

УДК 330.341.1:658.51

Белкіна І.А., к.е.н., доцент кафедри економічної кібернетики та інформаційних технологій
Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет»

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМУ ОРГАНІЗАЦІЇ РУДОПОСТАЧАННЯ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

В статті розроблено метод визначення оптимального режиму організації рудопостачання для гірничо-збагачувальних підприємств, що функціонують. На основі представленого методу, в роботі надано загальний систематизований перелік економіко-організаційних заходів з підтримки параметрів рудоподачі на оптимальному рівні.

Ключові слова: оптимізація, організація рудоподачі, прибуток, собівартість, гірничо-збагачувальні підприємства, ритмічність.

Bielkina I.

DETERMINATION OF OPTIMAL ORE SUPPLY ORGANIZATION REGIME FOR MINING AND PROCESSING ENTERPRISES

The method for determination of ore supply arrangements optimization for mining and processing enterprises in operation is developed in the article. On the basis of the method, the general systematic list of economic and managerial guidelines on the optimal parameters maintenance are given in the article.

Keywords: optimization, ore-supply organization, profit, cost, ore mining and processing enterprise, rhythm.

Белкина И.А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ОРГАНИЗАЦИИ РУДОПОДАЧИ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В статье разработан метод определения оптимального режима организации рудоподачи для функционирующих горно-обогатительных предприятий. На основе разработанного метода, в работе представлено общий систематизированный перечень экономико-организационных мероприятий по поддержке параметров рудоподачи на оптимальном уровне.

Ключевые слова: оптимизация, организация рудоподачи, прибыль, себестоимость, горно-обогатительные предприятия, ритмичность.

Постановка проблеми в загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Організація роботи транспортного підрозділу виробничого підприємства в значній мірі визначає безперервність, ритмічність і рівномірність роботи всіх подальших технологічних ланок опосередковано впливаючи на економічні показники господарської діяльності. Для гірничо-збагачувальних підприємств, що виробляють сировину для металургійної промисловості, важливість раціональної організації роботи гірничо-транспортного комплексу полягає в тому, що способи і режими поставок залізної руди впливають на дисперсію коливань якості, а також на техніко-економічні показники виробництва концентрату.

Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано вирішення проблеми. Вітчизняними авторами запропоновано чимало заходів по підвищенню економічної ефективності збагачення залізних руд: оптимізацію величини технологічного потенціалу [1], організаційно-структурну перебудову допоміжного виробництва [2], матеріальне стимулювання працівників за підвищення якості і зниження собівартості залізорудної продукції [3], стандартизацію технологічних і організаційних умов здійснення гірничого виробництва [4,5], зниження втрат залізної руди за рахунок їх нормування і стимулювання ощадливого використання [6] і т.д. Оптимізація рудоподачі, поза процесом формування якості руди, майже не розглядалась у ролі інструменту покращення основних економічних показників збагачення, або зниження виробничих витрат. Аналіз таких втрат ускладнений тим, що наявні форми обліку і звітності не дозволяють повністю виявити вплив транспортного підрозділу на економічну сторону функціонування підприємства. Це вказує на очевидну необхідність застосування методів економіко-математичного моделювання для виявлення цих прихованих закономірностей. Серед іноземних досліджень, направлених на визначення потенційної ефективності, зниження витрат і зміни якості руди при порівнянні варіантів її транспортування, можна виділити роботи професора Еверета (Jim Everett) із Університету західної Австралії, в яких застосовуються методи статистичного моделювання [7-10]. Моделюванням експортних поставок руди від кар'єру до порту займались й інші австралійські вчені в [11]. Проте результати дослідження [7-11], можуть бути застосовані лише для оцінки варіантів транспортування руди від складу підприємства до складу у порту, а тому не дозволяють покращити економічні показники переробки сировини до концентрату в рамках самого гірничого підприємства. Економіко-математичні моделі впливу параметрів рудоподачі на економічні показники збагачення запропоновано в роботі автора [12], проте, їх недостатньо для визначення оптимальних параметрів рудоподачі конкретного підприємства.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Досі не розроблено методичного забезпечення визначення параметрів організації рудоподачі, котрі враховуючи показники якості та часу надходження сировини, забезпечували б максимізацію прибутку всього підприємства або мінімізацію його витрат.

