

УДК 622.7

М.І. СОКУР, д-р техн. наук

(Україна, Кременчук, Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського),

В.С. БІЛЕЦЬКИЙ, д-р техн. наук

(Україна, Харків, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»),

Д.П. БОЖИК, А.В. КОЧАТОК

(Україна, Кременчук, Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського)

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПРОЦЕСУ РУДОПІДГОТОВКИ В УМОВАХ РЗФ-1 ПІВНІЧНОГО ГЗК

Постановка проблеми і стан її дослідження. Основними галузями промисловості України є гірничо-видобувна, хімічна, чорна металургія, машинобудування, енергетика, деревообробка, будівельних матеріалів. Ці галузі промисловості відрізняються великою енергоємністю. Це обумовлює актуальність поліпшення використання енергоресурсів, забезпечення науково-технічної обґрунтованості норм їхніх витрат, налагодження чіткого контролю за їхнім дотриманням, здійсненніям політики енергозбереження в усіх галузях промисловості України.

Розвиток і оптимальне функціонування паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) країни є найважливішим чинником забезпечення життєдіяльності нашої економіки. Рішення задач, що стоять перед ПЕК, може здійснюватися в наступних напрямках: розвиток традиційної енергетики, уніфікація джерел імпорту енергоносіїв, пошук перспективних нових джерел енергії, впровадження енергозберігаючих заходів і технологій, підвищення ефективності використання енергоресурсів. Найбільш перспективним і ефективним напрямком для економіки України є політика енергозбереження.

Сказане вище повною мірою стосується гірничорудної промисловості України, зокрема, процесів підготовки залізних руд до плавки. При цьому одними з найбільш енергоємних процесів рудопідготовки є збагачування і грудкування корисних копалин. Енергоспоживання збагачувальними і грудкувальними фабриками росте в зв'язку з розширенням виробництва, використанням сучасного технологічного обладнання, а також підвищенням якості збагачування руд, якого не можна досягти без впровадження комплексної системи автоматизації на всіх етапах технологічних ліній збагачування і грудкування. Важливим є аналіз, раціональне використання електроспоживання, науково обґрунтоване нормування, розподіл і прогнозування питомого видатку електроенергії в процесах рудопідготовки.

У технології збагачування руд найбільш енергоємним процесом є дезінтеграція (дроблення і подрібнення) руд, частка якого складає понад 60% енерговитрат, які пропорційні новій відкритій внаслідок руйнування мінеральних зерен, поверхні. Відомо, що тільки 5% енергії потрібно на процеси дроблення, а близько 60% – на процеси подрібнення [1].

Тому перспективною є концепція перерозподілу енерговитрат між процесами дроблення і подрібнення, збільшення питомої ваги циклу дроблення в загальному процесі дезінтеграції руд. Для цього необхідно зменшити крупність дробленого продукту з 25-30 мм до 10 мм, бо кожний міліметр зниження крупності дробленої руди дозволяє на 1,2-1,5% знизити енергоємність і на стільки ж підвищити продуктивність наступних операцій рудопідготовки [1-3]. Таку крупність дробленого продукту можна отримати тільки в апаратах нового типу, найбільш перспективними з яких є дезінтегратори відцентрованого типу, в яких реалізується принцип руйнування матеріалу вільним ударом у полі відцентрових сил. Широке застосування цих апаратів при збагаченні руд дозволить істотно знизити енерговитрати в процесах рудопідготовки. Існує і багато інших засобів енергозбереження в процесах рудопідготовки, але успішне застосування їх можливе лише в результаті проведення спеціальних досліджень енергоспоживання в цій галузі.

Мета статті – створення і апробація імітаційної моделі електроспоживання в процесі збагачення залізних руд в умовах РЗФ-1 Північного ГЗК.

Виклад основного матеріалу. Для вирішення комплексу проблем з аналізу та пошуку шляхів економії енергоресурсів при оптимізації процесів збагачення нами розроблена імітаційна модель енергоспоживання, укрупнена блок-схема якої показана на рис. 1.

Ця модель має універсальний характер і призначена для вирішення таких завдань:

- аналіз впливу факторів на параметри енергоспоживання;
- вибір шляхів економії електроенергії;
- обґрунтування оптимальної структури систем керування процесами технологічної лінії збагачення.

