

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

УДК 65.018:658.5

Є.В. Кочура, д-р техн. наук, проф.,
І.А. Белкіна

Державний вищий навчальний заклад „Національний
гірничий університет“, м. Дніпропетровськ, Україна,
e-mail: irinabelkina88@gmail.com

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ЗАЛІЗОРУДНОЇ СИРОВИНИ

Ye.V. Kochura, Dr. Sci. (Tech.), Professor,
I.A. Bielkina

State Higher Educational Institution “National Mining
University”, Dnipropetrovsk, Ukraine,
e-mail: irinabelkina88@gmail.com

ANALYSIS OF CURRENT STATE OF IRON ORE QUALITY MANAGEMENT

Розглянуто фактори формування якості залізної руди і продуктів її збагачення. Надано короткий огляд сучасних методів управління якістю залізорудної сировини. Запропоновано ентропійний критерій управління якістю залізорудної сировини. Виявлено подальший напрямок удосконалення управління якістю.

Ключові слова: залізорудна сировина, управління якістю, ентропія, процесний підхід

Забезпечення металургійної галузі високоякісною сировиною, котра повністю задовольняла би вимоги доменного виробництва, в умовах відкритості ринку, і відповідно, посилення конкуренції є вже не тільки запорукою успіху, але умовою виживання гірничо-збагачувального підприємства.

Основними державами-експортерами залізорудної сировини є Австралія, Бразилія, Канада, Індія, Росія і Україна. І хоча українські виробники руди і концентрату встановлюють ціни на свою продукцію на рівні світових, якість продукції вітчизняного виробника поступається якості аналогічної продукції, запропонованої провідними експортерами галузі. В останні роки, у зв'язку зі світовою фінансовою кризою, попит і, відповідно, ціни на сировинні продукти впали, унаслідок цього конкуренція на світових ринках загострилась. У таких умовах єдиним можливим шляхом для українських гірничо-збагачувальних комбінатів залишитись на світовому ринку є підвищення рівня якості власної продукції.

Якість залізорудної сировини формується під впливом багатьох факторів у процесі багатостадійного гірничо-збагачувального виробництва. Саме те, що гірничо-збагачувальне виробництво являє собою систему взаємопов'язаних процесів перетворення залізної руди на продукти її переробки, зумовлює необхідність застосування процесного підходу при управлінні її якістю. Цей підхід покладено в основу міжнародного

стандарту ISO 9001:2008, котрий регламентує вимоги до системи управління якістю продукції підприємств, незалежно від їх типу, розміру та сфери діяльності.

Унаслідок багатофакторності впливу на систему процесів формування якості, постає необхідність впровадження такого критерію управління якістю, котрий враховував би одночасно всі фактори впливу на якість продукції і процеси, що її формують. Саме таким критерієм стає комплексний ентропійний критерій управління якістю продукції, котрий характеризує ступінь невизначеності системи.

Таким чином, проблема вдосконалення методів управління якістю є актуальною науковою задачею.

Питанню формування якості рудних корисних копалин присвячені роботи багатьох учених: П.П. Бастана, В.Ф. Бизова, Є.І. Азбеля, Ф.Г. Грачова, Г.Г. Ломоносова, В.Н. Зарайського, К.В. Казанського, К.П. Николаєва, М.Г. Новожилова, Я.Ш. Ройзена, А.М. Ерперта, С.Я. Арсен'єва, А.Д. Прудовського, М.В. Васильєва, В.В. Ржевського та інших. Якість корисної копалини вони розглядали як сукупність експлуатаційних та технологічних властивостей, що визначали економічну доцільність використання даної сировини. Залізорудна сировина характеризується великою кількістю одиничних показників якості: крупністю шматків, вкрапленістю мінеральних зерен, вмістом заліза, сірки, миш'яку, фосфору, цинку, міді, марганцю, нікелю, ванадію і т. д. Проте, у наукових роботах, присвячених формуванню якості залізорудної сировини, найчастіше використовується однозначний показник якості: вміст загального заліза. При

управлінні якістю рудної корисної копалини здебільшого використовуються технологічні методи та заходи, а критерієм оптимального управління якістю приймаються різні технологічні параметри. Так, у результаті аналізу існуючих методів управління якістю руди, професором Ломоносовим була запропонована класифікація гірничо-технологічних методів та відповідних їм способів управління якістю руди [1]. Для відкритого способу видобутку ця класифікація може бути представлена наступним чином:

1. Методи розділення:
 - Зміна систем розробки та їх параметрів;
 - Селективні відбій і виймання, у тому числі зі складуванням руд різних сортів;
 - Внутрішньокар’єрна передконцентрація і рудосортування.
2. Методи усереднення:
 - Зміна послідовності розробки різноякісних запасів родовища;
 - Перемішування різноякісних рудопотоків;
 - Регулювання режиму виймання і завантаження руди в забоях;
 - Усереднення руди на прикар’єрних складах, у транспортних ємностях та в бункерах.

