

# Автоматизація оперативного керування бункерним живленням секцій рудозбагачувальної фабрики

В. В. Тронь<sup>1</sup>

*Анотація* – Ways of constructing of parallel technological lines hopper-supply process control system in conditions of ore-dressing technology with usage of predicting control methods and fuzzy multicriteria decision-making model was proposed.

*Ключові слова* – multicriteria optimization, hopper feeding system, fuzzy decision-making method, control system.

## I. ВСТУП

Рівень економіки України багато в чому обумовлюється рівнем розвитку підприємств гірничо-металургійного комплексу. Вагомим елементом гірничо-металургійного комплексу є первинна переробка корисних копалин. Відомо, що якість кінцевого продукту первинної переробки (концентрату) значною мірою залежить від однорідності сировини, котра надходить на переробку, високий ступінь якої дозволяє підвищити ефективність функціонування технологічного збагачувального обладнання. При зменшенні амплітуди коливань вмісту заліза у вхідній руді з 3% до 1% вміст заліза у хвостах зменшується в середньому на 1,5%. В межах рудозбагачувальної фабрики стабілізувати якісні характеристики сировини, що надходить на переробку, можна у процесі бункерного живлення секцій збагачення, що забезпечить можливість оптимального налаштування збагачувального обладнання на відповідні характеристики вхідного матеріалу.

## II. ОБ'ЄКТ КЕРУВАННЯ

Розглянемо процес бункерного живлення секцій рудозбагачувальної як об'єкт керування із застосуванням кібернетичного підходу «чорної скриньки». Вхідними некерованими змінними процесу, як це видно на рис. 1, є продуктивність вхідного потоку матеріалу до приймального бункера ( $G$ ), вектор якісних характеристик вхідного потоку матеріалу ( $[q_G]$ ), вектор значень продуктивності вихідних потоків відсіків бункера ( $[Q]$ ).



Рис. 1. Процес бункерного живлення як об'єкт автоматизації

Керуючим впливом є задане положення ( $p^{(u)}$ ) пересувного завантажувального пристрою (ПЗП). Вихідними змінними даного процесу є: поточне положення ПЗП ( $p$ ), обсяг

матеріалу у відсіку ( $M_p$ ), над яким в даний момент часу знаходиться завантажувальний пристрій і вектор якісних характеристик ( $[q_G]$ ) вихідного потоку матеріалу з відсіків. Внутрішніми змінними є значення усередненого вмісту корисного компонента ( $[q_M]$ ) у відсіках бункера.

## III. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ

На основі аналізу основних техніко-економічних вимог [1,2], котрі пред'являються до процесу бункерного живлення на рудозбагачувальних фабриках можна визначити такі основні завдання системи керування даним процесом: забезпечення заданих значень обсягів матеріалу у відсіках бункера наприкінці циклу завантаження (завдання верхнього рівня ієрархії); забезпечення мінімального розкиду значень обсягів матеріалу у відсіках протягом циклу завантаження (рівномірність завантаження відсіків бункера забезпечує максимально можливий час роботи наступних секцій технологічного обладнання при відсутності вхідного потоку матеріалу до бункера, а також унеможливує пересипання матеріалу до суміжних відсіків); забезпечення заданих якісних характеристик матеріалу у вихідних потоках відсіків бункера (завдання верхнього рівня ієрархії – забезпечує роботу підбункерного технологічного обладнання в оптимальному режимі); уникнення частих і тривалих переміщень ПЗП (забезпечує економію електроенергії і нецільове завантаження відсіків в процесі руху).

Перешкодою забезпечення ефективного, згідно наведених вище вимог, керування процесом бункерного живлення є стохастична нестабільність впливів збурення. В зв'язку з цим запропоновано [3] здійснювати двоетапне керування даним процесом, згідно якого завдання щодо обсягів і якісних характеристик матеріалу у відсіках формуються на верхньому рівні ієрархії і є вхідними параметрами для системи оперативного керування. В процесі оперативного керування враховується динаміка впливів збурення, що діють на об'єкт керування, а також інформація про стан об'єкту керування: обсяги матеріалу у відсіках ( $[M]$ ), вміст корисного компонента у вихідних потоках матеріалу з відсіків ( $[q_M]$ ), котрі розраховуються з використанням моделі об'єкту керування, як це видно на рис. 2, а також положення завантажувального пристрою ( $p$ ). На основі отриманої інформації пристрій керування, на кожному інтервалі оптимізації, формує керуючий вплив – оптимальне положення пересувного завантажувального пристрою ( $p^{(u)}$ ).

