

Ю.Ю. КРИВЕНКО, І.П. КУШНЕРЬОВ, О.Ю. КРИВЕНКО, кандидати техн. наук, доценти
Криворізький національний університет

ДОСВІД ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПОВІТРЯНИХ УДАРІВ ПРИ ОБВАЛЕННІ ГІРСЬКИХ ПОРІД У ВИРОБЛЕНИЙ ПРОСТІР ПРИ РОЗРОБЦІ РУДНИХ ПОКЛАДІВ

Зниження гірничих робіт при розробці рудних покладів супроводжується накопиченням обсягу відкритого виробленого простору, що визначає ймовірність виникнення повітряних ударів під час обвалення гірських порід із катастрофічними наслідками для персоналу та обладнання.

Невід'ємною частиною системи попередження повітряних ударів є систематичне накопичення та аналіз даних про гірські удари, викиди, деформації та інші динамічні явища, що відбуваються в масиві. Ці дані дозволяють не тільки оперативно реагувати на загрози, що виникають, а й вибудовувати довгострокові стратегії сталого управління гірничими роботами. Прикладом може бути практика шахт Північної Європи, де кожна одиниця обладнання забезпечена сенсорами, що передають дані про мікровібрації, коливання тиску та переміщення породи.

У Швеції, наприклад, на рудниках LKAB у Кіруні реалізовано проекти з використанням цифрових двійників копалень — віртуальних моделей, що імітують фізичні процеси під землею в режимі реального часу. Ці технології дозволяють прогнозувати як окремі випадки динамічних проявів, а й довгострокове поведінка масиву за різних сценаріях виїмки. У багатьох країнах використовуються системи автоматичної сигналізації, голосового та світлового оповіщення, підключені до централізованої системи моніторингу.

У більшості розвинених країн обов'язковою є сертифікація всіх систем моніторингу та предикції, а також періодична перевірка їхньої коректності та ефективності. Нові розробки включають використання нейромереж для аналізу аномальних патернів в сейсмічних даних, що підвищує точність прогнозу і знижує кількість помилкових спрацьовувань. Особлива увага приділяється моделюванню багатопараметричних систем, де воєдино зводяться дані про тиск, температуру, швидкість поширення акустичних хвиль, хімічний склад газу та вологість, що дозволяє отримати більш точну та об'ємну картину поведінки масиву.

У Китаї та Японії активно розвиваються технології контролю за напругою порід з використанням волоконно-оптичних датчиків, що вбудовуються у стіни виробок та свердловини. Вони дають можливість у реальному часі відстежувати навіть мікроскопічні усунення, що передують динамічним явищам. У міжнародній практиці також поширені так звані адаптивні методи ведення гірничих робіт, за яких порядок та параметри виїмки змінюються на основі поточної інформації про напружено-деформований стан. Наприклад, в Австралії реалізовані системи, які автоматично коригують глибину та напрямок буріння залежно від змін, зафіксованих геодатчиками.

Все частіше застосовується концепція "інтелектуальної шахти", де інтеграція всіх систем від вентиляції до буріння відбувається на цифровій платформі з можливістю автономного прийняття рішень системою управління.

Відзначається позитивний ефект від участі у міжнародних дослідницьких проектах, публікаціях у наукових журналах та членство у профільних організаціях, таких як International Society for Rock Mechanics або International Commission on Mine Safety.

Важливим напрямом попередження повітряних ударів є спрямований енергетичний вплив, зокрема використання керованих зарядів, що підривають, або гідроімпульсних пристроїв, що дозволяють проводити розвантаження масиву в запланованих ділянках до виникнення небезпечних динамічних проявів. Ці методи успішно застосовуються, наприклад, на глибинних копальнях Канади, де розвантажувальні заходи проводяться за строго заданими тимчасовими та просторовими параметрами, заснованими на аналізі сейсмічної та тензометричної інформації.

Польщі та Чилі розробляються стратегії щодо зміни порядку виїмки блоків з урахуванням напрямків максимальної головної напруги, щоб виключити утворення небезпечних "тіньових зон", в яких відбувається накопичення потенційної енергії.