Економічні методи управління якістю реалізуються шляхом створення економічних умов, що спонукають робітників і колективи підрозділів та організацій систематично підвищувати і забезпечувати необхідний рівень якості.

Обґрунтування використання економічних критеріїв при управлінні якістю в наукових роботах не зустрічається. Проте, економічні важелі широко використовуються при управлінні якістю продукції. Наприклад, стимулювання покращення показників якості руди, що відвантажується на збагачувальну фабрику, за рахунок удосконалення системи оплати праці було запропоноване Курашовим [2]. У роботі [3] запропоновано нормування витрат рудної сировини й управління її втратами на основі цілеспрямованого матеріального стимулювання зниження втрат кількості і якості сировини.

Процесний підхід до управління якістю, а також вимоги щодо системи управління якістю стандарту ISO 9001:2008 стали результатом теоретичних досліджень і аналізу практичних аспектів управління якістю таких видатних західних вчених, як Дж. Ван Етінгер, Дж. Ситтіг, Ф.У. Тейлор, У. Шухард, Е. Демінг, Джозеф Дж., Ф. Кросбі, А. Фейгенгаум, К. Ісікава, Г. Тагучі та інші. Ними були сформовані загальні, універсальні принципи управління, адаптація котрих до виробничих умов конкретних підприємств, у даному випадку гірничо-збагачувальних, представляє складну науково-практичну задачу. Наукових основ комплексного процесного підходу до управління якістю залізорудної сировини в умовах ГЗК, навіть у рамках комплексних систем управління якістю, вироблено не було. Відповідно, не розроблено єдиного комплексного критерію управління якістю, котрий враховував би не лише технічні і технологічні, але й економічні показники управління.

У роботах останніх років якість продукції розглядається вже як фактор впливу на собівартість концентрату та переділу збагачення. У роботі [4] представлено статистичну залежність собівартості концентрату від вмісту загального та магнетитового заліза в руді

$$C_k = 223,23 - 1,248 Fe_3 - 5,944 Fe_M, \quad (1)$$

де C_k – собівартість концентрату, грн/т.; Fe_3 – вміст загального заліза в перероблюваній руді, %; Fe_M – вміст магнетитового заліза в перероблюваній руді, %. Коефіцієнт детермінації залежності (1) дорівнює 0,7, рівняння значиме.

У роботі [3] запропонована наступна формула для розрахунку собівартості концентрату

$$C_k = \beta(Fe_3)(C_o + \frac{C_e K_e}{(1 - \delta_e)} + C_{o,ф} + C_m + C_{з,ф} a_{IT}(1 - \delta_e)), \quad (2)$$

де $\beta(Fe_3)$ – витрати сирової руди на виробництво концентрату, як функція вмісту загального заліза Fe_3 в руді, т/т; a_{IT} – потонна ставка (амортизаційні відрахування на витрати, пов’язані з видобутком корисної копалини); C_o – вартість безпосередньо видобутку 1 т руди, грн; $C_{o,ф}$ – собівартість дроблення руди на фабриці, грн/т; C_m – собівартість транспортування дробленої руди на збагачувальну фабрику, грн/т; $C_{з,ф}$ – вартість переробки 1 т руди на концентрат, грн/т; δ_e – втрати експлуатаційних запасів руди; C_e – собівартість розробки розкриву, грн/м³; K_e – поточний коефіцієнт розкриву, м³/т.

З формул (1) і (2) видно, що собівартість концентрату в значній мірі залежить від вмісту заліза в перероблюваній руді. Якість залізорудної сировини, по хімічному складу, визначається не лише вмістом заліза, корисних і шкідливих домішок, але і стабільністю вмісту основного компоненту, як у кожній окремій партії, так і між ними. Коливання вмісту заліза в руді призводить до зниження витягнення концентрату, втрат його якості і падіння продуктивності виробництва. Ці фактори, у свою чергу, призводять до збільшення витрат сировини і зростання собівартості продукції. Таким чином, економічні показники діяльності збагачувального підприємства багато в чому залежать від якості залізорудної сировини і коливань показників якості.