Модель інтерпретується як ситуаційна модель причинно-наслідкових зв'язків і може бути включена до складу АСУТП збагачувальної лінії [4].

Укрупнено математична модель включає такі блоки програми:

- 1) блок аналізу вибору структури моделі;
- 2) блок технічних моделей для мети контролю, діагностики та управління;
- 3) блок програми логічного допускового контролю і програм ситуаційної діагностики;
- 4) блок програм імітації керуючих впливів;
- 5) блок програм адаптивної ідентифікації та вибору оптимальних параметрів керування;
- 6) блок програм статистичного моделювання і прогнозування.

Блок аналізу вибору структури моделі призначений для формування конкретної моделі залежно від умов роботи імітаційної моделі, яка може функціонувати в дослідницькому і робочому режимах. Робочий режим

Підготовчі процеси збагачення

включає: «порадник», пряме цифрове керування, супервізорне керування. В блоці аналізу здійснюється спрощення вихідної моделі структури об'єкта, зображеної у вигляді граф-моделі, вибір мінімальної кількості параметрів моделі з програми DIAGN, нормування вихідної і перетворюючої топологічної моделей об'єкта дослідження в залежності від заданих умов і класу вирішуваних завдань [5].

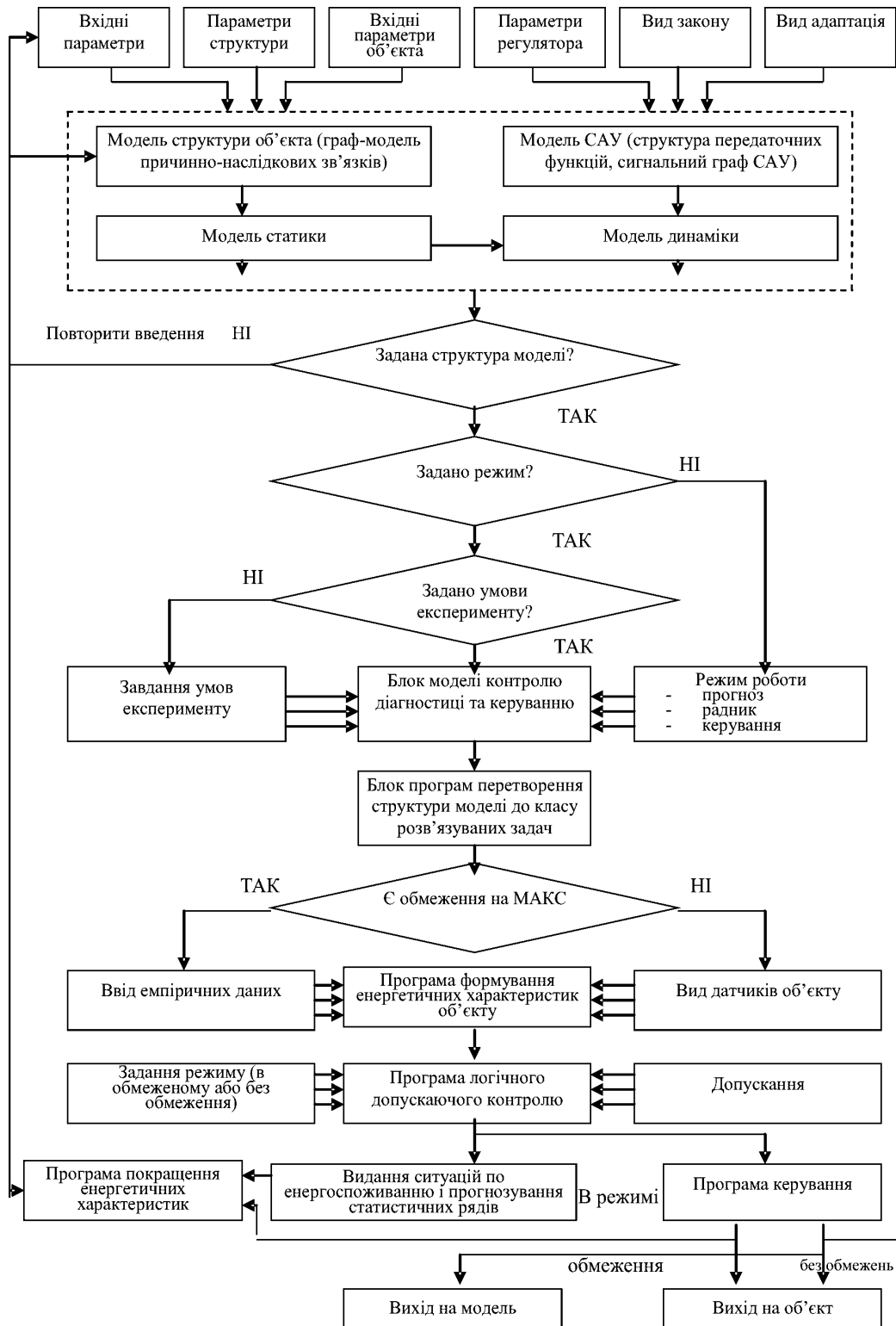


Рис. 1. Блок-схема імітаційної моделі енергоспоживання і оптимізації процесу

Блок технічних моделей включає в себе моделі основних технологічних процесів – подрібнення, класифікації і магнітної сепарації – як статистичні, так і детерміновані, до складу яких входять статична і динамічна моделі, модель САУ і модель АСУ. До окремого класу зведені моделі власне енергоспоживання по операціях, побудовані на основі обробки даних статистики, отриманих у режимах активних і пасивних експериментів.