Цілі статті. Задача даної статті полягає у розробці методики визначення оптимальних режимів рудоподачі за економічними критеріями ефективності діяльності гірничо-збагачувального підприємства.

Викладення основного матеріалу з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. В попередній роботі [12] було проаналізовано вплив динамічних параметрів рудоподачі на економічні показники збагачення: обсяг виробництва концентрату, його питому собівартість, дохід і прибуток підприємства. Аналіз було реалізовано за допомогою відповідних алгоритмічних економіко-математичних моделей. В основу зазначених моделей було покладено математичний апарат теорії випадкових функцій – функції спектральних щільностей і амплітудно-частотні характеристики.

Конкретний вигляд функції спектральної щільності залежить від того, чи є тривалість і період поставок руди випадковими величинами, а також, чи корелюють між собою середні показники вмісту заліза в руді між поставками. Серед можливих варіантів організації транспортування руди на дроблення були виділені три види випадкових процесів подачі руди на дроблення:

- рівномірна подача руди партіями, середній вміст заліза в яких корелює;
- рівномірна подача руди партіями, середній вміст заліза в яких не корелює;
- нерівномірна подача руди.

При різних видах випадкових процесів подачі руди одні і ті ж самі значення динамічних параметрів рудоподачі по-різному впливають на основні економічні показники збагачення. Такий вплив необхідно враховувати при плануванні і реалізації організаційних, технічних, технологічних та економічних заходів, що вплинуть на динамічні параметри рудоподачі, а також при проектуванні розробки нових родовищ. Постає необхідність вибору критерію, за яким буде здійснюватись вплив на процес рудопостачання.

При вирішенні задач оптимізації шихти у якості цільової функції використовується вартість концентрату, отримана з 1 т. руди [13]. Така методика застосовувалась на вітчизняних гірничо-збагачувальних комбінатах в часи планової економіки, коли вартість реалізації залізородного концентрату була заздалегідь визначена і залежала від її собівартості. У ринкових умовах головним недоліком такого підходу є невизначеність і незалежність ціни продажу 1 т. залізородного концентрату від її собівартості.

Специфіка розрахунку виробничої собівартості концентрату полягає в тому, що підприємство несе фактичні витрати під час видобутку, транспортування і переробки руди (при цьому враховуються і витрати на виймання, транспортування та складування пустих порід), в той час, як кінцевим продуктом підприємства є залізородний концентрат. Можна розрахувати вплив динамічних параметрів рудоподачі на собівартість виробництва 1 т. концентрату використовуючи відповідну алгоритмічну модель впливу динамічних параметрів рудоподачі на обсяг виробництва концентрату, представлену в роботі [12] та формулу собівартості концентрату:

$$C_k = \frac{C_p \cdot Q_p}{Q_k}, \quad (1)$$

де C_p – сукупна собівартість видобутку, транспортування, дроблення і збагачення 1 т. руди,

Q_p – обсяг переробки руди, т.,

Q_k – обсяг виробництва концентрату, т.

З позицій забезпечення виторгу від реалізації, критерієм впливу на організацію поставок руди також може бути чистий дохід підприємства від реалізації продукції, як показник, що враховуючи ринкову ціну продукції у відповідних умовах функціонування є об'єктивнішим за критерій, запропонований в роботі [16]. Можливість вибору прибутку від реалізації концентрату у якості критерію впливу на організацію рудоподачі, обумовлена тим, що він одночасно враховує як ринкову вартість продукції, так і вартість її виготовлення. Розрахувати прибуток підприємства від реалізації концентрату можна за формулою:

$$\Pi = D_k - C_k \cdot Q_k, \quad (2)$$

$$D_k = \beta \cdot u_0 \cdot Q_k. \quad (3)$$

де D_k – дохід від реалізації залізородного концентрату,

u_0 – ціна одного відсотку заліза в тоні концентрату, грн./т.,

β – вміст заліза в концентраті, %.