Метою даної статті є аналіз сучасного стану управління якістю залізорудної сировини та формування задач удосконалення управління якістю на основі комплексного урахування впливу економічних, виробничих та технічних факторів.

В умовах, коли якість видобутої сировини розглядається з позицій задоволення вимог споживачів (збагачувальних фабрик або металургійних заводів), показники якості формуються вже на тих етапах, де враховуються потреби цих споживачів [5]. Збагачувальна фабрика являє собою високоенергійне виробництво, чий параметри налаштовані під збагачення руди з визначеними показниками якості і з коливаннями цих показників у встановлених межах. Такі якісні показники руди, а також їх відхилення, що відповідають технічним вимогам збагачувальної фабрики є оптимальними з позицій збагачувального виробництва.

ва. Технічні вимоги збагачувальної фабрики, стосовно показників якості та обсягів руди, що постачається, повинні бути враховані при календарному і просторовому плануванні гірничих робіт. Таке планування охоплює стадії розробки та впровадження перспективного, поточного і оперативного планів гірничих робіт, а також є організаційною основою управління і контролю якості залізорудної сировини.

Управління якістю являє собою комплекс організаційних, технічних та економічних заходів, котрі впливають на умови та фактори, що формують якість продукції в процесі виробництва і споживання з метою забезпечення необхідного рівня якості продукції.

Основними завданнями управління якістю рудопотоку є формування руди оптимальної якості, як за середнім вмістом корисного компоненту, так і за ко-

ливанням показника якості. Зменшення внутрішньо змінних коливань вмісту заліза в руді на 0,2% і міжзмінних на 1–2% дозволяє збільшити вихід концентрату на 0,5–2% [6]. В умовах зміни вмісту корисного компоненту в партіях руди з різних забоїв кар'єру, формула середньозваженого вмісту заліза має вигляд

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^m q_i \alpha_i}{\sum_{i=1}^m q_i}$$

де $\bar{\alpha}$ – середній вміст заліза в сумарному рудопотоці, %; α_i – вміст заліза в руді i -го забою, %; q_i – обсяг руди, що видобувається в i -му забої, т.; m – кількість забоїв.

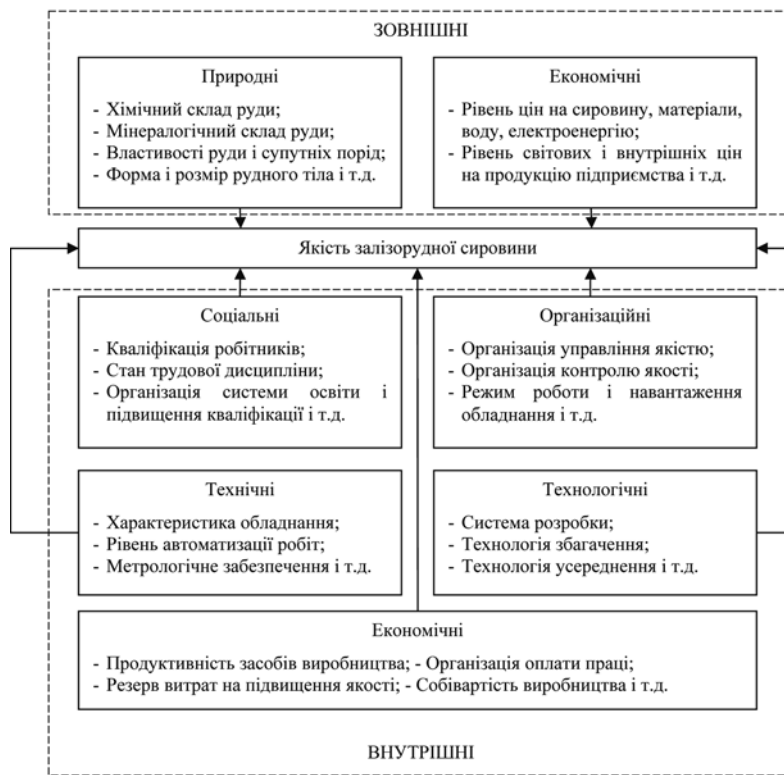


Рис. 1. Фактори, що формують якість залізорудної сировини

На практиці середній вміст заліза в рудопотоці $\bar{\alpha}$ не співпадає з технологічно-оптимальним рівнем вмісту заліза, заявленим збагачувальною фабрикою α_{ϕ} , що значно ускладнює випуск концентрату необхідної якості, а також призводить до перевитрат сировини, води, електроенергії та інших економічних ресурсів. Оскільки фактична якість руди $\bar{\alpha}$ відхиляється від оптимальної, для виготовлення того ж обсягу концентрату, що й при α_{ϕ} , необхідний інший (більший або менший) обсяг руди. Таким чином, постачання руди кар'єром на збагачувальну фабрику неритмічне не лише за якістю, але й за обсягами.