Блок програми логічного допускового контролю включає програми координації окремих моделей і програми в загальній моделі при імітаційному моделюванні, а в режимах керування крім того здійснює порівняння поточних і прогнозованих значень параметрів з допусками на них, із врахуванням реальної ситуації та обмеженнями на енергоспоживанні [5].

Блок програми керівних впливів включає підпрограми П, І, ІІ, ІІІД законів керування, програму вибору оптимальної частоти квантування KVANT, програму розрахунку оптимальних налаштувань регуляторів за критерієм максимального ступеня стійкості [5].

Блок програм адаптивної ідентифікації включає програми пасивної (PASS) і активної (IDEN, IDENA) ідентифікації, які призначені для оперативної, в темпі з процесом, ідентифікації змінних статистичних і динамічних параметрів об'єкта [5-7].

Блок програми статистичного моделювання і прогнозування вміщує підпрограми: ідентифікації стохастичної моделі (POSM), попереднього оцінювання параметрів моделі (IDSM), прогнозування (PROGN).

Блок-схема алгоритму наведена на рис. 2.

У результаті дослідження були отримані рекомендації зі зниження питомих витрат електроенергії та оптимізації технологічних процесів.

Комплекс адаптивного керування складається із диспетчерського пункту і до 32 контрольних пунктів, до кожного з яких може бути підключено до 32 датчиків. Контрольовані пункти можуть бути розширені по входу до 64 датчиків.

Адаптивна система керування енерговикористанням першочергово розроблялась як система керування електроспоживанням у режимі «Порадник енергодиспетчера». Налагодження модулів програм здійснювалося на рудозбагачувальній фабриці РЗФ-1 Північного ГЗК. Результати роботи програми керування енергоспоживанням показані на рис. 3, причому крива 1 являє собою екстрапольоване на 1 годину рекомендоване системою керування значення витрат електроенергії, крива 3 – фактичні витрати електроенергії, а крива 2 – фактичне значення виробництва концентрату.



