

УДК 338.94:622

**Афанасьєв І. Є.,***старший викладач Криворізького економічного інституту*

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОСНОВНИХ ФОНДІВ ГІРНИЧОРУДНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

*У статті подано теоретичне обґрунтування інструментарію моделювання відносних якісних показників запасів залізорудної сировини для підвищення ефективності використання основних фондів гірничорудного підприємства.*

**Ключові слова:** *основні фонди, використання основних фондів, відносні якісні показники залізної руди, ризик.*

*В статье дано теоретическое обоснование инструментария моделирования относительных качественных показателей запасов железорудного сырья для повышения эффективности использования основных фондов горнорудного предприятия.*

**Ключевые слова:** *основные фонды, использование основных фондов, относительные качественные показатели железной руды, риск.*

*The theoretic grounding of the relative quality indicators modeling's instruments of the iron ore reserves for the usage effectiveness rise of the mining enterprise's capital assets is presented.*

**Key words:** *capital assets, the use of fixed assets, the relative quality indicators of iron ore, risk.*

**Постановка проблеми.** Ефективність використання основних засобів підприємства характеризується показниками завантаження (екстенсивного та інтенсивного), які відображають ступінь використання виробничих потужностей за часом і обсягами продукції, що випускається. У фінансовому аналізі найчастіше використовуються показники оцінки ефективності використання машин і устаткування, як найбільш активної частини основних фондів підприємства.

Розрізняють узагальнюючі та частинні показники використання основних фондів. Узагальнюючі показники характеризують використання всієї маси основних фондів і розраховуються у вартісному вираженні. Частинні показники характеризують використання окремих видів основних фондів, насамперед найбільш активної їх частини – виробничого обладнання.

При аналізі використання основних фондів гірничорудного підприємства (ГРП) у першу чергу розглядаються показники використання виробничої потужності по підприємству в цілому і окремих його виробничих підрозділах.

Аналіз та узагальнення досвіду роботи передових промислових підприємств дозволяють визначити основні шляхи поліпшення використання основних фондів, де першочерговим для ГРП є підвищення інтенсивності роботи устаткування. Цьому повинно сприяти вдосконалення технології та забезпечення безперервно-потокowego виробництва, збільшення швидкості переробки залізорудної сировини (ЗРС) на кінцеву продукцію, забезпечення роботи без простоїв і штурмівщини.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Проведені дослідження показали [1, с. 31], що функціонування ГРП спрямовано на строге виконання заданих нормативних техніко-економічних показників (зокрема, коефіцієнтів ритмічності, пропорційності, безперервності, паралельності, прямоточності та ін.), які являють собою регламент роботи технологічних процесів. Відхилення від встановленого регламенту в першу чергу відображається на ритмічності роботи підприємства та спричиняють порушення інших основних принципів раціональної організації виробництва, що в результаті негативно позначається на ефективності використання його потужностей.

Встановлено, що основним показником ефективності управління виробництвом залізорудної продукції ГРП є стабілізація якісних показників рудопотоків у межах заданої величини коливань, які характеризуються дисперсією і середнім квадратичним відхиленням [2]. Тому однією з основних вимог збагачувального комплексу до кар'єрів є стабільність якості потоку руди [3]. Ця вимога викликана насамперед тим, що сучасні дробильно-збагачувальні фабрики є високоінерційними системами, які найбільш ефективно працюють у стабільному режимі. Постійність режиму зумовлюється певними показниками вмісту корисного компонента і величиною його коливання в часі. Певною мірою забезпечити стабілізацію якісних показників рудопотоків у межах заданої величини коливань намагаються шляхом раціоналізації процесів дорозвідки запасів ЗРС [4, с. 129-131].

**Мета і завдання дослідження.** Метою цього наукового дослідження є теоретичне обґрунтування і розробка інструментарію моделювання процесів дорозвідки запасів залізорудної сировини для підвищення ефективності використання виробничих потужностей ГРП у процесі переробки ЗРС у концентрат.

Для досягнення сформульованої мети поставлені такі завдання:

– обґрунтувати необхідність урахування невизначеності при здійсненні вибухових робіт у процесах дорозвідки запасів та структури

ЗРС на кар'єрі, що породжує ризик у процесах прийняття рішень щодо зниження собівартості виробництва концентрату на гірничозбагачувальному комбінаті;

– обґрунтувати необхідність використання методології та інструментарію імітаційного економіко-математичного моделювання в процесах дорозвідки запасів залізородної сировини з урахуванням ризику.

