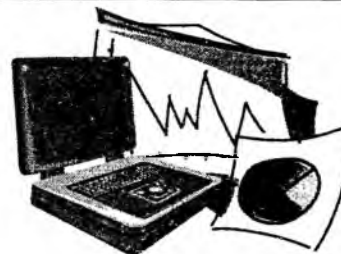


ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ



УДК 338.45

Воронов В.А., Чуріканова О.Ю.

ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНА СУТНІСТЬ ПІДВЕДЕННЯ БАЛАНСУ МЕТАЛІВ НА ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Розглянуто інструменти прийняття економіко-організаційних рішень на гірничо-збагачувальному підприємстві. Показано необхідність використання результатів розрахунків балансу металів для підготовки управлінських рішень.

The instruments of making economic and organizational decisions at a mining and dressing enterprise have been considered. The necessity of using the results of striking the balance of metals for making managerial decisions has been shown.

Прискорення соціально-економічного розвитку неможливо без формування відповідних засобів господарювання. При цьому головна увага в усіх ланках планування й керівництва на гірничо-збагачувальному комбінаті повинна бути зосереджена на найраціональнішому використанні матеріальних, трудових й фінансових ресурсів, природних багатств, усуненні надмірних витрат. У зв'язку з цим найбільш важливим напрямком підвищення ефективності роботи гірничо-збагачувальних комбінатів є вдосконалення системи організації, планування та управління.

В умовах розвитку внутрішньої та міжнародної торгівлі і споріднених їй видів діяльності, успіх окремих підприємств та галузей економіки на зовнішньому і внутрішньому ринках повністю залежить від того, наскільки їх продукція відповідає стандартам якості. Тому проблема забезпечення якості продукції актуальна для всіх країн і підприємств. Від її вирішення в значній мірі залежить ефективність національної економіки.

З науково-технічним прогресом проблема якості не спрощується, а навпаки, стає складнішою. Тому вирішувати її традиційними методами, тобто лише шляхом контролю якості готової продукції, практично неможливо. Повинен бути комплексний, системний підхід.

Забезпечення металургійного виробництва сировиною із заданими показниками якості і сьогодні продовжує лишатись актуальною проблемою. Одним з найбільш важливих показників якості добутої руди є величина вмісту корисних та шкідливих складових. Перевищення вимог кондиції за вмістом шкідливих домішок в руді може взагалі виключати можливість її реалізації навіть при високому вмісті корисного компоненту. Необхідно відзначити, що підвищений вміст шкідливих домішок є однією з причин нижчої ринкової вартості залізних руд, що експортуються рудниками України[1].

Але однією з найважливіших характеристик якості є вміст металу, тобто корисного компоненту в руді. Чим більше цей показник, тим вища економічна ефективність металургійної переробки. Так, наприклад, підвищення вмісту металу в руді тільки на 1% збільшує продуктивність доменного виробництва на 4–5%, знижує споживання коксу на 1–3% і вапняку на 6–8%. [2]

Оперативний контроль якості мінеральної сировини повинен здійснюватися на всіх стадіях гірничого виробництва.

Процес переробки корисних копалин можна розглядати як перетворення потоку сирової руди в потоки готового продукту та відходів виробництва (хвостів). Управління процесом збагачування фактично є маніпулюванням параметрами означених потоків, що являють собою, насамперед, об'єми вхідних та вихідних матеріалів, а також вміст корисних компонентів в них.

Прийняття організаційних рішень здійснюється з урахуванням цих показників.

Треба зауважити, що ефективність рішень в значній мірі залежить від надійності та точності значень показників. Окрім об'єктивних похибок, що неодмінно виникають під час відповідних вимірювань та розрахунків, треба визнати можливими суб'єктивні інформаційні викривлення. Справа в тому, що при оцінці ефективності праці стикаються протилежні інтереси двох підрозділів комбінату. Наприклад, добуваючи підрозділи мають інтерес до збільшення обсягу добутої руди. Збагачувальні підрозділи, навпаки, націлені на отримання готового продукту з якомога меншим обсягом переробленої руди. Таким чином, з'являється спокуса в одному випадку по можливості завищити об'єми, а в іншому разі занижити.

Для організаційного вирішення можливих конфліктів на цьому ґрунті має використовуватися підведення балансу металів.

