

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ

УДК 330.13

Белкіна І. А., Кочура Є. В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ДОХОДУ І ПРИБУТКУ ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА ВІД ОРГАНІЗАЦІЇ РУДОПОДАЧІ

Метою даної статті є виявлення характеру впливу динамічних параметрів і параметрів якості рудопотоку на дохід і прибуток підприємства від реалізації концентрату. Існування впливу динамічних параметрів подачі руди на основні економічні результати діяльності встановлюється методами економіко-математичного моделювання, а визначення характеру цього впливу – методом графічного аналізу. Представлено економіко-математичні моделі впливу динамічних параметрів подачі руди на обсяг виробництва концентрату із урахуванням статистичної динаміки випадкового процесу рудоподачі. Вперше виявлено зв'язок між показниками доходу та прибутку підприємства і динамічними параметрами поставок руди, що на відміну від урахування тільки обсягів переробки руди дозволяє за рахунок управління факторами формування динаміки роботи гірничотранспортного комплексу покращити відповідні економічні показники діяльності гірничозбагачувального підприємства. Показано, що економічні результати діяльності нелінійно залежать від тривалості і періоду подачі руди. Вказані залежності отримані для умов наявності кореляції якості руди послідовних поставок. Запропоновані моделі і виявлена залежність дозволяють у подальшому організувати роботу гірничотранспортного комплексу з позиції забезпечення економічної ефективності функціонування всього гірничозбагачувального комбінату. Встановлені залежності повинні бути враховані при організації роботи гірничотранспортного комплексу або при реалізації організаційних і технологічних рішень, що впливають на періодичність і тривалість поставок руди із перевантажувального складу на переробку.

Ключові слова: прибуток, ціна, динамічні параметри подачі руди, алгоритмічна модель, економіко-математичне моделювання

Рис.: 5. *Формул.:* 9. *Бібл.:* 10.

Белкіна Ірина Анатоліївна – асистент, кафедра економічної кібернетики та інформаційних технологій, Національний гірничий університет (пр. К. Маркса, 19, Дніпропетровськ, 49027, Україна)

Email: irinabelkina88@gmail.com

Кочура Євген Віталійович – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри, кафедра економічної кібернетики та інформаційних технологій, Національний гірничий університет (пр. К. Маркса, 19, Дніпропетровськ, 49027, Україна)

УДК 330.13

Белкина И. А., Кочура Е. В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДОХОДА И ПРИБЫЛИ ГОРНООБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ОТ ОРГАНИЗАЦИИ РУДОПОДАЧИ

Целью данной статьи является выявление характера влияния продолжительности и периода поставок руды на доход и прибыль предприятия от реализации концентрата. Существование влияния динамических параметров подачи руды на основные экономические результаты деятельности определяется методами экономико-математического моделирования, а определение характера этого влияния – методом графического анализа. Представлены экономико-математические модели влияния динамических параметров подачи руды на объем производства концентрата с учетом статистической динамики случайного процесса рудоподачи. Впервые выявлена связь между показателями дохода и прибыли и динамическими параметрами поставок руды, что в отличие от учета только объемов переработки руды позволяет за счет управления факторами формирования динамики работы горнотранспортного комплекса улучшить соответствующие экономические показатели деятельности горнообогатительного предприятия. Показано, что экономические результаты деятельности предприятия нелинейно зависят от продолжительности и периода подачи руды. Упомянутые зависимости получены для условий наличия корреляции качества руды последовательных поставок. Предложенные модели и выявленная зависимость позволяют организовать работу горнотранспортного комплекса с позиции обеспечения экономической эффективности функционирования всего горнообогатительного комбината. Установленные зависимости должны быть учтены при организации работы горнотранспортного комплекса или при реализации организационных и технологических решений, влияющих на периодичность и продолжительность поставок руды с перегрузочного склада на переработку.

Ключевые слова: прибыль, цена, динамические параметры подачи руды, алгоритмическая модель, экономико-математическое моделирование

Рис.: 5. *Формул.:* 9. *Библ.:* 10.

Белкина Ирина Анатольевна – ассистент, кафедра экономической кибернетики и информационных технологий, Национальный горный университет (пр. К. Маркса, 19, Днепропетровск, 49027, Украина)

Email: irinabelkina88@gmail.com

Кочура Евгений Витальевич – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой, кафедра экономической кибернетики и информационных технологий, Национальный горный университет (пр. К. Маркса, 19, Днепропетровск, 49027, Украина)

UDC 330.13

Belkina I. A., Kochura Ye. V.

