

Пилипчук Д. І., аспірант,
Гірничо-металургійний факультет
Науковий керівник: Григор'єв Ю. І., канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ДОВГОСТРОКОВА ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МОБІЛЬНИХ ДРОБАРНО-ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ

Довгострокове планування глибоких залізрудних кар'єрів здійснюється в умовах збільшення глибини, де підвищення транспортних експлуатаційних витрат (ОРЕХ) призводить до вимушеного зростання економічного бортового вмісту, консервуючи значні обсяги бідної руди. Впровадження мобільних дробарно-перевантажувальних комплексів (МДПК) є стратегічною необхідністю для кардинального зниження ОРЕХ. Однак їх інтеграція створює критичний інвестиційний конфлікт: необхідність значних капітальних витрат (CAPEX) та ризик негайної втрати NPV, спричинений відтермінуванням видобутку на час підготовки майданчика для встановлення МДПК, проти майбутньої економічної вигоди. Традиційні детерміновані методи не здатні враховувати цю стохастичну дилему. Метою даного дослідження є обґрунтування та розробка гібридного стохастичного підходу для визначення ризик-зваженого оптимального моменту впровадження МДПК та подальшої багатоетапної реконфігурації системи, що дозволяє розв'язати цей конфлікт.

Гібридний стохастичний підхід є доцільним для забезпечення стійкості планів та максимізації очікуваної економічної ефективності. Методологія базується на інтеграції симуляції Монте-Карло, метаевристичних алгоритмів та робастної оптимізації для ідентифікації оптимальних рішень. Ключова наукова новизна полягає у розробці принципу динамічного управління режимом гірничих робіт, де стохастична модель не лише оптимізує послідовність видобутку, але й адаптивно визначає технологічну конфігурацію в умовах стохастичних змін. У запропонованій моделі обґрунтування ефективності гірничих робіт з МДПК базується на ідентифікації ризик-нейтральної точки балансу для дискретної інвестиції в передислокацію комплексу. Ця точка настає, коли зростання маржинальних транспортних витрат внаслідок віддалення вибою від поточного технологічного майданчика вперше перевищує сумарні зважені на ризик витрати на переміщення. Стохастична оптимізація вирішує цю проблему шляхом визначення оптимального порогового тоннажу для пушбеку, при досягненні якого економічна вигода від скорочення тонно-кілометрів автосамоскидами в умовах ймовірнісних сценаріїв максимізує очікуваний NPV. Саме кардинальне зниження ОРЕХ, досягнуте завдяки такому адаптивному плануванню та багатоетапній реконфігурації системи, дозволяє динамічно знизити економічний бортовий вміст, що є ключовим для залучення у видобуток значних обсягів руди, які були б нерентабельними при використанні традиційного автотранспорту. Для забезпечення технологічної реалізованості та мінімізації втрат NPV через простій кар'єру під час передислокації, модель додатково інтегрує оптимізацію обсягу буферного складу, який використовується як інструмент мінімізації ризику порушення стабільності подачі руди на збагачувальну фабрику. Шляхом моделювання NPV, зваженого на ризик, модель ідентифікує оптимальний момент інвестиції, який балансує неминучі втрати від відтермінованого видобутку проти майбутньої економії та розширення обсягу рентабельних запасів, зводячи до мінімуму інвестиційний ризик. Обґрунтування цього підходу є критично важливим для переходу до динамічного адаптивного проєктування глибоких залізрудних кар'єрів.

Актуальність дослідження визначається необхідністю вирішення критичного інвестиційного конфлікту, пов'язаного із впровадженням МДПК. Запропонований гібридний стохастичний підхід спрямований на забезпечення стійкості довгострокових планів. Обґрунтовано, що саме завдяки інструментарію стохастичної оптимізації суттєвим елементом максимізації очікуваної економічної ефективності є визначення моменту передислокації МДПК. Цінність розробленої методології полягає у створенні інструментарію для ефективного стратегічного управління відкритими гірничими роботами, що дозволяє динамічно знижувати економічний бортовий вміст, внаслідок суттєвого зменшення ОРЕХ, що забезпечує для розширення обсягу рентабельних запасів. Для забезпечення технологічної реалізованості, методологія обов'язково включає оптимізацію обсягу буферного складу. Результати можуть бути використані фахівцями гірничодобувних підприємств, проєктними організаціями та інвестиційними відділами для прийняття обґрунтованих інвестиційних рішень.