролов // Вісник НТУУ "КПІ". Серія "Гірництво": Зб. наук. праць. – 2001. – Вип. 6. – С. 63-65.
3. НОНЕЛЬ. Инструкция по эксплуатации. Шведский институт испытаний и исследований. – 1998. – 55 с.
4. Кравець В. Г. Експериментальні дослідження експлуатаційних характеристик хвилеводу системи ініціювання типу „Нонель” / В. Г. Кравець, О. О. Фролов, А. З. Маргарян // Вісник НТУУ "КПІ". Серія "Гірництво": Зб. наук. праць. – 2003. – Вип. 9. – С. 59-66.
5. Фролов А. А. Оценка технических и эксплуатационных параметров неэлектрической системы инициирования "Импульс" / А. А. Фролов, А. Б. Бунин // Вісник Криворізького технічного університету: Зб. наук. праць. – 2008. – Вип. 92. – С. 32-35.
6. Бунин О. Б. Порівняльний аналіз технічних і експлуатаційних параметрів неелектричних систем ініціювання / О. Б. Бунин, М. Т. Кириченко, О. О. Фролов // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2008. – №2(45). – С. 57–60.