STUDY OF DEPENDENCE OF INCOME AND PROFIT OF THE ORE MINING AND PROCESSING ENTERPRISE ON ORGANISATION OF ORE SUPPLY

The goal of the article is finding out the nature of influence of duration and period of ore supply upon the income and profit of the enterprise from sales of concentrate. Availability of influence of dynamic parameters of ore supply upon main economic results of activity is determined with the help of

methods of economic and mathematical modelling and identification of the nature of this influence with the help of the method of graphical analysis. The article provides economic and mathematical models of influence of dynamic parameters of ore supply upon the volume of concentrate production with consideration of statistical dynamics of occasional process of ore supply. For the first time ever it reveals connection between indicators of income and profit and dynamic parameters of ore supply, which unlike accounting ore processing volumes only allows improvement of relevant economic indicators of activity of the ore mining and processing enterprise by means of managing factors of formation of operation of the mining transportation complex. The article shows that economic results of activity of the enterprise nonlinearly depend on duration and period of ore supply. The said dependencies are obtained for conditions of availability of correlation of quality of ore of successive supplies. The proposed models and revealed dependence allow organisation of operation of the mining transportation complex from the position of ensuring economic efficiency of functioning of the whole ore mining and processing enterprise. The established dependencies should be taken into account when organising operation of the mining transportation complex or when realising organisational and technological solutions that influence periodicity and duration of ore supplies from the trans-shipping storehouse to the processing facility.

Key words: profit, price, dynamic parameters of ore supply, algorithmic model, economic and mathematical modelling

Pic.: 5. *Formulae:* 9. *Bibl.:* 10.

Belkina Iryna A. – Assistant, Department of Economic Cybernetics and Information Technologies, National Mining University (pr. K. Marksa, 19, Dnipropetrovsk, 49027, Ukraine)

Email: irinabelkina88@gmail.com

Kochura Yevhen V. – Doctor of Science (Economics), Professor, Head of the Department, Department of Economic Cybernetics and Information Technologies, National Mining University (pr. K. Marksa, 19, Dnipropetrovsk, 49027, Ukraine)

Постановка проблеми в загальному вигляді.

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 організації. Через незадовільну роботу транспортного підрозділу, економічні втрати, що виникають на підприємстві, часто в декілька разів перевищують втрати самого підрозділу. Аналіз таких втрат ускладнений тим, що існуючі форми обліку і звітності не дозволяють повністю виявити вплив роботи транспортного підрозділу на економічну сторону функціонування підприємства.

Для збагачувального підприємства питання оптимальної організації роботи гірничо-транспортного комплексу стають особливо важливими. Їх актуальність обумовлена тим, що коливання якості видобутої корисної копалини залежить від обраних способів її транспортування. При цьому вплив якості руди і її коливань на вихід, витяг і якість концентрату вже доведена як теоретичними дослідженнями, так і практикою роботи гірничо-збагачувальних підприємств. Саме тому визначення впливу організації поставок руди із кар'єру на дробарно-збагачувальний переділ на показники економічної ефективності діяльності всього гірничо-збагачувального комбінату можливо лише методами економіко-математичного моделювання.

Аналіз останніх досліджень. Серед 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 [1–4]. Щоправда, метод, запропонований в [1–4], потребує великого обсягу статистичного матеріалу. Моделюванням експортних поставок руди від кар'єру до порту займалися й інші австралійські вчені в роботі [5]. Запропонований в дослідженні [5] оптимізаційно-моделюючий підхід, що ґрунтується на методі дискретного моделювання подій до-

зволяє одночасно врахувати обсяги поставок руди, її якість, а також терміни поставок і саме це якісно відрізняє дане дослідження серед усіх інших, в яких враховується лише один або два фактори. Проте результати дослідження [5], можуть бути застосовані лише для оцінки варіантів транспортування від складу підприємства до складу у порту, а тому не дозволяє покращити економічні показники переробки сировини до концентрату в рамках самого гірничого підприємства. Спеціалістами університету ім. Кертіна [6] також запропонована методологія гнучкого і адаптивного проектування відкритих гірничих робіт, що використовує методологію імітаційного моделювання та оптимізації, а також математичні залежності, характерні для теорії управління потоками, щоправда, запропонована модель так і не враховує показники якості руди.

Залежність коливань якості руди від динаміки її надходжень із подальшим впливом на вихід і собівартість концентрату продемонстровані в роботі [7]. Проте собівартість продукції – далеко не єдиний результат виробничої діяльності підприємства і відображає лише її витратну сторону. Вплив динамічних параметрів поставок сировини на дохід і прибуток підприємства від реалізації концентрату описано в роботі [8], проте у вказаному дослідженні розглядався процес подачі руди за відсутності кореляції її якості.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Хоча вплив періоду і тривалості подачі руди на дохід і прибуток гірничо-збагачувального підприємства при відсутності статистичного зв'язку якості сировини вже було висвітлено, досі нерозкритим залишається характер такого впливу при наявності вказаного зв'язку.