В такому разі, вибір критерію впливу на організацію процесу подачі руди доцільно зробити на основі умови визначеності або невизначеності ціни реалізації залізородної сировини. В умовах визначеності доцільно використовувати критерій максимуму прибутку, що дозволить за результатами розрахунків порівняти економічні вигоди при впровадженні різних видів організації рудоподачі. В умовах невизначеності цін або реалізації руди на спотовому ринку для вибору оптимального виду організації подачі руд рекомендується критерій мінімуму собівартості. У випадку, якщо гірничо-

збагачувальне підприємство працює за довгостроковими контрактами із фіксованими цінами на продукцію критерієм оптимальності можна обрати максимум прибутку.

Розрахунок оптимальної організації поставок руди повинен відбуватись на основі порівняння зазначених економічних показників виробництва залізрудного концентрату для конкретних виробничих умов підприємства. Окрім того, необхідно також врахувати існуючі виробничі можливості комплексу, щодо зміни параметрів рудоподач: як параметрів часу, так і параметру якості руди. Потребує визначення базовий, тобто – прийнятий на підприємстві процес подачі руди. Для цього, в даній роботі пропонується алгоритм віднесення процесу подачі руди того чи іншого виду імпульсного випадкового процесу, що представлено на рис.1.

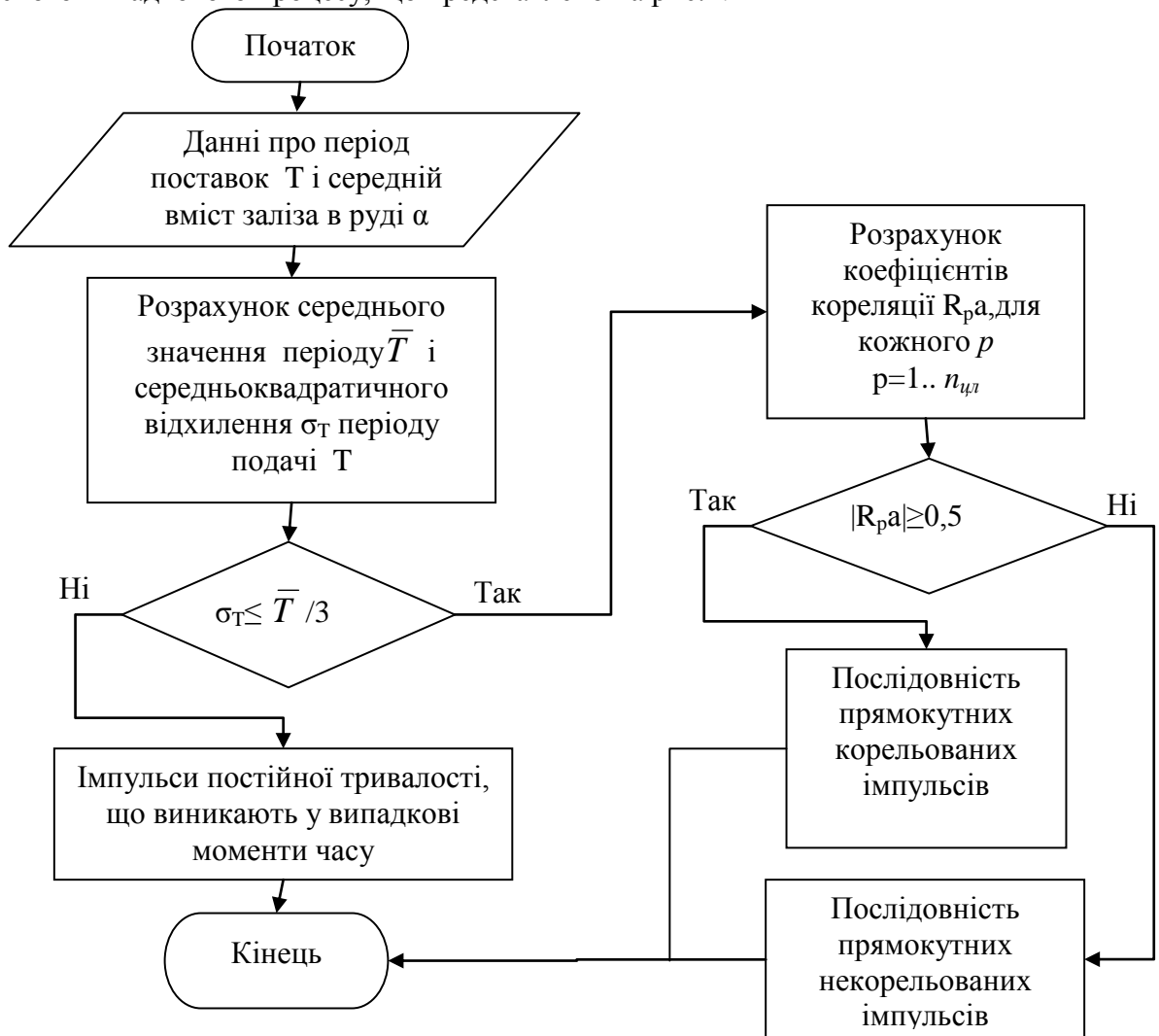


Рис. 1. Алгоритм віднесення процесу подачі руди того чи іншого виду імпульсного випадкового процесу

Отже, для прийнятих на гірничо-збагачувальних виробництвах значень тривалості і періоду подачі руди можуть бути досягнуті різні значення показників собівартості, прибутку і доходу підприємства від реалізації концентрату в залежності від того, який вид організації поставок сировини прийнято на підприємстві. Для визначення оптимального режиму рудоподачі пропонується наступний метод:

Метод розрахунку оптимальної організації процесу рудопостачання (для випадку поставок залізничним транспортом) в умовах діючого підприємства :

1) Аналіз вхідних даних з метою визначення виду базової функції спектральної щільності за відповідним алгоритмом на рис. 1.