Оперативне управління та контроль якості залізної руди здійснюється на основі оперативних планів виробництва. Оперативним управлінням якістю займається диспетчерська служба. Вона здійснює контроль за виробничими процесами впродовж зміни, аналізує роботу гірничих та транспортних відділів, ліквідує відхилення у виробничому процесі, забезпечує взаємодію всіх гірничих та допоміжних відділів. Розробка ефективних управлінських рішень може здійснюватись лише за умов своєчасного та повного інформування керуючих органів про якісні характеристики руди по блокам та забоям, зміну якості рудопотоку в будь-якій ланці технологічного ланцюга. Контроль

якості рудопотоку в умовах кар'єру здійснюють відділ технічного контролю і геолого-маркшейдерська служба шляхом хімічного та мінералогічного аналізу проб руди з вагонів та автосамоскидів. Інформацію про відхилення якісних показників від запланованих відділ технічного контролю комбінату направляє диспетчеру кар'єру. Проведення хімічного аналізу породи займає від декількох годин до доби, тож данні, у момент їх отримання диспетчером, характеризують уже попередній стан якості рудопотоку. Отже, існує невідповідність між частотою подачі інформації до керуючої ланки та частотою необхідних керуючих впливів [7]. На сучасному етапі розвитку технологій розроблено багато технічних засобів, що дозволяють проводити експрес-аналізи вмісту заліза в гірничій масі. Окрім того, існують системи диспетчеризації та узгодження дій обладнання гірничотранспортного комплексу, що використовують технологію GPS [8].

Якість руди і продуктів її збагачення формується під впливом багатьох факторів. Виявлення впливу кожного окремого фактору на якість залізорудної сировини не завжди можливе, тому на практиці визначають вплив груп факторів. У роботі [9] представлено детальний перелік факторів формування якості залізорудної сировини та їх груп. Проте класифікація факторів лише за їх природою не враховує можливості управлінського впливу на них. На рис. 1 представлено зовнішні – такі, що не залежать від підприємства, та внутрішні, залежні від підприємства, групи факторів формування якості залізорудної сировини. З великої кількості та багатогранності факторів впливу виявляється визначена складність зведення їх до єдиного комплексного критерію управління.

Загальна схема трансформації якості рудної сировини на ГЗКті представлена на рис.2. Схема трансформації рудної сировини для кожного підприємства відрізняється, наприклад, використовуваною системою усереднення або відсутністю деяких ланок виробництва.

На рис. 2. представлена схема трансформації якості рудопотоку в найбільш загальному вигляді. Проте, кожний технологічний підрозділ, що формує якість руди, вносить свій діапазон характерних частот ω коливання вмісту заліза в руді, що надходить на збагачення [10]. Основною математичною характеристикою коливання вмісту заліза в концентраті є дисперсія D , проте цей показник, хоча і демонструє амплітуду коливань якості, не дає розуміння внутрішньої структури цих коливань. Уявлення про амплітуду коливань відповідних частот дає спектральна щільність $S(\omega)$ розподілу вмісту заліза в сировині, графічно вона представлена на рис. 3.

У часі процес коливань якості середнього вмісту заліза в руді, що відвантажується на збагачувальну фабрику, може бути представлений імпульсною функцією $Z(t)$ (рис.4). Амплітуда функції $Z(t)$ відповідає середньому вмісту заліза в руді. Періодичність та обсяги поставок руди визначаються заздалегідь при перспективному, а також оперативному плануванні. Проте, на практиці середній вміст заліза в руді $Z(t)$, періодичність поставок руди T , період технологічно-

го циклу збагачення t_m , а також період простою виробництва t_n відхиляються від плану, тому вищезазначені показники є випадковими величинами.