**Виклад основного матеріалу.** З метою як найкращого врахування відображення взаємозв'язку між гірничо-геологічними, техніко-економічними та іншими умовами розробки родовищ при оцінці найважливіших показників кондицій на ЗРС використовується гіпотеза про те, що під час вибухових робіт перемішуються обсяги руди, віднесені до найближчих свердловин. У результаті відбувається додаткове подрібнення залізної руди, що зумовлює доцільність вдосконалення процесів дорозвідки запасів ЗРС засобами імітаційного експерименту, як моделі здійснення вибухових робіт у кар'єрі.

Важливість раціонального використання виробничих потужностей ГРП зумовила необхідність уведення до імітаційного моделювання процесів дорозвідки запасів ЗРС ключових відносних якісних показників залізної руди (бортового вмісту  $F_{\text{заг.}}\%$  і  $F_{\text{магн.}}\%$  в руді), сформованих на підґрунті коефіцієнтів використання потужностей процесів подрібнення залізної руди.

Імовірнісна природа геологічних показників щодо кількості, якості та просторового стану покладів залізної руди в надрах породжує додаткову невизначеність у прогнозі економічних показників освоєння родовищ і ускладнює задачу оцінки запасів ЗРС щодо її видобутку та переробки на кінцеву продукцію.

Застосування нерівності Чебишева при фіксованій імовірності не перевищення заданого допуску відхиленням значення ключового відносного показника  $\alpha/r$  (у нашому випадку якісного показника залізної руди щодо коефіцієнта використання потужностей), прийнятій за імовірність прогнозу  $p$  за модулем від свого середньозваженого значення (або математичного сподівання), дає можливість встановити взаємозв'язок відносного якісного показника залізної руди з його основними числовими характеристиками (математичним сподіванням, середнім квадратичним відхиленням):

$$(\alpha/r) = M(\alpha/r) \mp \frac{\sigma(\alpha/r)}{\sqrt{1-p}}, \quad (1)$$

де  $M(\alpha/r)$ ,  $\sigma(\alpha/r)$  – математичне сподівання та середнє квадратичне відхилення відносного якісного показника залізної руди;  $p$  – імовірність прогнозу відносного якісного показника залізної руди.

Наведемо процедуру алгоритму імітаційного моделювання якісних показників залізної руди, скоригованих щодо коефіцієнта використання потужностей [5].

1. Уведення: Інформація про вміст заліза ( $\alpha$ ) у вихідній руді частини покладу корисної копалини, що залишається недоторканою при розробці родовища до проведення вибухових робіт (по цілику), систематизована по блокам (ділянкам) кар'єру.

2. Формування ключових відносних якісних показників залізної руди з урахуванням порушення основних принципів раціональної організації виробництва (ритмічності, пропорційності, безперервності, паралельності, прямоточності), що зумовлює певну стабілізацію якісних характеристик рудопотоку.

3. На основі отриманих емпіричних статистичних даних, будується інтервальний варіаційний ряд. При побудові інтервального варіаційного ряду визначається величина інтервалу, встановлюється повна шкала інтервалів, відповідно до якої групуються результати спостережень.

Для визначення оптимального інтервалу  $h$ , тобто такого, при якому побудований інтервальний ряд не був би занадто громіздкий і в той же час дозволив би виявити характерні риси досліджуваного процесу, доцільно використати формулу Стерджеса:

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{1 + 3,322 \lg n} = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{1 + 3,322 \frac{\ln n}{2,30259}} \quad (2)$$

де  $x_{\max}$  і  $x_{\min}$  – відповідно максимальна і мінімальна варіанти;  $n$  – загальна кількість спостережень.

Якщо  $h$  – дробове число, то за величину інтервалу слід брати або найближче ціле, або найближчий нескладний дріб.

За початок першого інтервалу рекомендується брати величину:

$$a_1 = x_{\min} - \frac{h}{2} \quad (3)$$

початок другого інтервалу збігається з кінцем першого і дорівнює:

$$a_2 = a_1 + h \quad (4)$$

і т. д.

Побудова інтервалів продовжується до тих пір, поки початок наступного по порядку інтервалу не буде більше  $x_{\max}$ .

4. Перевірка гіпотези про узгодженість з отриманими емпіричними статистичними даними теоретичного нормального закону з параметрами  $N(\bar{x}; \sigma^2; \sigma)$ , де  $\bar{x}$  – середнє значення випадкової величини;  $\sigma^2$  – дисперсія випадкової величини;  $\sigma$  – середнє квадратичне значення випадкової величини.

Як міра розбіжності береться значення критерія Пірсона  $\chi^2$ . Схема використання критерію  $\chi^2$  зводиться до такого:

4. 1. Визначається міра розбіжності емпіричних і теоретичних частот  $\chi^2$ .