2) Аналіз можливостей зміни параметрів організації рудоподачі для конкретних виробничих умов підприємства. Підбір видів і параметрів функцій спектральних щільностей для можливих варіантів організації рудо подачі.

3) Здійснення розрахунків собівартостей ($C_{\text{баз}}, C_i$), $i = \overline{1, m}$ за формулою (1) або прибутку від реалізації ($\Pi_{\text{рбаз}}, \Pi_{\text{pi}}$), $i = \overline{1, m}$ за моделями, що побудовані як на основі базової $S_{\text{баз}}(\omega)$, так і на основі альтернативних функцій спектральних щільностей $S_i(\omega)$ $i = \overline{1, m}$.

4) Порівняння результатів моделювання для різних процесів і/або однакових процесів з різними параметрами і визначення оптимального. Визначення оптимального процесу і оптимальних параметрів процесу відбувається на основі критерію мінімум собівартості або максимум прибутку.

В основу аналізу можливостей зміни процесів подачі руди або їх параметрів покладено вивчення техніко-технічних можливостей гірничо-транспортного комплексу і процесу формування якості залізної руди.

Якщо за результатами визначення оптимального режиму рудоподачі виявилось, що:

$$C_{\text{баз}} = \min[C_{\text{баз}}, C_1, C_i, \dots, C_m], i = \overline{1, m} \quad (4)$$

або

$$\Pi_{\text{баз}} = \max[\Pi_{\text{баз}}, \Pi_1, \Pi_i, \dots, \Pi_m], i = \overline{1, m}, \quad (5)$$

то прийнятий на підприємстві режим рудоподачі відповідає оптимальному. В такому разі, додаткових корегуючих управлінських заходів впливу на фактори рівномірної подачі руди не потрібно, достатньо тільки підтримувати існуючий режим забезпечення дробарно-збагачувального підприємства сировиною.

Якщо рівності (4) або (5) не виконуються, рудоподача організована неоптимально з позицій забезпечення стабільності якісного складу сировини в заданих виробничих умовах і з позиції забезпечення максимальних обсягів виробництва концентрату. Для оптимізації існуючого режиму рудоподчі, в залежності від того, який вид процесу поставок або які значення його параметрів забезпечують мінімум собівартості або максимум прибутку, необхідно впровадити низку заходів впливу на фактори рівномірної подачі руди або на впорядкування подачі руди за якісними показниками.