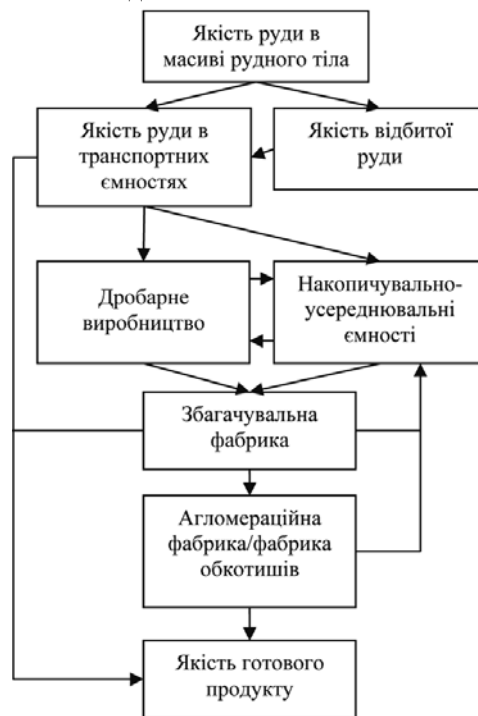


Рис. 2. Схема трансформації якості рудної сировини

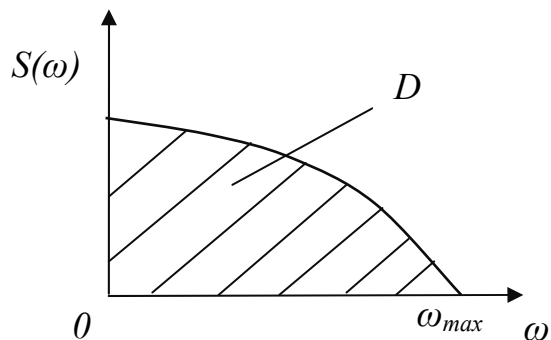


Рис. 3. Спектральна щільність коливань вмісту заліза в руді

На основі спектральної щільності розраховується дисперсія вмісту заліза в руді [10]

$$D = \int_0^{\omega_{max}} S(\omega) d\omega;$$

$$S(\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} k(\tau) \cos \omega \tau dt ,$$

де $k(\tau)$ – кореляційна функція; τ – інтервал часу.

У відповідності до технічних вимог збагачувально-го виробництв, середній вміст заліза в руді, що постачається на збагачення, повинен знаходитись на рівні $\bar{\alpha}$ з можливими відхиленнями $\pm l$. Якщо вміст заліза в руді підпорядковується закону розподілу, із щільністю

розподілу $f_1(\alpha)$ (рис.5), то імовірність відповідності поставленої руди технічним вимогам розраховується

$$P_1(\alpha) = \int_{\bar{\alpha}-l}^{\bar{\alpha}+l} f_1(\alpha) d\alpha \cdot$$

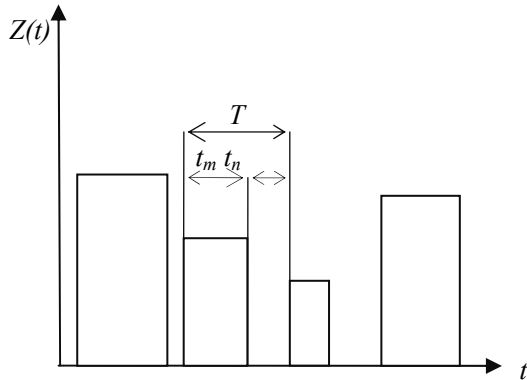


Рис.4. Діаграма поставок руди на збагачувальну фабрику

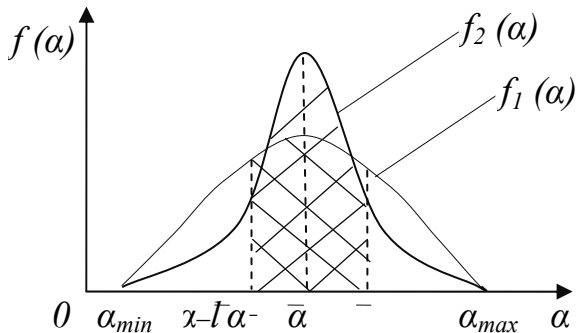


Рис. 5. Функції щільності законів розподілу вмісту заліза в руді

На рис. 5 площа заштрихованої фігури представляє собою графічно відображену імовірність відповідності руди вимогам збагачувального виробництва за вмістом заліза при заданому законі розподілу. Ця ймовірність відповідає питомій вазі придатної за технічними вимогами руди в загальному обсязі її поставки.

Закон розподілу вмісту заліза в руді із щільністю імовірності $f_1(\alpha)$, а також параметри цього закону визначають дисперсію коливань вмісту заліза в руді D_1 . Проте, за допомогою організаційних та економічних заходів впливу на режим роботи технологічних підрозділів (рис. 2), можна змінити закон розподілу вмісту заліза в руді. Перетвореному закону розподілу зі щільністю імовірності $f_2(\alpha)$, відповідає менший рівень дисперсії D_2 . Тобто, унаслідок керуючого впливу на фактори формування якості, зменшується дисперсія коливань вмісту заліза в руді

$$D_2 < D_1.$$

Аналіз дисперсії і спектральної щільності властивостей сировини може бути основою для визначення ефективності та управління технічними, технологічними та організаційними заходами.