4. 2. Для обраного рівня значущості  $\alpha_z$  за таблицею  $\chi^2$ -розподілу знаходять критичне значення  $\chi_{\alpha_z; k}^2$  при числі ступенів свободи  $k = m - r - 1$ , де  $m$  – число інтервалів;  $r = 2$ .

4. 3. Якщо фактичне значення  $\chi^2$  більше критичного, тобто  $\chi^2 > \chi_{\alpha_z; k}^2$ , то нульова гіпотеза ( $H_0$ ) відхиляється, якщо

$\chi^2 \leq \chi_{\alpha_z; k}^2$ , гіпотеза  $H_0$  не суперечить емпіричним статистичним даним.

Зауваження. Як уже відмічено, статистика  $\chi^2 = \sum_{i=1}^m (n_i - p_i)^2 / p_i$  має  $\chi^2$  розподілення лише при  $n \rightarrow \infty$ , тому необхідно, щоб у кожному інтервалі була достатня кількість спостережень ( $n \geq 5$ ). Якщо в якому-небудь інтервалі кількість спостережень  $n_i < 5$ , має сенс поєднати сусідні інтервали, щоб в об'єднаних інтервалах  $n_i$  було не менше 5.

Якщо гіпотеза про вибраний теоретичний нормальний закон з параметрами  $N(\bar{x}; \sigma^2; \sigma)$  узгоджується з емпіричними даними, моделювання випадкової величини здійснюється за алгоритмом п. 5.

Якщо гіпотеза про вибраний теоретичний нормальний закон з параметрами  $N(\bar{x}; \sigma^2; \sigma)$  не узгоджується з емпіричними даними, моделювання випадкової величини здійснюється за алгоритмом п. 6.

5. Розігравши значення нормованої випадкової величини  $Z$ , переходять від неї до величини  $X$ :

$$X = \sigma_x Z + m_x \quad (5)$$

Звідси виникає такий спосіб розіграшу нормального розподілу випадкової величини  $X$ : додається шість випадкових чисел від 0 до 1; отримана сума нормується, тобто одержується нормована величина  $Z$ .

Для цього виконуються відповідні перетворення. Позначивши

$$V = \xi_1 + \xi_2 + \dots + \xi_6 \quad (6)$$

де  $\xi_1, \dots, \xi_6$  – шість незалежних випадкових чисел від 0 до 1 обчислюється математичне сподівання випадкової величини  $V$  за теоремою додавання математичних сподівань

$$m_V = m_{\xi_1} + m_{\xi_2} + \dots + m_{\xi_6} \quad (7)$$

де  $m_{\xi_1}, \dots, m_{\xi_6}$  – математичні сподівання величин  $\xi_1, \dots, \xi_6$ . Очевидно, вони всі однакові і рівні 0,5, тоді

$$m_V = 6 \cdot 0,5 = 3. \quad (8)$$

Дисперсія випадкової величини  $V$  знаходиться за теоремою додавання дисперсій

$$D_V = D_{\xi_1} + D_{\xi_2} + \dots + D_{\xi_6} \quad (9)$$

де  $D_{\xi_1}, \dots, D_{\xi_6}$  – дисперсії величин  $\xi_1, \dots, \xi_6$ . Відомо, що дисперсія випадкової величини  $\xi$ , розподіленої з постійною щільністю на інтервалі  $(a, b)$ , дорівнює

$$D_{\xi} = \frac{(b-a)^2}{12} \quad (10)$$

У нашому випадку  $D_{\xi} = 1/12$ , звідки  $D_V = 6 \cdot 1/12$ , а середнє квадратичне відхилення

$$\sigma_V = \sqrt{D_V} = 1/\sqrt{2} \quad (11)$$

Далі знаходиться нормована величина  $V$ , тобто здійснюється перехід від неї до величини

$$Z = \frac{V - m_V}{\sigma_V} = (V - 3)\sqrt{2}, \quad (12)$$

і далі від величини  $Z$  до потрібної нам величини  $X$  за формулою (5).

Випадкові числа, що відповідають рівномірному розподілу в інтервалі  $(0, 1)$ , можна отримати використавши метод Дж. фон Неймана. Цей метод є простим і легко реалізується програмними засобами, а випадкові числа можна отримати, використавши, зокрема, наявні до цього підходи. Наприклад:

$$\xi'_i = \lambda \xi_{i-1}, \quad i = 1, 2, \dots, \quad (13)$$

де  $\lambda = 8 \cdot t \pm 3$ ;  $t$  – ціле число;  $\xi_0$  – випадкове непарне число. Як  $\xi_i$  вибирається значуща частина числа  $\xi'_i$ , яка знаходиться після коми.

