

УДК 336.67:622.235

Іщенко М.І.

З'ЯСУВАННЯ ЧИННИКІВ СПРИЯННЯ СПІЛЬНОМУ ФУНКЦІОНУВАННЮ ПІДПРИЄМСТВ У ГІРНИЧО- ЗБАГАЧУВАЛЬНОМУ КОМПЛЕКСІ

Розглянуто можливості створення сприятливих умов для виконання процесів гірничо-збагачувального виробництва. Встановлено статистичні залежності продуктивності технологічних цехів від якісних характеристик рудного потоку. Виконано кількісну оцінку економічної ефективності підвищення якості рудної сировини.

Opportunities of creation of favorable conditions for realization of the processes of ore mining manufacture are considered. Statistic dependencies of productivity of technological departments from qualitative adjectives of ore flow are determined. Quantitative assessment of cost efficiency of quality increasing of ore raw materials is realized.

Виробничі процеси технологічного комплексу гірничих робіт у залежності від технічних та організаційних особливостей цих процесів виконуються одним і тим же або різними підприємствами. Спільне здійснення процесів, участь у зазначеній роботі, співпраця призводять до взаємодії підприємств, яка визначається взаємовпливом, взаємозв'язками економічних результатів їх господарської діяльності. Між підприємствами формуються певні економічні відносини, що базуються на взаємозумовленості існування економічних положень і явищ та властивих їм економічних законів і суперечностей, розділених у просторі та часі [1, с. 474].

Якщо загальні підходи до формування соціально-економічного ефекту від адаптації підприємств незалежно одне від одного до ринкових умов досліджені вченими і виробничниками досить детально і повно, то планування економічних показників роботи гірничих підприємств Кривбасу з урахуванням їх взаємодії в одному технологічному комплексі видобутку та переробки рудної сировини сьогодні вимагає більш глибокого наукового та практичного обґрунтування. Економічні відносини між підприємствами гірничо-збагачувального комплексу визначають умови їх господарської діяльності залежно одне від одного. Отже, організаційні підходи до вдосконалення відносин мають бути розроблені на підставі стабільності та сталості взаємодії всіх підприємств комплексу.

Кожен процес може виконувати те чи інше підприємство, виходячи зі свого критерію ефективності. Однак, якщо вони спільно функціонують в одному технологічному комплексі виробництва залізорудного концентрату (чи обкотишів), вони мають забезпечувати одне одному сприятливі умови для здійснення наступного виробничого процесу, а в підсумку, високу економічну ефективність кінцевої продукції, що виробляється технологічним комплексом.

У статті викладено можливості управління параметрами якості рудної сировини в різних процесах гірничо-збагачувального виробництва. При цьому використано

результати досліджень [2-4]. Загалом економічний ефект від підвищення якості сировини може бути отриманий по наступним напрямкам :

1. Зниження коливань обсягів рудної сировини, що надходить на збагачувальну фабрику. При цьому потужність рудопотоку змінюється в часі внаслідок коливань продуктивності дробильної фабрики.

2. Підвищення вмісту металу у вихідній руді за рахунок скорочення обсягів розубожування (засмічення).

3. Зниження коливань якості руди, вимірюваної вмістом металу.

Ці три напрямки тісно зв'язані між собою. Розглянемо їх послідовно та визначимо можливості управління параметрами якості рудного потоку в кожному процесі його формування, а також економічний ефект, який можуть отримати взаємодіючі підприємства від забезпечення одне одного якіснішою сировиною для виробництва продукції.

При проведенні вибухових робіт показники якості руди, що знаходиться в розвалі, залежить від гранулометричного складу висадженої гірської маси, параметрів розвалу та ступеня перемішаності руди в ньому. Змінюючи параметри свердловинного заряду, можна управляти якістю масиву висаджених порід.