Цілеспрямована й узгоджена дія організаційно-технологічних та економічних заходів дозволила би збільшити питому вагу придатної за технічними вимогами руди. Відповідно, збільшилась би імовірність відповідності руди вимогам збагачувального виробництва. Такі заходи з управління якістю продукції підприємства мали б бути зафіксовані у відповідних стандартах підприємства. Проте, складність полягає в тому, що оскільки фактори впливу на якість мають різну природу, досить складно об'єднати їх в один, комплексний критерій управління. Управління якістю залізорудної сировини полягає в цілеспрямованому впливі на фактори, що формують якість, наприклад на ритмічність роботи гірничотранспортного комплексу. Серед керуючих впливів на фактори формування якості можна виділити наступні економічні заходи:

1. Фінансування діяльності з управління якістю – фінансування технічних, технологічних, організаційних та інших заходів з управління якістю.

2. Інвестування розробок інноваційних проєктів, що забезпечують виробництво високоякісного концентрату.

3. Використання економічних заходів впливу на постачальників у залежності від якості отримуваної продукції. Умови стимулювання за якість можуть бути обговорені в контракті на поставку сировини (шарів, стрижнів, футерівки, фільтротканини та ін.). У разі, якщо збагачувальна фабрика та інші підприємства комплексу діють на основі господарського розрахунку, до постачальників руди також може бути застосоване стимулювання за якість, стабільність якісних показників і ритмічність поставок руди.

4. Застосування системи оплати праці, що передбачає матеріальне стимулювання робітників за досягнення запланованих техніко-економічних показників.

5. Формування фондів економічного стимулювання якості та його стабільності.

Економічні заходи управління гірничозбагачувальним виробництвом засновані на виявленні впливу окремих показників факторів виробництва на кінцеві економічні показники діяльності гірничозбагачувального комплексу та передбачають економічну оцінку варіантів управлінських рішень у відповідності до вимог ринку.

Управління якістю рудопотоку завершується на стадії перетворення його на залізорудний концентрат на рудозбагачувальних фабриках. На цьому етапі гірничого виробництва управління якістю руди здійснюється шляхом регулювання її розвантаження на приймальних пристроях фабрики, а також усередненням дробленої руди в багаторівневих складах-змішувачах. Управління якістю концентрату на етапі збагачувального виробництва здійснюється, в основному, за рахунок технічних та технологічних заходів. Основним інструментом управління якістю концентрату і процесів збагачувального виробництва на сьогоднішній день є автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУ ТП) збагачувальної фабрики, котрі здійснюють контроль та управління технологічними процесами [11].

Як вже зазначалось раніше, в якості критерію оптимальності управління якістю на різних етапах гірничо-збагачувальних робіт найчастіше приймаються різноманітні технологічні параметри. Ще не розроблено універсального, комплексного критерію управління якістю. Таким універсальним критерієм управління може бути ентропія – ступінь невизначеності системи. Оскільки, як було показано раніше, якість залізорудної сировини залежить від багатьох факторів різної природи, розглядати виробничо-економічну систему гірничо-збагачувального виробництва слід як складну систему, котра складається з окремих систем факторів впливу. У такому разі, ентропія виробничо-економічної системи має вигляд

$$H(X_1, X_2, \dots, X_n) = \sum_{i=1}^n H(X_i) \rightarrow \min; \quad (3)$$

$$H(X_i) = -\sum_{j=1}^m p_j \log_2 p_j \rightarrow \min, \quad (4)$$

де $H(X_1, X_2, \dots, X_n)$ – ентропія виробничо-економічної системи; $H(X_i)$ – ентропія i -го фактору впливу; n – кількість факторів впливу; p_j – імовірність прийняття фактором X_i значень x_j ; m – кількість можливих значень i -го фактору впливу.

Факторами впливу можуть бути, наприклад, режим роботи гірничотранспортного комплексу та ритмічність поставок руди на збагачувальну фабрику (рис. 2). Чим стабільніший вплив факторів формування якості (4), тим менше значення ентропії виробничо-економічної системи (3), тим стабільніша сама система й ефективніше її управління. Зі зниженням рівня ентропії та стабілізацією системи стабілізуються дисперсія та питома вага придатної за технічними вимогами залізорудної сировини.

