## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ: МЕХАНІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ І ТРАНСПОРТ

УДК 622.271.4

А.О. ХРУЦЬКИЙ, канд. техн.наук, доц., В.А. ГРОМАДСЬКИЙ, канд.техн. наук, ст. викл.,
А.Ю. ГРИЦЕНКО, магістрант
Криворізький національний університет

# ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ «ЕКСКАВАТОР-САМОСКИД» НА ВІДКРИТИХ ГІРНИЧИХ РОБОТАХ

Гірничодобувна промисловість є однією з найбільш ресурсомістких галузей економіки. Ефективне функціонування гірничих підприємств значною мірою залежить від оптимального використання обладнання на всіх етапах видобутку корисних копалин. Серед ключових факторів, що формують собівартість готової продукції, важливу роль відіграють витрати на транспортування гірничої маси — як руди на збагачувальні фабрики, так і пустої породи до відвалів. Умови відкритої розробки родовищ пред'являють особливі вимоги до підбору технологічного обладнання, зокрема екскаваторів та автосамоскидів.

Успішний вибір техніки — це не лише питання вартості окремих одиниць обладнання. Це складна багатопараметрична оптимізаційна задача, яка враховує сумісність техніки між собою, з гірничо-геологічними умовами родовища, виробничим графіком, експлуатаційними обмеженнями, технічним обслуговуванням, строком служби та іншими чинниками. Зазвичай таку задачу доцільно розглядати у межах методів лінійного чи цілочисельного програмування, де метою є мінімізація загальних витрат при забезпеченні запланованого обсягу виробництва.

Важливою особливістю сучасного підходу до формування парку гірничої техніки є врахування можливості використання неоднорідного (змішаного) парку обладнання. Традиційно підприємства прагнули до уніфікації — однакові екскаватори, однакові самоскиди, стандартизовані цикли завантаження і транспортування. Проте досвід і моделювання доводять, що використання змішаних парків дозволяє краще пристосовуватись до зміни виробничих умов, нерівномірного розподілу навантаження, коливань графіку розробки блоків кар'єру тощо. Змішані парки забезпечують більшу гнучкість, а отже, підвищену ефективність.

Запропоноване в дослідженні рішення передбачає створення оптимізаційної моделі вибору техніки, яка враховує графік видобутку, сумісність та продуктивність обладнання, а також експлуатаційні обмеження. Метою є створення інструменту вибору парку техніки (екскаватори + самоскиди), який генерує довгострокову політику закупівлі та утилізації техніки з метою мінімізації загальної вартості видобутку та транспортування гірничої маси. Одним із ключових елементів цієї моделі є коефіцієнт відповідності — інтегральний індикатор, що враховує час очікування, черги, продуктивність навантажувачів та транспортних засобів, їхню сумісність у рамках конкретного виробничого середовища. Встановлено, що коефіцієнт відповідності може виступати критерієм оцінювання ефективності парку техніки та оптимізації її розподілу на кар'єрі. За його допомогою можна виявити як надлишкову, так і недостатню кількість техніки, оптимізувати час циклу, мінімізувати витрати простою та втрати продуктивності.

Встановлено, що великогабаритна техніка забезпечує економічну ефективність лише у разі її повного завантаження протягом усього терміну служби. Натомість обладнання середнього розміру є більш гнучким та адаптивним до змін у навантаженні й виробничих потребах. У роботі також запропоновано нову модель оптимізації, яка враховує змішані (неоднорідні) парки техніки та дає змогу визначити доцільну кількість одиниць техніки з урахуванням кількох варіантів розміщення й експлуатації.

Запропонована модель дозволяє: враховувати вже наявне обладнання в парку; гнучко розподіляти техніку за місцями роботи; оптимізувати експлуатаційні витрати з урахуванням вікової структури обладнання; планувати політику закупівлі та списання техніки з урахуванням прогнозованих потреб. У моделі враховано ризики невизначеності, що характерні для гірничого виробництва, зокрема зміни в продуктивності, аварійні простої, сезонність. Це дозволяє керівникам проектів формувати резервні варіанти політик управління парком і бути готовими до адаптації у випадку змін у зовнішніх чи внутрішніх умовах.

Таким чином, запропоноване рішення вирішує актуальне науково-технічне завдання, що полягає у виборі сумісного, але неоднорідного парку техніки для відкритих гірничих робіт. Це забезпечує максимальну ефективність з урахуванням інтегрованих техніко-економічних показників, гнучкість у прийнятті рішень та високу адаптивність до змінних умов.