Підривні роботи в складно структурних блоках з різними за величиною якісними показниками рудної сировини здійснюються валовим або роздільним способами. Валове висадження - найбільш дешеве, при ньому відбувається значне перемішування руди, включаючи розкриті породи та некондиційні руди. Роздільне висадження вибухів дозволяє створити відносно однорідну масу в розвалі. Будь-який спосіб висадження скельних порід, крім валового, може забезпечити поліпшення якості рудопотоку в розвалі на 30-50 %.

Якісна характеристика рудного потоку при екскавації значною мірою визначається способами висадження, виїмки та навантаження руди, типом застосовуваного устаткування, технологічними параметрами і організацією цього процесу. При вийманні одноківшевыми екскаваторами якість рудопотоку регулюють шляхом зміни товщини і довжини стружки (при коефіцієнті усереднення 1,5-2,0). Екскаватор може працювати як валовим способом (суцільна виїмка), так і селективно (із сортуванням руд з різним вмістом металу). Ці способи істотно впливають на показники якості рудної сировини в ковші, а отже, і на усереднення рудопотоку при екскавації в цілому (табл. 1).

Проміжне штабелювання руди перед її навантаженням у транспортні засоби призводить до ще більшої зміни якісної характеристики рудного потоку. При середній товщині рудного шару розвантаження кожного ковша дозволяє ретельно перемішувати руди різного складу шляхом почергового виймання їх з різних поверхонь вибою. Вибір раціонального напрямку та порядку відпрацьовування екскаваторних блоків з бідними й багатими рудами забезпечує задані якісні характеристики рудної маси. Тому регулювати якість рудного потоку при відвантаженні можна за рахунок зміни напрямку відпрацьовування покладу.

Транспортування як виробничий процес істотно впливає на рівень показників якості рудного потоку через ємність та мобільність транспортних засобів, організацію їхнього навантаження та розвантаження. Найбільш прийнятним вважається автомобільний транспорт. Він дозволяє відпрацьовувати окремо кожний блок або його частину в будь-якому напрямку. Якість руди, що добувається, змінюється шляхом планової черговості надходження та розвантаження в прийомний бункер автосамоскидів з рудою різної якості. Пошарове відсіпання усереднених руд з рівномірним розподілом за гранулометричним і хімічним складом спрощує роботу на рудному складі.

**Зміна якісних характеристик рудного потоку
на виході по процесах гірничо-збагачувального виробництва**

Процес	Фактори впливу	Коливання, % Частка зміни, %
Висадження	1. Параметри свердловинного заряду 2. Конструкція заряду ВР 3. Схема висадження 4. Спосіб висадження 5. Тип вибухової речовини	$\frac{7-8}{45-50}$
Екسкавація	1. Спосіб екскавації 2. Тип і параметри екскаватора 3. Параметри вибою 4. Напрямок і порядок екскавації 5. Напрямок і порядок відпрацьовування уступу	
Транспортування	1. Вид транспорту 2. Конструктивні параметри транспортних засобів 3. Організація навантаження та розвантаження гірської маси	
Усереднення	1. Конструктивні елементи усереднювальної системи 2. Спосіб (технологія) формування складу 3. Вид і параметри транспортних засобів 4. Тип і параметри екскаватора 5. Технологічні параметри екскавації	$\frac{4-5}{30-35}$
Дроблення	1. Метод дроблення, вид його реалізації 2. Вид циклу дроблення 3. Режимні параметри 4. Спосіб впливу на матеріал	$\frac{2-3}{10-15}$
Збагачення	1. Тип сепаратора і метод сепарації 2. Схема і параметри сепарації 3. Спосіб флотації 4. Параметри і режим роботи флотаційного устаткування 5. Хімічний склад і властивості реагентів 6. Вид згущувача та спосіб його подачі	$\frac{1-1,5}{5-10}$

При залізничному транспорті екскаватор позбавлений можливості планомірно, відповідно до типу та сорту руди відвантажувати її зі складного вибою. Якщо в

екскаваторному вибої є кілька сортів руди, а ємність складу перевищує обсяг руди певного сорту, то машиніст екскаватора може довантажити склад рудою іншого сорту, забезпечуючи якісну характеристику рудної сировини, задану планом. З тієї ж причини при доопрацюванні виймальної заходки в думпкери може бути додана руда із суміжної частини вибою. Тому при залізничному транспорті роздільний видобуток частіше пов'язаний з додатковим штабелюванням руди за типами та сортами у просторі біля вибою. Це збільшує час і витрати на формування складів рудою однієї якості, скорочує їх корисну масу.

