

## ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ СВЕРДЛОВИННОГО ЗАРЯДУ ДЛЯ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ МАСИВІВ З КАРСТОВИМИ ПОРОЖНИНАМИ

Наявність карстів в товщі гірського масиву не виключає їх перетин свердловинами в процесі обурювання блоку порід який підривається. Це впливає на показники процесу буріння і ускладнює подальше формування конструкцій зарядів вибухових речовин (ВР).

У зв'язку з відсутністю детальних геологічних даних про глибину і площу кар'єрного поля, насамперед – по колонці свердловини у границях блока, який підривається, конструкцію свердловини “подовжений заряд – порожнина – подовжений заряд” (повітряний проміжок в області карсту, що перетинається свердловиною) реалізувати досить складно. Тому на практиці, зазвичай, зарядження свердловин з порожнинами проводиться суцільним зарядом ВР. Це призводить до непрогнозованих і небезпечних проявів вибуху, який не може забезпечити якісного подрібнення міцних шарів порід. В цьому випадку поширення енергетичного потоку в заряді під час його детонації буде спрямовано не лише в корінні породи, але й у шари, представлені карстовими включеннями, що призводить до некерованого руйнування в цій зоні.

При короткосповільненому підриванні свердловинних зарядів в масивах з карстовими порожнинами вимагається обмеження бризантної дії зарядів вибухових речовин в місці перетину корінних порід з карстом. Це досягається включенням в конструкцію заряду спеціальних елементів у порожнинах, наприклад, – повітряних проміжків. Аналіз досліджень при вирішенні задачі знаходження радіусу зони руйнування порід навколо свердловини при вибуху в ній нижнього і верхнього зарядів ВР показав, що необхідним є визначення тисків на їх контактах «заряд-порожнина». При повному заповненні свердловини у верхній і нижній її границях вибуховою речовиною тиски ( $P_n$ ,  $P_v$ ) по радіусу в радіальному напрямку у верхній і нижній границях порожнини від цих зарядів визначають за формулами:

$$P_n = \frac{1}{4} \rho_n \cdot D_n^2; \quad P_v = \frac{1}{4} \rho_v \cdot D_v^2, \quad (1)$$

де  $\rho_n$ ,  $\rho_v$  – щільність нижнього і верхнього зарядів ВР відповідно, г/см<sup>3</sup>;  $D_n$ ,  $D_v$  – швидкість детонації нижнього і верхнього зарядів ВР відповідно, м/с.

Дані формули можливо використовувати на кар'єрах при вирішенні задач руйнування гірських порід з карстовими порожнинами. Розміщення ВР у місцях розташування карстових пустот небажане через утворення значного розширення порожнини, що істотно знижує якість дроблення і підвищує викид негабаритних шматків породи. Для усунення цього недоліку, як зазначалося вище, в конструкції заряду необхідно передбачити спеціальний елемент у вигляді порожнини з повітряного проміжку або інертної речовини, що забезпечить низький показник енергії вибуху.

В технологічному плані інтенсивність руйнування масиву з карстовими пустотами пов'язана з місцями розташування подовжених зарядів, їх напрямком та інтервалами ініціювання і параметрами хвиль напружень, які тиснуть як на корінні породи, так і на стінки карстової порожнини, тобто це пов'язано з тиском і одночасною його дією на стінки порожнини. Умовою, за якої відбудеться змикання порожнини, є забезпечення одночасного зустрічного тиску при приході хвиль напружень до підшови карстової порожнини, від ініціювання нижнього бойовика, та до верху – від ініціювання верхнього. У зв'язку з цим пропонується двоточкова зустрічна ініціація заряду, від нижнього до верхнього бойовиків, що при одночасному формуванні радіальних полів напружень на нижній і верхній границях карстової порожнини створює умови її змикання.

В практиці проведення масового вибуху, для ініціації заряду свердловини застосовується два бойовики, які зазвичай розміщуються у верхній і нижній частинах заряду. З метою реалізації концепції зустрічного формування полів напружень ініціюванням таких конструкцій проведено аналітичні дослідження процесу зустрічної детонації всередині свердловини. При цьому поширення детонаційних хвиль проходить від нижнього і верхнього зарядів ВР і спрямоване по вертикалі та горизонталі в бік карстової порожнини.

Для реалізації зустрічного формування полів напружень, проведені розрахунки інтервалів уповільнення нижнього (4) і верхнього (3) ініціюючих зарядів з урахуванням місця їх розташування (рис. 1). При цьому умовою зустрічного ініціювання є рівності суми часу (одночасного) приходу детонаційної хвилі від нижнього і верхнього ініціатора до нижньої (підшови) та верхньої (стелини) границь карстової порожнини відповідно та описується рівнянням:

$$l_v / D_{вр} + l_n / D_{вр} = t_v + t_n \quad (2)$$

де  $t_v$ ,  $t_n$  – інтервали уповільнення верхнього та нижнього проміжних детонаторів відповідно, с;  $D_{вр}$  – швидкість детонації застосованої ВР, м/с.