<sup>1</sup> Криворізький технічний університет, вул. XXII Партз'їзду, 11, Кривий Ріг, 50027, УКРАЇНА, E-mail: ktu.tron@yandex.ru

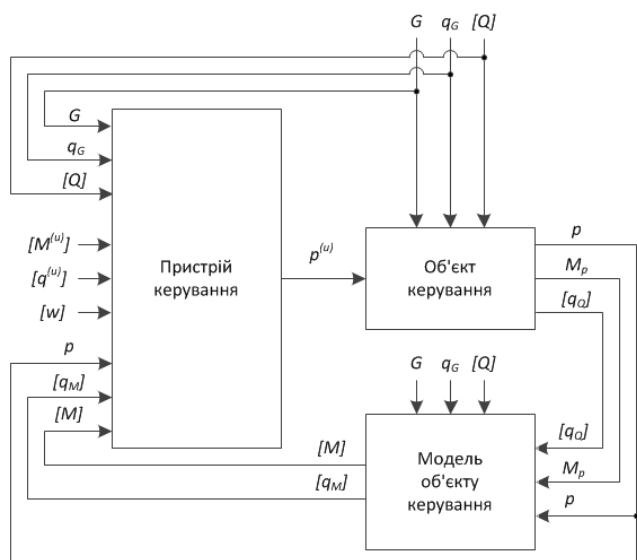


Рис. 2. Узагальнена схема системи оперативного керування бункерним живленням

Основними елементами системи керування процесом бункерного живлення є підсистема розрахунку ефективності альтернативних керуючих впливів, вихідними параметрами якої є вектори значень частинних критеріїв альтернативних керуючих впливів, сформовані згідно розглянутих вище завдань системи керування, і підсистема вибору оптимального керуючого впливу за частинними критеріями керування із урахуванням їхньої відносної важливості, реалізована на основі підходу [4]. Також, до складу пристрою керування входять підсистема прогнозування впливів збурення на наступний інтервал оптимізації. Принцип функціонування підсистем прогнозування полягає у наступному. Протягом поточного інтервалу оптимізації відбувається інтегрування значень впливів збурення. На першому такті наступного інтервалу результати інтегрування надходять безпосередньо до блоку прогнозування, а також до елементів затримки. Прогнозування впливів збурення здійснюється за допомогою авторегресійних моделей 1-2 порядку.

Вибір оптимального керуючого впливу здійснюється на кожному інтервалі оптимізації згідно результатів оцінювання ефективності усіх альтернативних керуючих впливів, оскільки загальна їх кількість обмежена кількістю можливих точок завантаження. Розрахунок значень частинних критеріїв кожного альтернативного керуючого впливу здійснюється з використанням нечітких контролерів за результатами моделювання процесу бункерного живлення на інтервалі оптимізації із прогнозованими параметрами впливів збурення.

#### IV. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

Сформоване пристроєм керування оптимальне положення завантажувального пристрою надходить до локальної автоматичної системи керування (АСК), котра здійснює фактичне керування ПЗП, а також первинне

збирання і обробку інформації про стан об'єкту керування. До складу локальної АСК, як це видно на рис. 3, входять: конвеєрні ваги 1 для визначення продуктивності потоків матеріалу, датчик вмісту корисного компоненту у потоках 2.

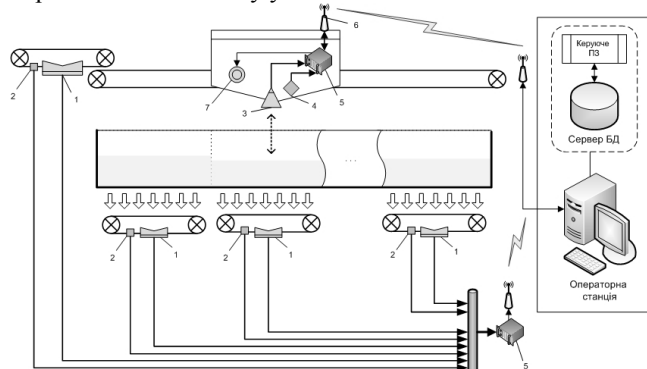


Рис. 3. Технологічна схема АСК бункерним живленням  
Безпосередньо на ПЗП встановлено: датчик рівня матеріалу 3, енкодер 4 для визначення положення завантажувального пристрою та програмовані логічні контролери 5, котрі здійснюють керування, первинну обробку інформації датчиків та її передавання з використанням радіоапаратури 6 до операторної станції, на котрій встановлено сервер бази даних і керуюче програмне забезпечення.

#### V. ВИСНОВОК

На основі результатів техніко-економічних вимог до бункерного живлення в умовах рудозбагачувальної фабрики запропоновано структуру і спосіб реалізації системи керування даним процесом в умовах багатокритеріальності, неповної та нечіткої інформації; а також запропоновано спосіб практичної реалізації АСК бункерним живленням.

#### СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- [1] Бабец Е. К. Разработка оптимальной стратегии управления загрузкой бункеров обогатительных фабрик // Обогащение полезных ископаемых. – 2004. - №19(60). – С. 108-114.
- [2] Константинов Г. В. Модель сортировки руд в бункерах / Г. В. Константинов, П. С. Смолянский // Разработка рудных месторождений. - 1998. - №65. — С. 50-54.
- [3] Тронь В. В. Автоматизоване двоетапне керування процесом бункерного живлення паралельних технологічних ліній в умовах невизначеності / В. В. Тронь // Науковий вісник Чернівецького університету. Серія: Комп'ютерні системи та компоненти. – 2010. - №2. – Т. 1. – С. 125-129.
- [4] Тронь В. В. Керування завантаженням багатосекційної ємності на основі нечіткого аналізу багатокритеріальних варіантів / В. В. Тронь // Новое в технологии и технике переработки минерального сырья. – 2010. – С. 249-262.