Набагато складніше управляти якістю рудного потоку при конвеєрному транспорті, оскільки формувати якість руди в процесі її транспортування досить важко. Однак, доставка гірських порід на поверхню кар'єра забезпечує високу потужність рудопотоку та задовільний рівень транспортних витрат.

Коливання якісних характеристик рудного потоку, що не усуваються в процесі видобутку, можуть бути знижені шляхом застосування різних систем усереднення. Технологія усереднення полягає в послідовному відсипанні тонких похилих або горизонтальних шарів руд різних сортів і наступній виїмці та відвантаженні руди в екскаваторній заходці перпендикулярно відсипаним шарам. При черпанні різноякісних шарів руди екскаватор здійснює ковшем їх перемішування. Якісні характеристики рудного потоку залежать від параметрів усереднювального складу, транспортного і екскаваторного устаткування.

Зміна якості рудної сировини залежить також від способу формування системи усереднення. При торцевому відсипанні штабеля руду укладають поперечними шарами, а відвантаження здійснюють в протилежному напрямку. При фронтальному напрямку відсипання штабеля збігається з напрямком його відвантаження. У цьому випадку ефективність усереднення руди вище. При діагональному відсипанні шари руди розташовують під кутом до брівки уступу, цей спосіб включає переваги перших двох способів відсипання.

Якість рудного потоку після дроблення залежить від його якості на вході, розмірів кусків готового продукту та ступеню змішаності, що характеризується однорідністю рудної маси. Останні два параметри, в свою чергу, визначаються методом дроблення (роздавлювання, зрізування, стирання, удар або ін.), способом впливу на вхідний потік руди (статичним або динамічним), видом реалізації (механічний, пневматичний, електрогідравлічний або ін.), циклом дроблення (відкритий або замкнутий). Збільшення місткості бункера усереднення з нижнім розвантаженням сприяє зменшенню середньоквадратичного відхилення якості руди у вихідному потоці. Шляхом зміни місткості бункера можна зменшувати коливання якості руди до мінімального рівня.

Важливе значення при формуванні якісних характеристик рудної сировини мають режимні параметри дроблення, що визначають продуктивність дробарок. До цих параметрів відносять довжину та ширину розвантажувальної щілини, число оборотів ексцентрикового валу, величину ходу рухливої щілини та її кут нахилу. Кульовий млин на збагачувальній фабриці характеризується вагою кульового навантаження, швидкістю обертання барабана та запасом руди в млині.

Основними технологічними операціями збагачення залізної руди є дроблення та дрібнювання (питома вага по витратах - 40...45%), флотація (30...35 %), сепарація (10...15 %). Показники збагачення пов'язані з розмірами кусків руди, їх змінюваністю, грудкуватістю живлення, вмістом металу та наявністю різних мінералів, що засмічують, щільністю зливу пульпи, наявністю заліза у відходах. Зміна характеристик кожної

операції процесу шляхом оптимізації її параметрів і режиму збагачення дозволяє досягти високої якості кінцевої продукції.

Також треба враховувати, що невідповідність параметрів і неузгодженість режимів роботи відділень дроблення та здрібнювання призводять до запізнювання процесу збагачення та збільшення втрат заліза з відходами. Проведення сепарації згідно з властивостями компонентів суміші рудної сировини (форма, маса, щільність часток, коефіцієнт тертя, магнітні властивості) також призводить до скорочення втрат заліза на виході цього процесу [2]. Зміна хімічного складу флотаційних реагентів та їх властивостей, конструкції та режиму роботи флотаційних машин і способу флотації (за міжфазовими межами, способом введення газу, дисперсністю й ін.) дозволяє змінювати параметри флотації, погіршувати або поліпшувати поділ твердих і дрібних часток.