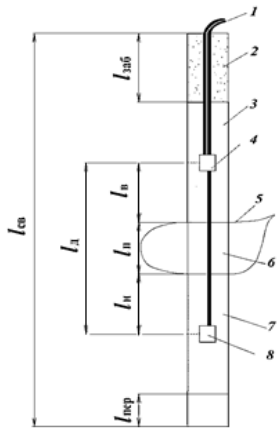


Рис. 1. Конструкція свердловинного заряду ВР для руйнування гірського масиву з карстовими порожнинами: 1 – детонуючий шнур (ДШ); 2 – забійка; 3 – верхній заряд; 4 – верхній бойовик; 5 – карст; 6 – повітряний проміжок; 7 – нижній заряд; 8 – нижній бойовик;  $l_d$  – відстань від верхнього детонатора (4) до нижнього (8), м;  $l_n$  – потужність порожнини, м;  $l_n$  – відстань від нижнього детонатора (8) до підовши карсту (5), м;  $l_v$  – відстань від верхнього детонатора (4) до стелі карсту (5)

Із рівняння (2) одержано залежності для визначення інтервалів сповільнення верхнього ( $t_v$ ) та нижнього ( $t_n$ ) детонаторів, які забезпечать одночасну дію хвиль напружень на нижню та верхню границі карстової порожнини:

$$t_v = l_v / D_{вр}; \quad t_n = l_n / D_{вр} \quad (3)$$

В табл. 1. наведено розрахункові значення  $t_v$  і  $t_n$  для різних типів ВР ( $D_{вр}$  змінюється від 2500 до 4500 м/с) при різних відстані бойовиків до границь карстової порожнини, а їх графічна інтерпретація наведена на рис. 2. З їхнього аналізу видно, що  $t_v$  і  $t_n$  змінюються за криволінійною залежністю. Зі збільшенням швидкості детонації ВР інтервал уповільнення як верхнього бойовика, так і для нижнього зменшується в середньому для обох випадків у 1,8 раза від максимального значення, а зі збільшенням  $l_v$  і  $l_n$  значення  $t_v$  і  $t_n$  збільшуються відповідно у 1,6 і 1,8 раза.

Таблиця 1

Розрахункові значення  $t_v$  і  $t_n$ , мс

$l_v$ , м	Час уповільнення (мс) в залежності від $D_{вр}$ , м/с				
	2500	3000	3500	4000	4500
1,3	5,0	4,2	3,6	3,2	2,8
1,5	6,0	5,0	4,2	3,8	3,3
1,7	6,8	5,7	4,9	4,3	3,8
2,0	8,0	6,7	5,7	5,0	4,4
$l_n$ , м	2500	3000	3500	4000	4500
1,5	5,8	4,9	4,2	3,7	3,2
1,7	6,8	5,7	4,9	4,3	3,8
2,0	8,0	6,7	5,7	5,0	4,4
2,5	10,0	8,3	7,1	6,3	5,6

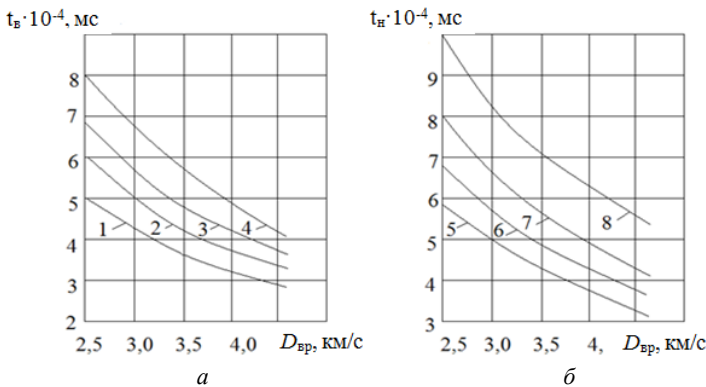


Рис. 2. Залежність зміни  $t_v$  від  $D_{вр}$  при  $l_v$ : 1 – 1,3 м; 2 – 1,5 м; 3 – 1,7 м; 4 – 2,0 м (а) та  $t_n$  від  $D_{вр}$  при  $l_n$ : 5 – 1,5 м; 6 – 1,7 м; 7 – 2,0 м; 8 – 2,5 м (б)

Таким чином за співвідношенням швидкостей поширення детонаційної хвилі від нижнього до верхнього детонатора визначено інтервал уповільнення верхнього ініціатора, що створює умови формування посиленого поля напружень (зустрічного ініціювання) в зоні розміщення корінних порід та мінімізації витрат енергії вибуху на негативну роботу (викиди блоків, розліт шматків породи, підвищений сейсмоефект) в зоні включення з порожнинами або прошарками м'яких ґрунтів.

Відстань між нижнім і верхнім ініціюючими зарядами можливо визначити також з умови рівності суми часу поширення детонаційної хвилі від верхнього і нижнього ініціаторів

$$l_d = t_v D_{вр} + t_n D_{вр} + l_n \quad (4)$$

За результатами вищевведених аналітичних досліджень для руйнування масивів гірських порід з пустотами запропонована конструкція свердловинного заряду, яка відрізняється тим, що заряд в свердловині розміщують над (верхній 3) і під (нижній 7) границями карстової порожнини (5) і підривають його різнонаправленим ініціюванням із застосуванням проміжних детонаторів 4 і 8, встановлених на нижніх частинах зарядів 3 і 7 (див. рис. 1).