

А. О. ОНИЩЕНКО, викладач

ВСП «Фаховий коледж Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського»,

В. К. ТИТЮК, д-р техн. наук, проф., М. Л. БАРАНОВСЬКА, канд. техн. наук, доц.,

В. Д. БАРАНОВСЬКИЙ, д-р філософії, ст. викладач

Криворізький національний університет

КРИТЕРІЙ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОЧОГО ЦИКЛУ КАР'ЄРНИХ ЕКСКАВАТОРІВ: АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ТА НАПРЯМКИ ВИРІШЕННЯ

Кар'єрні екскаватори типу пряма лопата та драглайн є базовими засобами виїмки й навантаження гірничої маси у відкритих гірничих роботах. Ефективність їх експлуатації безпосередньо визначає продуктивність кар'єру, собівартість видобутку та енергетичне навантаження на електропостачання підприємства. В умовах зростання вартості енергоносіїв і посилення вимог до ресурсозбереження задача скорочення тривалості робочого циклу при одночасному зменшенні енергоспоживання набуває особливої практичної ваги.

Робочий цикл екскавації включає послідовність операцій: відрив ковша з породою, підйом, поворот платформи до місця розвантаження, розвантаження і повернення робочого органу в точку черпання. Традиційні підходи на основі фіксованих траєкторій або операторського досвіду не гарантують оптимальних показників у широкому діапазоні умов роботи, що обумовлено реальними особливостями експлуатації: змінністю маси породи в ковші від циклу до циклу внаслідок неоднорідності забою, інерційними характеристиками системи та вимогами до приводів.

Систематизація наукових публікацій дозволяє виділити кілька напрямків вирішення задачі оптимізації циклу. Багатокритеріальна траєкторна оптимізація формулює задачу оптимального керування з жорсткими обмеженнями кінематики й приводів та цільовими функціями одночасної мінімізації часу, енергії та ударних навантажень [1]. Побудова множини Парето компромісних рішень дозволяє обрати траєкторію залежно від пріоритетів: швидкодія чи ресурс обладнання. Онлайн-адаптивне планування вирішує проблему змінності умов через прогнозне регулювання або бібліотеки попередньо обчислених оптимальних режимів. Методи машинного навчання, зокрема фізично-інформовані нейронні мережі, надають новий рівень обчислювальної ефективності онлайн-планування за рахунок навчання на масиві офлайн-розрахованих траєкторій.

Проте перелічені підходи мають суттєві обмеження при застосуванні до канатних екскаваторів типу ЕКГ-8І. Переважна більшість методів розроблена для гідравлічних маніпуляторів із незалежним керуванням ланками; натомість у канатних машинах рух ковша визначається узгодженою роботою електроприводів підйому й тяги, що формує принципово відмінну кінематичну структуру. Також жоден з розглянутих критеріїв оптимальності не враховує операційну продуктивність – кількість перевантаженої гірської маси за одиницю часу [2].

Проблема постановки мети керування визнається однією з ключових у теорії автоматичного керування і виходить за рамки власне оптимізації траєкторії. Дискусія щодо вибору критерію оптимізації робочого циклу кар'єрних екскаваторів залишається відкритою і не має загальноприйнятого вирішення. Виходячи зі сказаного, подальші задачі дослідження можуть полягати у розробці критерію оптимізації робочого циклу кар'єрних екскаваторів на основі багатокритеріального підходу, який одночасно враховує витрачений час, витрачену електроенергію, операційний вплив на стан обладнання та операційну продуктивність виробничого циклу – кількість перевантаженої гірської маси за одиницю часу. Необхідно розробити спостерігач рівня завантаження ковша екскаватора гірською масою в режимі реального часу як необхідну складову для визначення операційної продуктивності та адаптації закону керування до змінних умов циклу. Провести верифікацію запропонованого критерію на реальних або модельних даних електромеханічної системи екскаватора із порівнянням за метриками часу циклу, питомого енергоспоживання та продуктивності відносно базових траєкторій і результатів попередніх досліджень.

Список літератури

1. Feng, H., Jiang, J., Ding, N. et al. Multi-objective time-energy-impact optimization for robotic excavator trajectory planning. *Automation in Construction*. 2023. Vol. 156. 105094. DOI: 10.1016/j.autcon.2023.105094.
2. Титюк В. К., Мрачковський Д., Чорний О. П. та ін. Вплив параметрів передавальної функції оператора на енергоспоживання та тривалість циклу електромеханічної системи екскаватора. *Науковий вісник Національного гірничого університету*. 2025. № 3. DOI: 10.33271/nvngu/2025-3.