

Соколовський В.О., аспірант

Цигода В.В., к.т.н.

Науковий керівник: Коробійчук В.В., проф. д.т.н.

Державний університет «Житомирська політехніка»

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПІДРИВНИХ РОБІТ У ТЕКТОНІЧНО ПОРУШЕНИХ МАСИВАХ

Тектонічно порушені масиви гірських порід становлять одну з найскладніших ділянок для здійснення масових вибухів, оскільки природні зони ослаблення істотно модифікують характер руйнування та поширення енергії. У таких умовах вибухові роботи потребують спеціального підходу до вибору параметрів, адже класичні емпіричні залежності та нормативи не враховують анізотропну поведінку масиву, спричинену наявністю тектонічних розломів, тріщинуватих зон, глинистих прошарків або різномірних включень. Саме тому оптимізація підривних параметрів у подібних геологічних умовах є актуальною задачею, спрямованою на підвищення ефективності видобутку та забезпечення сейсмічної безпеки прилеглих територій.

Тектонічні порушення сприяють формуванню особливих умов поширення вибухових хвиль. Зони ослаблення діють як природні хвилеводи, у яких пружні хвилі знижують швидкість та зазнають мультирефлексії, що зумовлює суттєве підсилення пікової частинкової швидкості (PPV) у напрямку їх простягання. За результатами польових досліджень, у таких умовах амплітуда сейсмічних вібрацій може збільшуватися у 1,5–3 рази порівняно з однорідним масивом, а довжина шляху, на якому хвиля зберігає високу інтенсивність, зростає у 2–3 рази. Такий хвилеводний ефект створює підвищене техногенне навантаження на інфраструктуру та призводить до нерівномірної фрагментації вибухом, що негативно впливає на подальші технологічні процеси.

Одним із ключових елементів оптимізації є обґрунтований вибір орієнтації підривного фронту. У тектонічно тріщинуватих масивах фронт вибуху доцільно орієнтувати паралельно домінуючим лініям розломів. Такий підхід дає змогу узгодити напрямок розривних сил із природними площинами ослаблення, що сприяє більш ефективному руйнуванню породи, зниженню об'єму негабариту та скороченню енергії, яка неконтрольовано передається в масив. Крім того, це дозволяє знизити ризики розльоту породи, оскільки вектор руйнування стає більш прогнозованим і підконтрольним.

Важливу роль відіграє також вибір типу вибухової речовини. Використання емульсійних вибухових речовин зі зниженою швидкістю детонації (VOD у межах 4500–5000 м/с) дає змогу зменшити інтенсивність передавання енергії в сейсмічний канал розлому. Зниження VOD спричиняє більш тривале, але рівномірне вивільнення енергії, що зменшує пікові навантаження та забезпечує більш стабільну фрагментацію порід у тріщинуватих масивах. Дослідження показують, що застосування вибухових речовин зі зниженою детонаційною здатністю дозволяє зменшити PPV на 20–40 % та покращити якість дроблення на 10–15 %.

Окрему увагу слід приділити часовій структурі вибуху – зокрема, підбору мілісекундних затримок. У тектонічно порушених масивах оптимальними є короткі інтервали між детонаціями в межах 10–15 мс. Саме такі затримки забезпечують деструктивну інтерференцію сейсмічних хвиль, що дозволяє істотно знижувати рівень вібрацій у каналі тектонічного розлому. При збільшенні затримок до 25–30 мс відбувається конструктивна інтерференція хвиль, яка, навпаки, підсилює амплітуду й може призвести до перевищення сейсмічних нормативів. Експериментальні дані свідчать, що коректний підбір затримок здатен зменшити PPV на 30–60 %, що є критично важливим у зонах, наближених до житлових територій чи об'єктів виробничої інфраструктури.

Не менш важливим аспектом є прогнозування сейсмічного навантаження з урахуванням геологічних неоднорідностей. У масивах зі значною кількістю розломів класичні емпіричні формули (зокрема USBM, CMRI або інші моделі радіального затухання) можуть давати відхилення до 150–200 %, оскільки не враховують структури розлому, матеріалу його заповнення та ступеня тріщинуватості. Натомість застосування локальних коригувальних коефіцієнтів або моделей анізотропного поширення хвиль дозволяє отримувати значно точніші оцінки та визначати безпечні параметри вибуху відповідно до нормативів DIN 4150 та ISO 2631.

Підсумовуючи, можна відзначити, що оптимізація підривних робіт у тектонічно порушених масивах повинна базуватися на поєднанні геологічного аналізу, коректного вибору вибухових матеріалів, орієнтації підривного фронту та точного підбору затримок детонації. Такий підхід дозволяє забезпечити підвищення ефективності вибухового руйнування, зменшити ризики для довкілля та інфраструктури, підвищити рівень безпеки та забезпечити сталий розвиток кар'єрного виробництва в умовах складної тектонічної будови.