

Б.М. АНДРЕЄВ, Д.В. БРОВКО, доктори техн. наук, професори,
К.А. ГАПОНЕНКО, аспірант
Криворізький національний університет

АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПОДОВЖЕНИХ КУМУЛЯТИВНИХ ЗАРЯДІВ ПІД ЧАС РУЙНУВАННЯ ГІРНИЧОГО МАСИВУ

Сучасна гірничодобувна промисловість стикається з низкою викликів, пов'язаних із необхідністю підвищення ефективності вибухових робіт, зниження їхньої собівартості та мінімізації впливу на навколишнє середовище. У цьому контексті особливу увагу привертають технології, які дозволяють створювати спрямований вплив на гірський масив, забезпечуючи контрольоване руйнування порід із заданими параметрами. Кумулятивні заряди, завдяки своїй здатності фокусувати енергію вибуху, відкривають нові можливості для вирішення таких завдань. Проте їхнє широке застосування в кар'єрах обмежене через високу вартість виготовлення, складність точного позиціонування у свердловинах, а також недостатню ефективність при руйнуванні великих об'ємів породи. Це підкреслює необхідність глибшого вивчення механізмів дії кумулятивних зарядів і пошуку шляхів їхньої оптимізації для практичного використання в гірничій справі.

Метою дослідження стало вивчення впливу геометричних параметрів кумулятивної порожнини, зокрема її форми, на процеси руйнування гірського масиву під час вибуху. Для цього виконано чисельне моделювання в програмному комплексі Ansys Explicit Dynamics із застосуванням спеціалізованих моделей матеріалів, які описують поведінку вибухової речовини, сталеві обкладки та гірських порід. Дослідження охопило кілька конфігурацій заряду: без виїмки, із напівкруглою, V-подібною та параболічною формами виїмки. Такий підхід дозволив порівняти особливості формування зон руйнування залежно від конструкції заряду та виявити найбільш ефективні рішення для практичного застосування.

Отримані результати показали, що напівкругла виїмка забезпечує найбільш ефективне руйнування завдяки значній концентрації енергії, що сприяє глибшому проникненню в породу порівняно з зарядом без виїмки. V-подібна виїмка демонструє інтенсивний вплив на початкових етапах детонації, але швидко втрачає енергію, що обмежує її ефективність у тривалій дії. Параболічна виїмка створює більш рівномірне руйнування, однак поступається напівкруглій за глибиною впливу на породу. Заряд без виїмки виявився найменш ефективним для спрямованого руйнування, оскільки не забезпечує достатньої концентрації енергії, що призводить до розсіювання вибухової дії.

Для підвищення ефективності запропоновано кілька напрямів оптимізації: використання матеріалів обкладки з вищою пластичністю, таких як мідь, а також зміна геометричних параметрів виїмки для посилення кумулятивного ефекту. Отримані результати мають значну практичну цінність для проектування вибухових робіт у кар'єрах, сприяючи підвищенню продуктивності, зниженню витрат і вдосконаленню технологій руйнування порід.

Перспективи подальших досліджень передбачають дослідження з визначення оптимальної форми виїмки з погляду компромісу між глибиною проникнення й обсягом руйнування, максимальних значень стискаючих та розтягувальних нормальних напружень, які виникають під час проходження вибухової хвилі, і місце їх локалізації для кожної конструкції заряду, що впливає на ефективність руйнування гірського масиву. Також проведення поглибленого аналізу впливу матеріалів обкладки та вибухових речовин на ефективність кумулятивного ефекту. Особливу увагу планується приділити розробці нових конструкцій зарядів, які поєднуютимуть переваги різних форм виїмок, а також дослідженню впливу зовнішніх умов, таких як вологість породи чи температура, на процеси детонації. Це дозволить адаптувати технологію до реальних умов експлуатації в кар'єрах і розширити її застосування для вирішення складних інженерних завдань.