У залежності від призначення розрізняють два види балансу – технологічний та товарний. Перший з них використовується для оперативного контролю та управління технологічними процесами переробки руд. Другий – для визначення підсумкових даних про кількість і якість перероблених руд та отриманих продуктів збагачування. Обидва види базуються на простій двопродуктовій схемі поділу, що дана на рис. 1.

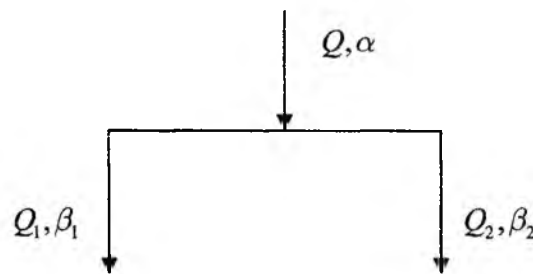


Рис. 1. Схема розподілу руди.

Рівняння матеріального балансу являють собою у випадку одного корисного компонента (метала) систему двох алгебраїчних рівнянь[3]:

$$\begin{cases} \beta_1 Q_1 + \beta_2 Q_2 = \alpha Q & ; \\ Q_1 + Q_2 = Q, \end{cases} \quad (1)$$

де Q, Q_1, Q_2 – маси (об'єми) руди, концентрату та відходів (хвостів) відповідно;
 α, β_1, β_2 – масові частки (вміст) металу відповідно в руді, концентраті та хвостах.

Принципова різниця між технологічним та товарним балансом полягає уступені визначеності елементів рівнянь (1). Якби всі елементи можна було виміряти безперервно та автоматично, то ніякої різниці між балансами не було б. Але сьогодні всі маси продуктів можна виміряти лише з великою періодичністю. При цьому період контролю буває значно довшим, ніж того потребує управління технологічними процесами. Досить оперативно вимірюються тільки масові частки (вміст) металу. Тому система рівнянь (1) використовується при підведенні технологічного балансу для визначення мас та виходів

концентрату Q_1 та хвостів Q_2 . Невідомі Q_1 , Q_2 знаходяться з вимірних значень α , β_1 , β_2 та Q як рішення алгебраїчної системи (1). Виходи визначаються за формулами:

$$v_1 = \frac{Q_1}{Q} \cdot 100\%; \quad v_2 = \frac{Q_2}{Q} \cdot 100\%.$$

На відміну від технологічного, за товарним балансом вимірюються всі складові системи (1) та знаходяться розходження (нев'язки) балансового та виміряного значення $Q, \alpha Q$, що дозволяє контролювати невраховані втрати та, тим самим, оцінювати ефективність організаційного управління та технологічного регулювання виробництва.

Розглянемо технологічний баланс.

Цілком природно, що при розробці і реалізації процесів поділу виникла необхідність кількісно оцінити їхню ефективність. Такою оцінкою передусім можуть бути характеристики вхідних та вихідних продуктів, що відображають масову частку корисних компонентів в них. Саме ці параметри дозволяють отримати відповідь на питання: чи відбувся розподіл, наскільки отримані продукти задовольняють вимогам, що висувуються з боку технологічних процесів подальшої переробки [3].

Особливістю балансових рівнянь, що використовуються при визначенні виходів, є те, що коефіцієнти являють собою результати вимірювання. Жодне вимірювання не може бути виконане абсолютно точно. В залежності від засобу вимірювань, апаратури і зовнішніх умов похибки можуть бути різні, але неминуче будуть. А це означає, що розрахункові значення виходу та витягу будуть мати свої похибки.

Результати вимірювань являють собою випадкові величини, розподілені за законом, близьким до нормального, а випадкова похибка може бути оцінена середнім квадратичним відхиленням. Отже, особливістю рівнянь балансу є те, що коефіцієнти при невідомих являють собою випадкові нормально розподілені величини з відповідною дисперсією.

В останній час значна увага приділяється питанню комплексного використання сировини. Ця обставина вимагає виміру вмісту більш ніж одного компонента в рудах і продуктах збагачування, що зумовлює перевизначеність системи балансових рівнянь. Однак, не вмюючи вирішувати перевизначені системи, що за наявності похибки вимірювання майже напевно несумісні, звичайно відкидали частину інформації, зводячи балансову систему до визначеної.

