

$$C_1^*(x, \tau) = C_{c1} + (C_0 - C_{c1}) \left[1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2 \pi^2}{4} F_{01}^*} \sin \frac{i\pi x}{2\delta} \right], \quad (11)$$

где $x_{01} \leq x \leq x_{\max}$;

для нисходящего участка

$$C_2^*(x, \tau) = C_{c2} + (C_0 - C_{c1}) \left[1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2 \pi^2}{4} F_{02}^*} \sin \frac{i\pi(\delta - x)}{2\delta} \right], \quad (12)$$

где $x_{\max} \leq x \leq x_{02}$;

для второго восходящего участка

$$C_3^*(x, \tau) = C_{\delta} \left[1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2 \pi^2}{4} F_{03}^*} \sin \frac{i\pi(\delta - x)}{2\delta} \right]. \quad (13)$$

Таким образом, изменение содержания растворителя по глубине горящего свода порохового элемента при хранении пороха можно рассчитать по выражениям (11), (12) и (13). При этом C_0 , C_{δ} , F_{01}^* , F_{02}^* и F_{03}^* определяются из экспериментальных данных.

1. *Серебряков М.Е.* Внутренняя баллистика. – М.: Оборонгиз, 1949.

2. *Crank I., Park I.S.* // Diffusion in Polymers. – Academic Press. – London and New York. – 1968.

УДК 622.235

УМОВИ ВИНИКНЕННЯ ВІДМОВ СВЕРДЛОВИННИХ ЗАРЯДІВ ПРИ МАСОВИХ ВИБУХАХ

*В.Г. Кравець, докт. техн. наук, О.О. Фролов, канд. техн. наук (НТУУ "КПІ"),
Д.Г. Биков, інж. (ВАТ "Полтавський ГЗК")*

Рассмотрены условия возникновения отказов скважинных зарядов взрывчатых веществ при короткозамедленном взрывании. Установлен интервал расстояний между зарядами, в котором возможен срыв детонации заряда, инициируемого с замедлением.

Теоретичними та лабораторними дослідженнями встановлено, що за певних умов взаємодія ударних та детонаційних хвиль призводить до припинення детонації зарядів вибухових речовин (ВР). Це підтверджується і виробничими даними. Слід відзначити, що відмови мають місце при короткосповільненому підриванні зарядів другої, третьої та подальших черг. При миттєвому підриванні відмови майже не спостерігаються. Ця

закономірність особливо яскраво проявляється при використанні гранульованих крупнодисперсних ВР.

В літературі зустрічаються твердження [1], що відмови у свердловинах виникають внаслідок переуцільнення зарядів. Однак при вивченні відмов свердловинних зарядів ВР збільшення щільності ВР не реєструвалося. Результати лабораторних досліджень дозволяють зробити припущення, що механізм припинення детонації інший, а саме: відбувається переініціювання заряду в місці зустрічі ударних і детонаційних хвиль.

Розглянемо випадок, коли ініціювання двох зарядів відбувається з деяким сповільненням. Заряд, який ініціюється першим, вважатимемо активним, а заряд, який ініціюється зі сповільненням – пасивним.

При певному інтервалі сповільнення в пасивному заряді відбувається зустріч ударної хвилі, збудженої активним зарядом, з детонаційною хвилею пасивного заряду. Якщо амплітуда ударної хвилі P_y активного заряду, що перейшла в пасивний заряд, більша критичного тиску P_k (мінімального тиску, здатного збуджувати детонацію), то в пасивному заряді виникає зустрічна детонація

$$P_y > P_k. \quad (1)$$

При

$$P_y < P_k \quad (2)$$

збудження детонації не відбудеться.

Якщо по пасивному заряду ВР поширюються назустріч одна одній детонаційна та ударна хвилі і виконується умова (2), то відбувається часткове погашення детонаційної хвилі. В цьому випадку амплітуда результуючої хвилі у напрямку поширення детонації дорівнюватиме різниці амплітуд детонаційної P_d і ударної P_y хвиль:

$$P = P_d - P_y. \quad (3)$$

Якщо

$$P < P_k, \quad (4)$$

то детонація пасивного заряду в місці зустрічі хвиль припиниться. З формул (3) і (4) маємо:

$$P_y > P_d - P_k. \quad (5)$$

З урахуванням (1) і (5) визначимо область значень амплітуди ударної хвилі, в якій детонація заряду ВР в місці зустрічі ударної і детонаційної хвиль гаситиметься:

$$P_d - P_k < P_y < P_k. \quad (6)$$

Існування цієї області можливе при певних співвідношеннях між P_d і P_k , а саме: при $P_k < P_d/2$ в області значень амплітуд ударної хвилі P_y , які визначаються умовою (6), спостерігатиметься погашення детонації в місці зустрічі ударної і детонаційної хвилі.

Якщо $P_{\kappa} \geq P_{\pi}/2$, то гасіння детонації не спостерігатиметься. Це означає, що ударна хвиля або викличе зустрічну детонацію ($P_y > P_{\kappa}$), або її амплітуда ($P_y < P_{\kappa}$) буде недостатньою для зриву детонації в місці зустрічі ударної та детонаційної хвилі.

Враховуючи те, що активний і пасивний заряди розміщені на деякій відстані один від одного, амплітуда ударної хвилі активного заряду, що проходить по пасивному заряду, визначатиметься, крім початкових параметрів хвилі P_0 , акустичними імпедансами на межах активний заряд–інертна перешкода та інертна перешкода–пасивний заряд, а також законом зменшення амплітуди при проходженні хвилі через інертну перешкоду:

$$P = \frac{P_0}{r^{2-a}}, \quad (7)$$

де P_0 – початковий тиск ударної хвилі; $\bar{r} = \frac{r}{r_0}$ – відносна відстань від активного

заряду; r_0 – відстань між зарядами; r – відстань від активного заряду до будь-якої точки між активним та пасивним зарядами; a – коефіцієнт, що залежить від властивостей середовища.

З виразів (6) і (7) можна визначити інтервал зміни товщини перешкоди r_n , в якому спостерігається явище зриву детонації пасивного заряду внаслідок дії ударної хвилі активного заряду:

$$r_0^{2-a} \sqrt{\frac{KP_0}{P_{\kappa}}} \leq r_n \leq r_0^{2-a} \sqrt{\frac{KP_0}{P_{\pi} - P_{\kappa}}}, \quad (8)$$

де

$$K = \frac{4}{\left(1 + \frac{\rho_{\text{ВР}} c_{\text{ВР}}}{\rho_{\text{пор}} c_{\text{пор}}}\right) \left(1 + \frac{\rho_{\text{пор}} c_{\text{пор}}}{\rho_{\text{ВР}} c_{\text{ВР}}}\right)};$$

$\rho_{\text{ВР}}$, $\rho_{\text{пор}}$ – відповідно щільність ВР і породного масиву; $c_{\text{ВР}}$, $c_{\text{пор}}$ – відповідно швидкість поширення детонації по ВР і швидкість звуку в породному масиві.

Одже, знаючи характеристики породного масиву і ВР, а також відстань між свердловинними зарядами, можна передбачити ймовірність зриву детонації пасивного заряду і забезпечити надійність вибуху свердловинного заряду ВР шляхом ініціювання пасивного заряду в кількох точках або застосування лінійного ініціювання заряду.

1. *Завіша Є.* Стабілізація детонації свердловинних зарядів при відбиванні гірських порід різної міцності: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Київ: ННДЮП, 1999. – 18 с.