Кожен фактор впливу на якість концентрату є випадковою величиною. Розглянемо, для прикладу, такий фактор впливу на якість концентрату, як імовірність безвідмовної роботи обладнання.

У теорії надійності для вивчення раптових відмов обладнання найчастіше використовується експоненційний закон розподілу, щільність імовірності якого

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t},$$

де λ – постійна інтенсивність відмов обладнання.

Імовірність безвідмовної роботи обладнання від моменту ввімкнення до заданого моменту t

$$P(t) = e^{-\lambda t}. \quad (5)$$

Середній час безвідмовної роботи обладнання

$$T_n = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda}.$$

Замінивши λ на $1/T_n$ у виразі (5), отримаємо

$$P(t) = e^{-\frac{t}{T_n}}.$$

Графічно імовірність безвідмовної роботи обладнання представлена на рис. 6. Управління в даному прикладі полягає в тому, щоб обрати і закупити обладнання, чия імовірність безвідмовної роботи до за-

даного моменту t_l буде найвища. Така імовірність $P(t_l)$ підставляється в формулу ентропії (4).

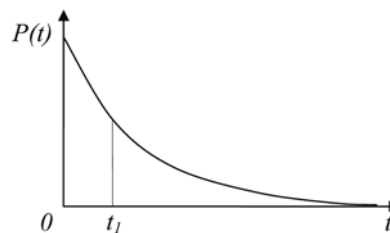


Рис. 6. Імовірність безвідмовної роботи обладнання

Аналогічним чином розраховується ймовірність відповідності техніко-економічним вимогам інших факторів формування якості, таких, як:

- продуктивність обладнання і праці;
- обсяги і ритмічність поставок руди;
- час простою обладнання;
- якість сировини і т.д.

Розраховані таким чином ентропії інших факторів впливу підставляються у формулу загальної ентропії системи (3).

Хоча всі фактори впливу на якість залізорудної сировини мають різну природу, їх взаємодія являє собою складну систему. Тому, саме ентропійний підхід дозволяє об'єднати фактори в єдиний критерій управління якістю.

У перспективі необхідно розробити економічні важелі та механізми управління якістю залізорудного концентрату на основі комплексного підходу. Необхідно встановити вплив економічних і організаційних чинників на формування якості залізорудного концентрату, а також розробити наукові основи управління якістю на базі процесного підходу, згідно із стандартом ISO 9001:2008. Для цього треба:

- розробити економіко-математичну модель формування якості;
- обґрунтувати комплексний критерій управління якістю;
- розробити економічний механізм управління і стимулювання якості;
- розробити інвестиційний проект впровадження програми управління якістю.

Висновки.

1. Показники якості залізорудної сировини формуються за допомогою технічних, організаційних та економічних заходів управління рудопотоком.

2. Наукових основ управління якістю залізорудної сировини на базі процесного або системного комплексного підходу розроблено не було.

3. На сучасному етапі розвитку організації виробництва гірничо-збагачувального підприємства, гірничо-транспортний комплекс не в змозі забезпечити збагачувальне виробництво сировиною стабільної якості.

4. Оптимізація управління якістю залізорудної сировини на різних технологічних етапах відбувається здебільшого на основі технологічних критеріїв. Для підвищення ефективності управління якістю, крім технологічних методів необхідно розробити економічні методи управління якістю.

5. Запропоновано єдиний ентропійний критерій управління якістю, котрий дозволяє враховувати економічні та технологічні фактори формування якості концентрату.

Список літератури / References

1. Ломоносов Г.Г. Горная квалиметрия / Ломоносов Г.Г. – М. : Издательство Московского государственного горного университета, 2000. – 201 с.

Lomonosov G.G. Mining qualimetry / Lomonosov G.G. – M.: Publishing house of Moscow State Mining University, 2000. – 201 p.

2. Курашов С.В. Удосконалення організації технологічних процесів як фактора поліпшення економічних показників гірничо-збагачувального виробництва: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 08.06.01 „Економіка підприємства і організація виробництва“ / Курашов Сергій Володимирович ; Нац. гірн. акад. України. – Д., 1999. – 22 с.

Kurashov S.V. Organization technological process improvement as factor of ore-dressing and processing enterprise economic indicators advance: Abstract of the thesis on Cand. Sci. (Tech.) degree receiving: speciality. 08.06.01 “Enterprise economy and production management” / Kurashov Serhii Volodymyrovych; Nats. hirn. akad. Ukrainy. – Dnipropetrovsk, 1999. — 22 p.