У випадку, якщо рудоподача в базових умовах не є оптимальною, необхідно так організувати процес постачання сировини на дробарно-збагачувальний переділ, щоб змінити вид випадкового процесу подачі руди. Як видно з рисунку 1, вид випадкового процесу визначається динамічним параметром періоду подачі руди T та параметром якості руди $R_p a$. Тобто, щоб оптимізувати організацію рудоподачі в умовах підприємства, що функціонує, необхідно застосувати заходи, аби вплинути на ці два показники з метою доведення їх до рівня, що відповідає оптимальній організації рудоподачі в даних виробничих умовах.

Практичні і методичні рекомендації по забезпеченню оптимального режиму рудопостачання відрізнятимуться в залежності від того, який режим за результатами використання методу, запровадженого вище визначено оптимальним, а також від того – який процес визначено базовим. В таблиці 1 представлено заходи впливу на процес подачі руди в залежності від його базових і оптимальних характеристик в найбільш загальному вигляді.

Таблиця 1

Економіко-організаційні заходи щодо забезпечення оптимальних режимів рудоподачі

Базовий процес	Оптимальний за результатами моделювання вид процесу подачі руди		
	$T=\text{const}; R_{pa}=0$	$T=\text{const}; R_{pa}>0,5$	$T=\text{var}$
$T=\text{const}; R_{pa}=0$	Підтримка існуючих параметрів організації рудопостачання	Визначення чіткої послідовності подачі руди з різних складів і бортів кар'єрів, котра забезпечувала б кореляцію між відповідними імпульсами	Спростити заходи щодо підтримки постійних значень періодів подачі руди. Якщо ці заходи пов'язані із додатковими витратами, їх анулювання забезпечить додатковий економічний ефект.
$T=\text{const}; R_{pa}>0,5$	Переглянути оперативні плани поставок руди і визначити випадковий порядок руди з різних бортів кар'єру або різних складів з шихтування	Підтримка існуючих параметрів організації рудопостачання	
$T=\text{var}$	Визначити випадковий порядок подачі руди з різних бортів кар'єру або різних складів з шихтування. Виявити причини існування нерівномірності внутрішньо змінної подачі руди і застосувати заходи по її стабілізації.	Визначення послідовності подачі руди з різних складів і бортів кар'єрів, котра забезпечувала б кореляцію між відповідними імпульсами. Виявити причини існування нерівномірності внутрішньо змінної подачі руди і застосувати заходи по її стабілізації.	Підтримка існуючих параметрів організації рудопостачання

Якщо оптимальним визначено процес подачі руди із детермінованим тактовим інтервалом, а в реальних виробничих умовах підприємства руда надходить у випадкові моменти часу, виникає необхідність аналізу факторів, що впливають на рівномірність подачі руди і розробки заходів, що вплинуть на причини виникнення аритмічності знижуючи їх дію. Перелік таких заходів і їх наслідків наведено в роботі [14]. Застосуванню кожного заходу повинен передувати аналіз причини нерівномірної роботи гірничо-транспортного підрозділу.

З таблиці 1 видно, що за результатами визначення оптимального режиму рудоподачі може виявитись, що з точки зору забезпечення мінімуму собівартості або максимуму прибутку, процес подачі необхідно організувати у вигляді послідовності прямокутних некорельованих імпульсів. Організувати рудоподачу таким чином можна за рахунок сепараційних методів управління якістю. До них відносять внутрішньокар'єрну передконцентрацію і рудосортування, селективне сортування різноякісних руд і т.д. Техніко-технологічні заходи на конкретних підприємствах встановлюються в залежності від виробничих умов.