Постановка завдання. Метою даної статті є виявлення характеру впливу динамічних параметрів і параметрів якості рудопотоку на чистий дохід і прибуток підприємства від реалізації концентрату методами економіко-математичного моделювання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Задля аналізу впливу параметрів динаміки і якості рудоподачі використовуємо математичний апарат, запропонований раніше

[7–8]. Узагальнивши попередні дослідження, можна створити алгоритмічну модель впливу динамічних параметрів рудоподачі на обсяг виробництва концентрату (рис. 1).

Представлена модель визначення впливу динамічних параметрів рудоподачі на обсяг виробництва концентрату передбачає послідовний розрахунок значень функцій і показників і не може бути виражена однією формулою. Можна сказати, що описана модель впливу динамічних параметрів рудоподачі на вихід концентрату базується на

залежності, заданій алгоритмічно. Такі моделі досі рідко застосовуються в економіці, але вони знайшли своє застосування при побудові прогнозів, наприклад як в роботі [9].

В контексті процесу подачі руди на дроблення вибір конкретного виду функції спектральної щільності цього процесу $S_{0ij}(\omega)$ залежить від того, чи випадкові або детерміновані значення тривалості t і періоду T надходження рудопотоку, а також чи існує кореляційний зв'язок між

Етап 1. Визначення діапазону значень змінних моделі і кроку їх зміни

$$\tau_i = \tau_{min} + (1 - i) L, i = 1, \dots, n,$$

$$T_j = T_{min} + (1 - j) K, j = 1, \dots, m.$$

τ_i – i -те значення тривалості подачі руди, T_j – j -те значення періоду подачі руди, n – кількість значень змінної t , τ_{min} – мінімальне значення t в діапазоні, L – крок зміни значення змінної t в діапазоні, m – кількість значень змінної T , T_{min} – мінімальне значення T в діапазоні, K – крок зміни значення змінної T в діапазоні

Етап 2. Розрахунок дисперсії якості руди перед подачею її на збагачення

$$D_{ij} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} S_{ij}(\omega) d\omega,$$

$$S_{ij}(\omega) = S_{0ij} \cdot |K_{\partial}(i\omega)K_{\delta}(i\omega)|^2,$$

D_{0ij} – дисперсія, що відповідає i -тому значенню t і j -му значенню T .
 $S_{0ij}(\omega)$ – спектральна функція на вході накопичувальних бункерів, що відповідає i -тому значенню t і j -му значенню T .
 $S_{ij}(\omega)$ – функція спектральної щільності на вході збагачувальної фабрики, що відповідає i -тому значенню t і j -му значенню T .
 $|K_{\partial}(i\omega)K_{\delta}(i\omega)|$ – амплітудно-частотна характеристика бункеру і дробарної фабрики

Етап 3. Вибір значення дисперсії, що приймається в якості бази порівняння

$$D_{\alpha,u} = \max\{D_{1,1}, \dots, D_{nm}\}$$

$D_{\alpha,u}$ – дисперсія вмісту заліза в перероблюваній руді, що приймається в якості бази порівняння

Етап 4. Розрахунок виходу концентрату

$$\gamma_{ij} = \frac{\alpha \varepsilon_{ij} k_{\zeta}}{\beta}, \quad k_{ij}^2 = \frac{D_{ij}}{D_{\alpha,u}}, \quad \varepsilon_{ij} = 1 - k_{ij}^2 (1 - \varepsilon_u),$$

γ_{ij} – вихід концентрату з руди, що відповідає i -тому значенню t і j -му значенню T , α – середній вміст заліза в руді, k_{ζ} – коефіцієнт захвату немагнітного заліза, β – середній вміст заліза в концентраті, k_{ij} – коефіцієнт відносного зниження коливань вмісту заліза в руді, ε_{ij} – витяг заліза в концентрат, що відповідає коефіцієнту відносного зниження коливань вмісту заліза k_{ij} , ε_u – витяг заліза в концентрат, що приймається в якості бази порівняння, ε – витяг заліза в концентрат, що відповідає коефіцієнту відносного зниження коливань вмісту заліза k

Етап 5. Розрахунок обсягу виробництва концентрату

$$Q_{kij} = Q_p \gamma_{ij}$$

Q_{kij} – обсяг виробництва концентрату, що відповідає i -тому значенню t і j -му значенню T , Q_p – обсяг переробки руди.