Недоліки такого підходу очевидні: по-перше, вибір складових рівнянь для формування визначеної підсистеми є суб'єктивним; по-друге, отримане при цьому рішення буде задовольняти балансовим співвідношенням тільки для тих компонентів, дані про які були використані під час розрахунку.

Інтуїтивно ясно, що під рішенням системи (1) треба розуміти такий набір значень невідомих величин, що був би в якомусь сенсі близьким до істинного. Внаслідок похибок вимірів істинні значення вмісту і мас продуктів невідомі, тому близькість цих величин до істинних слід визначати на основі заданих критеріїв, що враховують суть проблеми (під істинним значенням мається на увазі математичне очікування, або середнє арифметичне).

Ранні спроби вирішення балансової задачі зводились до пошуку значень, що мінімізували суму квадратів нев'язок, тобто відхилень мас руди та металів від їх математичних очікувань. Очевидно, що при такому підході нев'язки залишаються, ускладнюючи інтерпретацію отриманих результатів.

Більш обґрунтованим можна вважати засіб, запропонований Л. Ю. Гальчинським, В. А. Лобковським і Н. Н. Соломко (1976 г.). Суть його полягає в тому, що водночас з пошуком рішення системи балансових рівнянь коригуються і коефіцієнти системи. Таким

чином, щоб знов отримана система рівнянь була сумісною, математичне рішення зводиться до мінімізації цільової функції[3]

$$\Phi = \sum_i \sum_j [\delta\beta_{ij}]^2 \quad (2)$$

при обмеженнях

$$\begin{cases} (\beta_{i1} + \delta\beta_{i1})Q_1 + (\beta_{i2} + \delta\beta_{i2})Q_2 = \alpha_i Q (i = 1, m); \\ Q_1 + Q_2 = Q, \end{cases} \quad (3)$$

де $\delta\beta_{ij}$ – коригуючі додатки до β_{ij} ;

i, m – порядковий номер та загальна кількість корисних компонентів.

При наявності тільки одного корисного компоненту цей індекс проминається, як то було в системі рівнянь (1)

Даний підхід до рішення систем балансових рівнянь використовує висловлену раніше і надто плідну ідею коригування вимірних даних, однак має й істотний недолік – не враховується рівень похибки вимірювань. Справді, на отримане рішення однаково впливають результати вимірювань, отримані як з високим, так і з низьким ступенем точності. Тому за наявністю у вхідній інформації даних, отриманих з відносно великими похибками, рішення може істотно відрізнятись від істинного.

Найбільше розповсюдження серед засобів рішення балансових систем, що враховують точність характеристики вимірів, отримали узагальнений засіб найменших квадратів і засіб максимальної правдоподібності.

Перший з них полягає в пошуку рішення, що мінімізує функцію

$$\Phi = \sum_i \sum_j \frac{[\delta\beta_{ij}]^2}{W_{ij}} \quad (4)$$

при обмеженнях (3).

W_{ij} – ваговий коефіцієнт.

Чим точніше вимірювання β_{ij} , тим менше значення W_{ij} .

При рішенні балансових систем за критерієм максимальної правдоподібності (КМП) за цільову функцію, що підлягає мінімізації при обмеженнях (3), береться

$$\Phi = \sum_i \sum_j \frac{[\delta\beta_{ij}]^2}{\sigma^2(\beta_{ij})},$$

де $\sigma^2(\beta_{ij})$ – дисперсія вмісту величини β_{ij} .

Сучасні збагачувальні підприємства мають, як правило, багатостадійні схеми збагачування, які складаються з великої кількості операцій. Для оцінки процесу збагачення, в цьому випадку, недостатньо контролю тільки вхідних і вихідних продуктів збагачувального виробництва. Вимагається детальніший розгляд потоків фабрики з урахуванням окремих секцій, переробок, циклів і т.д. Система балансових рівнянь в цьому випадку об'єднує балансові системи всіх операцій, що деталізуються в конкретній схемі збагачування.

Однак такі системи мають ряд особливостей, що необхідно враховувати при виборі засобу рішення і його реалізації. По-перше, ці системи можуть бути надто великої

вимірності, а по-друге, належать до так званого класу розріджених систем, кожне рівняння яких містить лише мале (порівняно зі всією системою) число невідомих.