Підставивши у формулу (5) замість  $Z$  вираз (12), а в (12), своєю чергою, замість  $V$  вираз  $\sum_{i=1}^6 \xi_i$ , отримаємо

$$X = \sigma_x \sqrt{2} \left( \sum_{i=1}^6 \xi_i - 3 \right) + m_x \quad (14)$$

6. Подамо (наближено) функцію розподілу випадкової величини  $x$ , яка задана на відрізку  $[q_0, q_n]$ , інтервально-постійною функцією щільності розподілу  $f(x)$ . Це означає, що відрізок розподіляється на  $n$  часткових відрізків так, щоб імовірність розподілу на кожному з них була (наближено) однаковою.

Доцільно обрати величини  $q_k$ ,  $k = 0, 1, \dots, K$  так, щоб імовірності  $(p_k)$  потрапляння випадкової величини в будь-який частковий відрізок були однаковими, тобто:

$$\int_{q_{k-1}}^{q_k} f(x) dx = \frac{1}{K}, \quad k = 1, \dots, K. \quad (15)$$

З умови, що  $f(x) = \text{const} = c_k$  на кожному частковому відрізку, випливає, що випадкова величина  $X$  може бути визначена за формулою:

$$x_k = q_{k-1} + \zeta(q_k - q_{k-1}), \quad (16)$$

де  $\zeta$  – реалізація випадкової величини, рівномірно розподіленої на відрізку  $(0; 1)$ ;  $q_{k-1}$  – ліва межа часткового відрізка;  $q_k$  – права межа часткового відрізка.

Потрапляючи у будь-який частковий інтервал можна розглядати подію, що входить до складу повної групи несумісних подій. Тому процедура моделювання у загальному випадку полягає у такому:

а) за допомогою генератора випадкових чисел, що виробляє величину  $\zeta$ , моделюється дискретна випадкова величина – номер інтервалу  $k$ ;

б) повторно розігрується випадкова величина  $\zeta$  і визначається значення випадкової величини  $X$  за формулою (16).

7. Здійснюється імітаційне моделювання числових характеристик (математичне сподівання, середнє квадратичне відхилення) відносних якісних показників залізної руди, скоригованих щодо коефіцієнта використання потужностей. На підґрунті отриманих числових характеристик визначаються можливі сценарії стабілізації якісних показників рудопотоків у межах заданої величини коливань, що сприяє забезпеченню ефективного управління виробничими потужностями ГРП.

**Висновки.** Вихідна інформація про об'ємно-якісні техніко-економічні показники екскаваторних блоків, отримана по цілику, після проведення вибухових робіт зазнає значних змін. Тому дорозвідку зазначених показників доцільно проводити за допомогою імітаційного експерименту як моделі, що враховує вплив на подрібнення ЗРС здійснення вибухових робіт у кар'єрі. В результаті надається можливість визначити зменшення витрат процесу подрібнення руди та забезпечити підвищення ефективності управління виробничими потужностями ГРП в цілому.

Розроблені методологія та інструментарій імітаційного моделювання відносних якісних показників залізної руди в процесах дорозвідки запасів ЗРС дають змогу систематично прогнозувати можливі зменшення витрат процесу подрібнення руди та раціонально управляти процесом використання виробничих потужностей ГРП з урахуванням ризику, що, відповідно, забезпечує підвищення рентабельності виробництва залізорудної продукції.

### Література.

1. Ситуационное регламентирование геотехнологий с разделенными рудопотоками: [монография] / [С. Жуков, Н. Горлов, Ш. Фарси, Н. Буауджа]. – Кривой Рог: Минерал, 2004. – 210 с.

2. Азарян В. А. Разработка функциональной схемы управления качеством в рудопотоках карьеров с целью повышения эффективности работы // Качество минерального сырья: Сб. научн. трудов. – Кривой Рог: Октан-принт, 2011. – С. 60-63.

3. Азарян А. А. Качество минерального сырья / Азарян А. А., Колосов В. А., Ломовцев Л. А., Учитель А. Д. – Кривой Рог. Минерал, 2001. – 203 с.

4. Сазонова Ю. В. Забезпечення вірогідності і точності визначення показників якості залізистих кварцитів за даними експлуатаційної розвідки // Науковий збірник Криворізького економічного інституту КНЕУ. – Кривий Ріг – 2006. – № 3 (11). – С. 129-131.

5. Вітлінський В. В. Моделювання економіки : [навч. посібник] / В. В. Вітлінський. – К. : КНЕУ, 2003. – 408 с.