Рис. 2. Блок-схема алгоритму стохастичного моделювання енергоспоживання

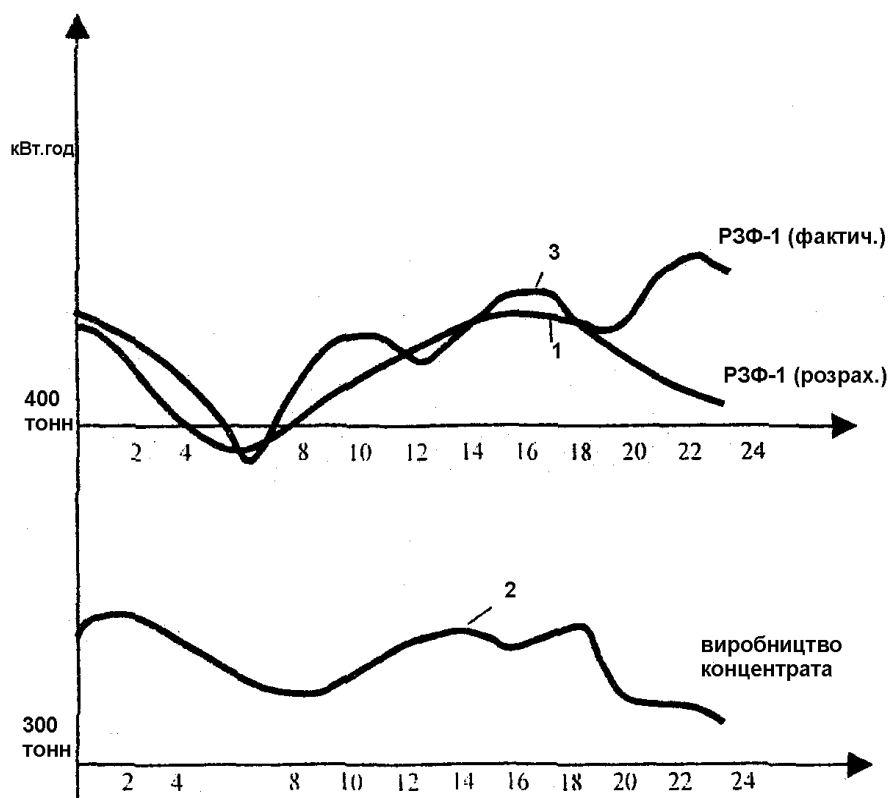


Рис. 3. Результати імітаційного моделювання електроспоживання на РЗФ-1 Північного ГЗК

З аналізу рис.1 видно, що рекомендовані (розрахункові) рівні енерговитрат добре корелюють з виробництвом концентрату, фактичні ж енерговитрати корелюють значно гірше, особливо у нічний час. З того ж рисунка видно, що ранковий та вечірній максимуми енерговитрат можуть бути значно знижені.

Висновки

1. Використання імітаційної моделі електроспоживання процесу збагачення в умовах РЗФ-1 Північного ГЗК показало кореляцію кривих виробництва концентрату і розрахованих енерговитрат на збагачення залізної руди.
2. Запропонована система керування електроспоживанням рудозбагачувального виробництва може дати реальний економічний ефект за рахунок зниження ранкового та вечірнього максимумів енерговитрат.

Список літератури

1. Сокур М.І., Білецький В.С. та ін. Підготовка корисних копалин до збагачення: монографія / Сокур М.І., Білецький В.С., Єгурнов О.І., Воробйов О.М., Смирнов В.О., Божик Д.П. – Кременчук: Кременчуцький національний ун-т ім. М.Остроградського, Академія гірничих наук України. ПП Щербатих О.В., 2017. – 392 с.
2. Сокур Н.И. Экономия энергоресурсов при дезинтеграции минерального сырья //

Підготовчі процеси збагачення

Пути экономии ресурсов при обогащении руд: сборник научных статей / Минмет СССР, Ин-т Механобчермет. – М.: Недра, 1990. – С. 3-8.

3. Сокур М.І., Білецький В.С., Сокур Л.М., Сокур І.М. Математичне моделювання електроспоживання на дробильно-подрібнюючих комплексах ГЗК // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2017. – Вип. 65(106). – С. 72-77.

4. Папушин Ю. Л. Основи автоматизації гірничого виробництва. / Папушин Ю.Л., Білецький В.С. – Донецьк: Сх. вид. дім, 2007. – 168 с.

5. Адаптивная система управления процессом классификации в замкнутом цикле измельчения. / Е.К. Бабец, В.П. Хорольский, Н.И. Сокур и др. // Цветная металлургия, – 1985. – №2. – С. 107-112.

6. Способ формирования оптимальных структур систем управления процессом измельчения / Шубрадзе А.М., Хорольский В.П., Бабец Е.К. и др. // Горный журнал. – М.: Недра, 1983. – С. 114-118.

7. K.S. Narendra and A. M. Annaswamy, Stable Adaptive Systems. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1989; Dover Publications, 2004.

© Сокур М.І., Білецький В.С., Божик Д.П., Кочаток А.В., 2018

*Надійшла до редколегії 20.08.2018 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*