Як показав виконаний аналіз, існує широкий вибір технологічних рішень, що дозволяють досягти заданих параметрів процесу (табл. 1). Організація процесів видобутку та переробки руди в режимі тих або інших технологічних параметрів визначає, з одного боку, витрати на виробництво продукції, з іншого, - її якість, а звідси, і ціну. Ці показники є наслідком інших економічних показників (таких як енерго- та матеріалоемність, витрати на оплату праці тощо).

Вплив якості вихідної руди на собівартість концентрату C_k на Північному ГЗК, визначений статистичним шляхом, описується наступним рівнянням регресії:

$$C_k = 223,23 - 1,248Fe_s - 5,944Fe_m, \text{ грн./т}, \quad (1)$$

де Fe_s , Fe_m - вміст у вхідній руді загального та магнетитового заліза, %.

При коефіцієнті $R^2 = 0,7$ можна стверджувати, що між ознаками, що корелюють у рівнянні (1), існує тісний статистичний зв'язок. Собівартість видобутку руди і виробництва концентрату визначають витрати, що знаходяться в статистичній залежності в більшій мірі від вмісту у вихідній руді магнетитового заліза й у меншій - загального. За рахунок підвищення та стабілізації його вмісту в руді, стабілізації обсягів відвантаження руди на збагачення собівартість руди може бути знижена на 10-15%, концентрату - на 15-20 %.

Визначимо економічний ефект, який може бути отриманий в результаті стабілізації рудопотоку за рівномірністю та якістю. Цей ефект можна розглядати як прибуток підприємства від впровадження інноваційних заходів, а також джерело додаткових коштів для преміювання працівників. Зниження виробничих витрат за рахунок усунення коливань потужності рудного потоку, що надходить на збагачувальну фабрику (ЗФ), можна розрахувати наступним чином:

$$E_Q = \Delta C_Q T_c N_p n_c, \text{ грн./міс.}, \quad (2)$$

де ΔC_Q - економічний ефект за рахунок усунення коливань обсягів руди за t -у годину роботи збагачувальної фабрики;

T_c - тривалість робочої зміни, год.;

N_p , n_c - відповідно число робочих днів на місяць та робочих змін на добу;

$$\Delta C_Q = C_k (1 - Q_{з.ф} / Q_{д.ф}), \text{ грн./год.};$$

C_k - сумарні умовно-постійні витрати по дробильно-збагачувальному ком-плексу, грн./год.;

$Q_{з.ф}$, $Q_{д.ф}$ - продуктивність відповідно збагачувальної та дробильної фабрик, т/год.

Внаслідок недотримання раціональної технології виймання рудних заходок, розубожування руди, а також втрат якості на складах усереднення знижується якість руди, що надходить на ЗФ. Для виробництва концентрату в заданому обсязі слід збільшувати обсяг видобутку та дроблення рудної сировини на величину $(Q_{p,max} - Q_{p,min})$, яка є різницею між найбільшим і найменшим обсягами руди, що збагачується. Ця різниця має компенсувати зниження вмісту заліза в руді. Витрати на зазначені процеси будуть дорівнювати сумі $(Z_p + Z_d)$, де Z_p , Z_d - витрати (грн./т) відповідно на видобуток руди, включаючи погашення розкриву, та її дроблення. Отже, економічний ефект за рахунок скорочення обсягу руди, що добувають, якщо досягається її вища якість, складає:

$$E_\alpha = (Q_{p,max} - Q_{p,min}) \cdot (Z_p + Z_d), \text{ грн./міс.} \quad (3)$$

В свою чергу, обсяги $Q_{p,max}$ і $Q_{p,min}$ можна планувати наступним чином:

$$Q_{p,max} = Q_\kappa / (\alpha_{min} E_\kappa (Fe_{min}) / \beta);$$

$$Q_{p,min} = Q_\kappa / (\alpha_{max} E_\kappa (Fe_{max}) / \beta),$$

де Q_κ - необхідний обсяг руди для виробництва концентрату, т/міс.;

$E_\kappa (Fe_{min})$ і $E_\kappa (Fe_{max})$ - витяг металу з руди відповідно при його мінімальному α_{min} та максимальному α_{max} вмісті у вихідній руді, частка од.;

β - вміст заліза в концентраті, %.