Висновки. Запропонований метод визначення оптимальної організації процесу рудопостачання дозволяє оптимізувати параметри рудоподачі або за критерієм мінімуму собівартості, або за критерієм максимуму прибутку. Вибір того чи іншого критерію оптимізації залежить від визначеності ціни на залізородну сировину: в умовах невизначеності цін або реалізації руди на спотовому ринку для вибору оптимального виду

організації подачі руд рекомендується критерій мінімуму собівартості. У випадку, якщо гірничо-збагачувальне підприємство працює за довгостроковими контрактами із фіксованими цінами на продукцію критерієм оптимальності доцільно обрати максимум прибутку. Для підтримки оптимальних значень часу надходження сировини та її якості було сформовано перелік практичних рекомендацій для підтримки оптимальних параметрів надходження руди, які дозволяють підвищити прибуток підприємства і/або знизити собівартість продукції. Вказані рекомендації впорядковано в залежності від базових, прийнятих на підприємстві умов поставок сировини. Перспективою подальших досліджень є конкретизація економіко-організаційних заходів, а також розробка методу визначення оптимальної організації процесу рудо постачання для підприємств, що проектуються.

Список використаних джерел:

- 1.Рябікіна Н. І. Теоретико-методологічні засади оцінки та оптимізації використання потенціалу промислового підприємства (на прикладі гірничо-збагачувальних підприємств) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.06.01 «Економіка, організація та управління підприємствами»/ Н. І. Рябікіна. – Одеса, 2003. – 19 с.
- 2.Клименко О.О. Управління діяльністю гірничо-збагачувальних комбінатів в умовах організаційно-структурної перебудови: [Монографія] / Клименко О.О. – Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2010. – 124 с.
- 3.Курашов С. В. Удосконалення організації технологічних процесів як фактора поліпшення економічних показників гірничо-збагачувального виробництва : дис. кандидата техн. наук : 08.06.01 / Курашов Сергій Володимирович. – Д., 1999. – 19 с.
- 4.Организация и управление горным производством: Учеб. Для вузов/ В.И. Ганицкий, Д.Г. Даянц, М.А. Бурштейн и др.; под общ. ред. В.И. Ганицкого.– М.: Недра, 1991. – 368 с.
- 5.Совершенствование организации производства – ключевой фактор повышения эффективности работы карьеров / В.И. Ганицкий, А.М. Макаров, В.А. Пикалов [и др.] // Горный журнал.– 2009. – № 11.– С.34-36.
- 6.Кривошеєва А. О. Управління втратами залізорудної сировини як чинник підвищення економічної ефективності гірничо-збагачувального виробництва: дис. ... кандидата екон. наук: 08.06.01 / Кривошеєва Анастасія Олександрівна. – Дніпропетровськ, 2002. – 166 с.
- 7.Everett J. E. Iron ore handling procedures enhance export quality / J. E. Everett // Interfaces. – 1996. – vol. 26, N 6. – P. 82–94.
- 8.Everett J. Simulation to reduce variability in iron ore stockpiles / J. Everett // Mathematics and Computers in Simulation. – 1997. – N. 43. – P. 563–568.
- 9.Everett J. E. Iron ore production scheduling to improve product quality / J. E. Everett // European Journal of Operational Research. – 2001. – N 129. – P. 355–361.
10. Everett J. E. Simulation Modeling of an Iron Ore Operation to Enable Informed Planning / J. E. Everett // Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management. – 2010. – N 5. – P. 101–114.
11. Моделирование системы поставок руды от карьера до порта: комбинированный оптимизационно-моделирующий поход / П. Бодон, К. Фрике, Т. Сандеман [и др.] // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2011.– №2. – С.68–77.
12. Белкіна І.А. Економіко-математичне моделювання впливу режимів рудоподачі на ефективність використання економічного потенціалу гірничо-збагачувального підприємства: Монографія / І. А. Белкіна, Р. М. Лепа, С. В. Кочура. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 123 с.
13. Новожилов М. Г. Качество рудного сырья черной металлургии / Новожилов М. Г., Ройзен Я. Ш., Эрперт А. М. – М. : Недра, 1977. – 415 с.
14. Кочура С. В. Вплив якості залізної руди на собівартість залізорудного концентрату / С. В. Кочура, І. А. Белкіна // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2011. – № 4. – С. 120–126.