3. Кривошеєва А.О. Управління втратами залізорудної сировини як чинник підвищення економічної ефективності гірничо-збагачувального виробництва: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.06.01 „Економіка підприємства і організація виробництва“ / Кривошеєва Анастасія Олександрівна; Нац. гірн. ун-т. – Д., 2002. – 18 с.

Kryvosheieva A.O. Ore losses management as a factor of rise of ore-dressing and processing enterprise economic effectiveness: Abstract of the thesis on Cand. Sci. (Econ.) degree receiving: speciality. 08.06.01 “Enterprise economy and production management” / Kryvosheieva Anastasiia Oleksandrivna; NGU. – Dnipropetrovsk, 2002. – 18 p.

4. Іщенко М.І. Економічна взаємодія підприємств гірничо-збагачувального комплексу: монографія / Іщенко М.І.; за наук. ред. проф. В.І. Прокопенка. – Д.: Видавничий дім „Андрій“, 2007. – 288 с.

Ishchenko M.I. Economic cooperation of enterprises in ore-dressing and processing complex: monograph / Ishchenko M.I.; Edited by. V.I. Prokopenka. – Dnipropetrovsk: Publishing house “Andrii”, 2007. – 288 p.

5. Грачев Ф.Г. Управление качеством сырья на горнорудных предприятиях / Грачев Ф.Г. – М. : Недра, 1977. – 208 с.

Grachev F.G. Raw materials quality control at mining enterprises / Grachev F.G. – M.: Nedra, 1977. – 208 p.

6. Кармазин В.И. Обогащение руд черных металлов: учебник для вузов / Кармазин В.И. – М.: Недра, 1982.– 216 с.

Karmazin V.I. Ferrous materials ore concentration: higher school textbook / Karmazin V.I. – M.: Nedra, 1982.– 216 p.

7. Ломоносов Г.Г. Формирование качества руды при открытой добыче / Ломоносов Г.Г. – М.: Недра, 1975 – 224 с.

Lomonosov G.G. Ore quality formation during open-cast mining / Lomonosov G.G. – M.: Nedra, 1975 – 224 p.

8. Клебанов Д. Применение технологий высокоточной спутниковой навигации в горнодобывающей отрасли / Дмитрий Клебанов, Михаил Макеев // Недропользование – XXI век. – 2010.– №5. – С. 34–36.

Klebanov D. High-accuracy satellite navigation technology application in mining industry / Dmitriy Klebanov, Mihail Makeyev // Nedropolzovaniye – XXI century. – 2010.–№5. – P. 34–36.

9. Новожилов М.Г. Качество рудного сырья черной металлургии / Новожилов М.Г., Ройзен Я.Ш., Эрперт А.М. – М.: Недра, 1977. – 415 с.

Novozhilov M.G. Ferrous metallurgy raw materials quality / Novozhilov M.G., Royzen Ya.Sh., Yerpert A.M. – M.: Nedra, 1977. – 415 p.

10. Кочура Е.В. Автоматизация контроля качества усреднения сырья перед его обогащением / Кочура Е.В. // Обогащение руд. – 1995.– №6 (242). – С. 41–43.

Kochura Ye.V. Automation of quality control of raw materials averaging before concentration / Kochura Ye.V. // Obogashcheniye rud. – 1995.– №6 (242). – P. 41–43.

11. Браун В.И. Современные системы управления на обогатительных фабриках / Браун В.И., Шендерович Е.М. // Горный журнал. – 1997.– №4. Обогащение руд. – 1997.– №2. – С. 62–63.

Braun V.I. Up-to-date control systems at ore-dressing and processing plants / Braun V.I., Shenderovich Ye.M. // Gornyy zhurnal. – 1997.– №4. Obogashcheniye rud. – 1997.– №2. – P. 62–63.

Рассмотрены факторы формирования качества железной руды и продуктов ее обогащения. Представлен короткий обзор современных методов управления качеством железорудного сырья. Предложен энтропийный критерий управления качеством железорудного сырья. Выявлено дальнейшее направление совершенствования управления качеством.

Ключевые слова: железорудное сырьё, управление качеством, энтропия, процессный подход

Factors forming quality of iron ore and products of its enrichment are examined. Brief overview of modern methods of iron ore quality control is given. An entropy criterion of iron ore quality control is introduced. Further direction of quality management enhancement is ascertained.

Keywords: iron ore, quality management, entropy, process approach

Рекомендовано до публікації докт. екон. наук О.А. Паршиною. Дана надходження рукопису 23.12.10