Основні організаційні, технологічні та економічні питання, що вирішуються за час підведення технологічного балансу:

- технологічна оцінка результатів роботи збагачувальної фабрики або частини її за заданий проміжок часу;
- порівняння декількох варіантів технологічних схем і вибір найкращої;
- дослідження руд на збагачуваність;
- іспит і виявлення ефективності нового обладнання;
- розрахунок якісно-кількісних схем і вибір обладнання при проектуванні збагачувальних фабрик;
- управління якістю продукції;
- побудова математичних моделей управління й оптимізації;
- планування й розробка транспортних схем;
- управління веденням гірничо-технологічного процесу в запланованому режимі якості [4, 5].

Перейдемо до товарного балансу.

Його складають за даними врахування мас вхідної сировини, продуктів збагачування, залишків незакінченого виробництва, механічних втрат і вмісту в них корисних компонентів за звітний період часу. Товарний баланс є основою економіко-технологічної оцінки роботи збагачувального підприємства. Як правило, за звітний період беруть місяць, а в деяких випадках, для більш оперативної оцінки, складають як дспоміжний баланс за декаду.

Періодичність вимірювань для різних продуктів різна: масу і якість незакінченого виробництва визначають на початку і в кінці місяця, а ті ж параметри товарних концентратів – за часом відвантаження.

Розглянемо схему рис. 1 та відповідну до неї систему рівнянь (1). Всі величини, що входять до (1) маємо визначеними. Через неодмінну наявність похибки суми лівих частин рівнянь відрізняються від вимірних складових правої частини. Різниці $\Delta_p = Q - Q_1 - Q_2$, $\Delta_m = Q \cdot \alpha - Q_1 \beta_1 - Q_2 \beta_2$ являють собою (розрив) балансу на руді Δ_p та металу Δ_m .

Причин появи неув'язок декілька. По-перше, дані, що використовуються при укладанні балансу, отримані в результаті вимірювань. Внаслідок немінучих похибок маси визначаються неточно, що і зумовлює порушення (розрив) балансу. По-друге, на збагачувальних підприємствах є канали втрати мінеральної сировини – так звані механічні втрати, що, як правило, не забезпечені засобами випробування і аналізу.

Окрім цих двох причин, які можна розглядати як об'єктивні, існує можливість навмисного завищення або заниження показників, що характеризують ефективність функціонування окремих підрозділів підприємства (суб'єктивна причина).

При нормальній роботі, розрив балансу зумовлений переважно похибками вимірювання. Під час технологічних та організаційних порушень розрив балансу зростає за рахунок механічних втрат та суб'єктивних причин. Зростання розриву балансу має бути індикатором організаційних і технологічних порушень роботи виробництва та стимулювати прийняття організаційних управлінських рішень. Останнє вимагає діагностування порушення, тобто виявлення його причин. Величина розриву (нев'язки) балансу, разом з іншими показниками виробництва, можуть бути використані як ознаки в комп'ютерних діагностуючих (що розпізнають) системах прийняття організаційних рішень.

Наукові знання і засоби практичної діяльності в сфері організації і управління гірничим виробництвом постійно поглиблюються й поширюються. У зв'язку з цим

змінюються постановки й рішення організаційно-управлінських задач, виникають нові задачі. Питання оптимального управління все глибше проникають в технологію виробництва та економіку. Таким чином, підведення балансу металів стає важливим економіко-організаційним інструментом при прийнятті управлінських рішень.

Література

1. Азарян А.А., Вилкул Ю.Г, Сидоренко В.Д., Колосов В.А., Караманиц Ф.И. Состояние проблемы контроля качества руд при добыче и переработке железнорудного сырья / *Металлургическая и горнорудная промышленность.*- Днепропетровск 2004. – С. 88–90.
2. Кармазин В.И. Обогащение руд черных металлов. - М.: Недра, 1982. – 216с.
3. Баланс металов. Расчеты на ЭВМ: Справочное пособие/ Браун В.И., Дюмин В.Г., Процудо В.С., Милин И.М.. – М.: Недра, 1991.-192с., ил.
4. Козин В.З. Опробование и контроль технологических процессов обогащения. – М.:Недра, 1985. – 294с.
5. Козин В.З., Тихонов О.Н. Опробование, контроль и автоматизация обогатительных процес сов. – М.: Недра, 1990. – 343с.:ил.

Рекомендовано до публікації
д.т.н., проф. Салі В.І. 02.02.04

Надійшла до редакції
22.01.04