

Шлапак В.О., к.т.н., доц.
Тарнавський Д.О., студент, ГГ-28м

Державний університет «Житомирська політехніка»

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН: ТЕХНОЛОГІЇ, БЕЗПЕКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

Розвиток сучасної видобувної промисловості нерозривно пов'язаний із вдосконаленням гірничих технологій. Вони виступають ключовою складовою, що покликана забезпечити не лише економічну доцільність, але й раціональне та збалансоване вилучення корисних копалин із надр. Пріоритетним завданням стає мінімізація екологічних та техногенних ризиків, що супроводжують гірничі роботи. Досягнення цих цілей вимагає комплексного підходу, який включає автоматизацію технологічних процесів, глибоку оптимізацію систем розробки родовищ, а також широке впровадження інтелектуальних інформаційних систем. Такі системи дозволяють здійснювати дієвий контроль за ключовими параметрами видобутку в режимі реального часу.

Однією з фундаментальних вимог при розробці родовищ є суворе дотримання технологічних параметрів, особливо під час проведення буріння та вибухових робіт (БВР). Якість підготовки гірничої маси на цьому етапі безпосередньо впливає на всі подальші ланки технологічного ланцюга.

Розрахунок необхідної кількості вибухових речовин (ВР) та визначення оптимальних параметрів сітки свердловин є стандартизованою процедурою, що виконується за нормативними методиками. Наприклад, маса заряду для однієї свердловини може бути визначена за допомогою виразу (1):

$$Q = q * d^2 * h, (1)$$

де Q – маса заряду, кг;

q – питома витрата вибухової речовини на 1 м³ породи, кг/м³;

d – діаметр свердловини, м;

h – глибина свердловини, м.

Точність, досягнута на етапі розрахунку параметрів вибуху, має вирішальний вплив на фракційний склад підірваної гірничої маси та загальний ступінь її дроблення. Це, у свою чергу, визначає подальшу ефективність процесів збагачення. У випадку недостатнього первинного подрібнення (утворення "негабариту"), підприємство несе суттєві додаткові витрати, пов'язані з транспортуванням та необхідністю вторинного дроблення, що є вкрай енергоємним процесом. Таким чином, оптимізація кількості ВР та параметрів БВР є прямою задачею зниження енерговитрат. Вона дозволяє покращити якісні показники гірничої маси та мінімізувати потребу у вторинному дробленні.

У сфері підземного видобутку широке застосування отримали комбайнові технології. Їх ключова перевага полягає у забезпеченні безперервного процесу руйнування масиву та виїмки корисної копалини. Важливою інтегральною характеристикою для оцінки ефективності таких систем є добова продуктивність очисного вибою, що визначається виразом (2):

$$P = A * k * t, (2)$$

де P – продуктивність, т/добу;

A – об'єм гірничої маси, що руйнується за одну годину, м³/год;

k – коефіцієнт заповнення транспортних засобів;

t – тривалість роботи обладнання за добу, год.

Паралельно відбувається вдосконалення технологій відкритих гірничих робіт. Сучасні кар'єри оперують значними обсягами гірничої маси, що вимагає застосування відповідного обладнання. Це включає високомісткі автосамоскиди, потужні екскаватори та інтегровані дробильно-сортувальні установки. Для подальшого підвищення продуктивності та зниження операційних витрат впроваджується принцип безперервного транспорту. У таких схемах традиційні автосамоскиди замінюються на магістральні конвеєрні лінії, що забезпечують безперервний потік гірничої маси від вибою до пунктів перевантаження чи збагачення.

Із зростанням глибини кар'єрів та ускладненням гірничо-геологічних умов критично важливе значення набуває моделювання напружено-деформованого стану (НДС) масиву порід. За допомогою сучасних

геомеханічних моделей фахівці прогнозують стійкість бортів кар'єрів та уступів. Це дозволяє завчасно оцінити ризик зрушень та утворення тріщин, що є основою безпечного ведення робіт. Основою для таких моделей слугують фундаментальні рівняння міцності породи, як-от критерій (3):

$$\tau = \sigma * tg\varphi + c, (3)$$

де τ – граничне напруження зсуву;
 σ – нормальні напруження, що діють на площадці;
 φ – кут внутрішнього тертя породи;
 c – коефіцієнт зчеплення породи.

Контроль стійкості уступів та виробок залишається одним із головних факторів забезпечення безпеки персоналу та обладнання на гірничому підприємстві. Для реалізації цього завдання відбувається поступове впровадження цифрових систем моніторингу. Сучасні геодезичні та геофізичні системи моніторингу (наприклад, радарні інтерферометри, тахеометричні комплекси, GPS-приймачі) дозволяють фіксувати найменші зміщення масиву з точністю до міліметрів у режимі реального часу. Окрім контролю стійкості, цифрові системи дозволяють контролювати параметри буріння, відстежувати рух техніки та оптимізувати процеси навантаження гірничої маси. Впровадження таких даних систем значно зменшує ризик аварій, підвищує точність виконання БВР та загальну ефективність транспортної логістики кар'єру.

У структурі собівартості видобутку суттєву роль відіграють енергетичні витрати. У зв'язку з цим, питання енергозбереження є одним із пріоритетних напрямів модернізації. Комплекс заходів у цій сфері включає впровадження електромобільної кар'єрної техніки (тролейвози, електротранспорт), використання частотного регулювання для приводів дробильного обладнання, рекуперацію тепла та оптимізацію параметрів буровибухових робіт, що, як зазначалося раніше, знижує витрати на подрібнення. Практика показує, що такий комплексний підхід дозволяє зменшувати питомі витрати електроенергії на 20–30 %.

Таким чином, сучасний розвиток гірничих технологій має чітко виражений комплексний характер. Він спрямований на створення високотехнологічних, автоматизованих систем видобутку. Ключовими векторами цього розвитку є не лише підвищення продуктивності, але й паралельне вирішення завдань енергоефективності та забезпечення високого рівня екологічної та техногенної безпеки.