Крім того, знижуються витрати, безпосередньо пов'язані з процесом збагачення: чим вищий вміст магнетитового заліза в руді, тим менше питомі витрати на виробництво концентрату. При мінімальному вмісті $Fe_{M,min}$ витрати на концентрат складуть найбільшу величину $C_{\kappa,max}$, при якості руди $Fe_{M,max}$ - найменшу $C_{\kappa,min}$, оскільки собівартість концентрату є функція $C_\kappa = f(Fe_M)$, що спричинена залежностями, які наведені на рис. 1. Тому при підвищенні вмісту магнетитового заліза в руді утвориться економія виробничих витрат у розмірі:

$$Q_{o,\phi} E_\gamma = [C_\kappa (Fe_{M,min}) - C_\kappa (Fe_{M,max})] Q_{o,\phi}, \text{ грн./міс.} \quad (4)$$

де $C_\kappa (Fe_{M,min})$, $C_\kappa (Fe_{M,max})$ - собівартість виробництва концентрату з руди відповідно зниженої та підвищеної якості по витратах на процес збагачення, грн./т;

$Q_{o,\phi}$ - продуктивність фабрики збагачення з випуску концентрату, т/міс.

Унаслідок коливання якості рудної сировини знижується вихід концентрату, а, значить, підвищуються витрати руди [4]. Для виробництва того ж самого обсягу концентрату з підвищенням коливання якості необхідно добувати й переробляти більший обсяг руди. Тому витрати на видобувні роботи зростають. Якщо коливання якості, вимірювані середньоквадратичним відхиленням, знижуються з δ_{max} до δ_{min} , то відповідно до цього зниження коливань знаходять підвищення коефіцієнта витягу металу в концентрат і скорочення обсягу руди, що добувають і переробляють. При коливанні якості δ_{max} витяг металу складає $E_\kappa (\delta_{max})$, при коливанні δ_{min} - витяг $E_\kappa (\delta_{min})$. Відповідно витягові виникатимуть різні витрати руди, які можна визначити за виразами:

$$Q_{\delta,max} = Q_\kappa / (\alpha_{M,c} E_\kappa (\delta_{max}) / \beta), \text{ т/міс.};$$

$$Q_{\delta,min} = Q_\kappa / (\alpha_{M,c} E_\kappa (\delta_{min}) / \beta), \text{ т/міс.},$$

де $\alpha_{v,c}$ - середній вміст магнетитового заліза в руді, %.

Економію за рахунок зниження коливання якості руди за витратами на її видобуток

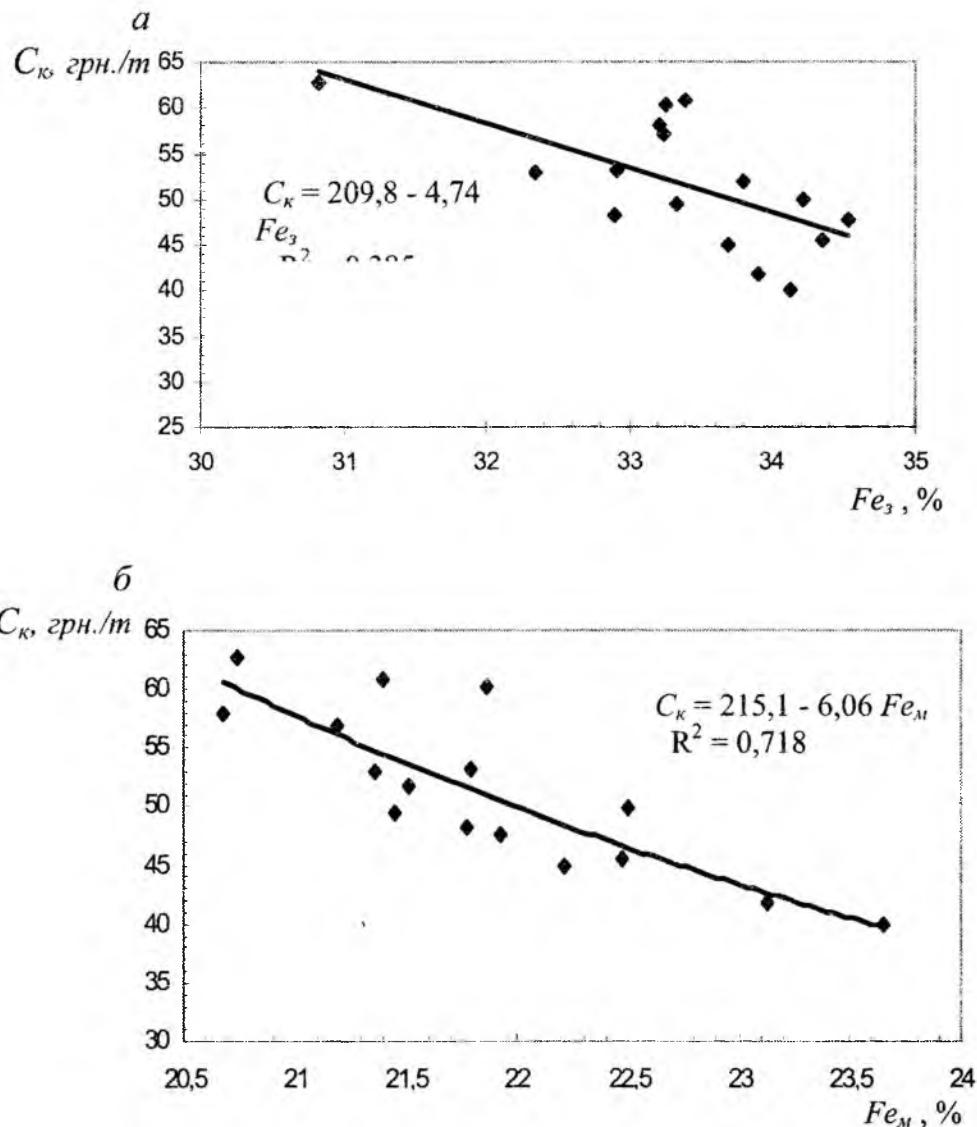


Рис. 1. Статистична залежність собівартості концентрату від вмісту загального заліза (а) і магнетиту (б) у вхідній руді

і дроблення можна планувати за формулою:

$$E_{\delta} = (Q_{\delta, \max} - Q_{\delta, \min}) \cdot (3_p + 3_{\delta}), \text{ грн./міс.} \quad (5)$$

Також можна визначити економічний ефект E_{ϕ} за рахунок зниження собівартості концентрату при підвищенні витягу металу, обумовленого зниженням коливання якості руди, що надходить на збагачення. Якщо коливання знижується з δ_{\max} до δ_{\min} , то витяг металу підвищується з $E_k(\delta_{\max})$ до $E_k(\delta_{\min})$, що призводить до зниження собівартості концентрату зі, $C_k(E_{k, \max})$ до $C_k(E_{k, \min})$.

На підставі вищевикладеного, загальний економічний ефект від стабілізації обсягів і якості руди, що надходить на фабрику збагачення, дорівнює сумі:

$$E_m = E_Q + E_\alpha + E_\beta + E_\delta + E_\phi, \text{ грн./міс.} \quad (6)$$

Розрахований за виразом (6) ефект має бути зменшений на величину фонду додаткового преміювання працівників за стабілізацію якості рудного потоку. Скоректований за цим положенням економічний ефект буде дорівнювати:

$$E_{m-c} = E_m (1 - K_{\phi,n}), \text{ грн./міс.},$$

де $K_{\phi,n}$ - частка економічного ефекту, яку виділяють на стимулювання праці для підвищення якісних характеристик рудної сировини, яка надходить на збагачення, частка од.

Таким чином, встановлено економічний ефект від підвищення якості рудної сировини, а також стабілізації якісних показників рудного потоку в умовах криворізьких ГЗК. Для розрахунку ефекту E_Q прийнято: виробництво концентрату 300 тис.т/міс., продуктивність Q_{ϕ} стосовно продуктивності $Q_{o,\phi}$ має коливання у більший бік на 0,05-0,25. За формулою (2) $E_Q = 600$ тис. грн./міс. Якщо вміст загального заліза в руді підвищується з 30,8 % ($\alpha_m = 20,7$ %) до 34,1 % ($\alpha_m = 23,7$ %), то витяг металу в концентрат E_k підвищується з 61,9 % до 65,4 %. З використанням формули (3) розраховуємо економічний ефект E_α . Він дорівнює 796 тис. грн./міс.

Скорочення витрат безпосередньо на процес збагачення встановлено за формулою (4). Середні витрати на збагачення складають 13,85 грн./т. Згідно з вихідними даними $E_\phi = 780$ тис. грн./міс. Економічний ефект E_δ від зниження коливань якості руди на стадіях видобутку й дроблення ($\alpha_m = 22$ %, середньоквадратичне відхилення δ_{α_m} знижується з 4,5 до 0,5 %, $\beta = 66,4$ %) за формулою (5) дорівнює 252 тис. грн./міс. При якості руди $\alpha_m = 30$ % і зниженні внутрішньо змінних коливань δ_{α_m} з 1,3 % до 0,5 % вихід збільшується з 42,7 до 43,24 %. Завдяки цьому витрати знижуються на 52 тис. грн./міс.

Сумарний економічний ефект, який можна отримати в результаті удосконалення організації технологічних процесів для підвищення якості рудної сировини на збагачувальній фабриці, дорівнює 2480 тис. грн. /міс. Цей ефект має бути розподілений між усіма підприємствами, які брали участь в його створенні.

Таким чином, якість рудної сировини формується на всіх процесах гірничо-збагачувального виробництва, починаючи з бурових і вибухових робіт і закінчуючи збагаченням рудної сировини (якщо кінцевою продукцією є концентрат). Ці процеси пов'язані між собою, передусім, технологічними параметрами. Завдання організації процесів полягає в тому, щоб вони здійснювалися в режимі параметрів, оптимальних для якості рудного потоку. Це завдання буде вирішено, якщо підприємства в складі технологічного комплексу видобутку та переробки рудної сировини створюватимуть одне одному сприятливі умови виконання виробничого процесу. Ураховуючи вищевказане, набуває особливої актуальності науково-практична задача розподілу економічного ефекту від впровадження інноваційних заходів між підприємствами гірничо-збагачувального комплексу, які спільно впроваджували ці заходи з метою покращення умов виконання процесів виробництва металургійної сировини.

Література

1. Економічна енциклопедія: У трьох томах. Т.1 / Редкол.: С.В.Мочерний (відп. ред.) та ін. - К.: Видавничий центр «Академія», 2000.- 864 с.
2. Мацеев В.Г. Экономика обогащения руд черных металлов. - М.: Недра, 1986. - 221 с.
3. Экономика, организация, планирование и управление на горно-обогатительном комбинате черной металлургии / Л.А.Коновалов, Б.Н. Бочкарев, Ю.И. Жернаков и др. - М.: Недра, 1986. - 215 с.
4. Гагут Л.Д. Экономическая эффективность повышения качества железорудных окатышей. - М.: Металлургия, 1987. - 64 с.

Рекомендовано до публікації
д.т.н., проф. Прокопенком В.І. 16.08.06

Надійшла до редакції
20.07.06