Рис. 1. Алгоритмічна модель впливу динамічних параметрів рудоподачі на обсяг виробництва концентрату (загальний вигляд)

середніми значеннями вмісту заліза в руді різних партій. В даній статті розглядатимемо випадок рівномірної подачі руди однаковими за обсягами партіями. Однаковий обсяг партій вказує на те, що тривалість поставок також буде однакою. Тобто в даному процесі тривалість τ роботи по руді буде постійною величиною. Умова рівномірності також передбачає, що період надходження руди $T \in$ постійною величиною. За всіх означених умов, функція спектральної щільності матиме вигляд [10]:

$$S_0(\omega) = \frac{2\tau^2}{T} |g(\omega\tau)|^2 \cdot \left[\sigma^2 [1 + \psi(\omega)] + \frac{2\pi}{T} \alpha^2 \sum_{r=-\infty}^{\infty} \delta(\omega - \frac{2\pi r}{T}) \right], \quad (1)$$

$$|g(\omega\tau)|^2 = \frac{\sin^2 \frac{\omega\tau}{2}}{(\frac{\omega\tau}{2})^2}, \quad (2)$$

$$\psi(\omega) = 2 \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{p=1}^{2N} \left(1 - \frac{p}{2N+1}\right) R_p \cos p\omega T, \quad (3)$$

$$\delta(x) = \frac{du(x)}{dx}, \quad u(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0, \\ 0, & x < 0. \end{cases} \quad (4)$$

де τ – тривалість подачі руди;
 T – період подачі руди;
 σ – середньоквадратичне відхилення середнього вмісту заліза в руді;
 α – середня амплітуда імпульсів (середній вміст магнетитового заліза в руді);
 $u(x)$ – одиничний стрибок;
 N – загальна кількість поставок руди (кількість імпульсів);
 R_p – коефіцієнт кореляції середнього вмісту заліза в руді між партіях за номерами кратними n та j ($n - j = p$).

До розрахунку за ф. (1) прийматимемо лише такі значення коефіцієнту кореляції, що більше 0,5. Практичні міркування щодо розрахунку за ф. (1) вказують на необхідність обмеження кількості доданків. Окрім того, обмежений обсяг вибірки також не дозволяє розрахувати коефіцієнти кореляції для $p \rightarrow \infty$. Розглядатимемо коефіцієнти кореляції для $n_{\text{уп}}$ пар значень, де $n_{\text{уп}}$ – кількість поставок сировини за зміну. Тоді ф. (1) матиме наступний вигляд:

$$\psi(\omega) = 2 \sum_{p=1}^{n_{\text{уп}}} R_p \cos p\omega T. \quad (5)$$

Априорно можна сказати, що при наявності чіткої послідовності подачі руди з різних складів сировини або кар'єрів, спостерігатимуться високі значення коефіцієнтів кореляції для таких пар поставок, що відстають одна від одної на кількість поставок, котра кратна і/або дорівнює кількості складів сировини або кар'єрів.

Проаналізуємо модель впливу динамічних параметрів рудоподачі на обсяг виробництва концентрату для випадку рівномірної подачі партіями, середній вміст заліза в яких корелює. Розглянемо випадок, коли руда по-

дається із поступовим збільшенням її якості. Для цього у якості формули спектральної щільності $S_{0ij}(\omega)$ на другому етапі розрахунку використаємо ф. (1). Використаємо такі амплітудно-частотні характеристики, що запропоновані в роботі [8].

Для розрахунку впливу динамічних параметрів на обсяг виробництва концентрату використаємо найпростіший випадок процесу подачі руди дискретними партіями середній вміст заліза в яких корелює лише для двох послідовних поставок – ситуація, що може характеризувати подачу руди з одного джерела.

Розглянемо випадок, коли руда подається із наростанням її якості. Вхідні дані для розрахунків:

Коефіцієнти кореляції $R_1 a = 0,6$; $R_p a = 0$, $p = 2 \dots n_{\text{уп}}$.

Вміст загального магнетитового заліза в руді $a = 23\%$,

Середньоквадратичне відхилення вмісту заліза в руді $\sigma = 1,5\%$,

Коефіцієнт перетворення аперіодичної складової АЧХ дробарної фабрики $k_1 = 1$,

Коефіцієнт перетворення складової запізнення $k_1 = 2$,

Постійна часу для АЧХ дробарної фабрики $t_1 = 3$ год,

Постійна часу бункеру $T_6 = 6$ год.

Обсяг переробки руди до концентру $Q_p = 36526,7$ тис. т.,

Коефіцієнт захвату немагнітного заліза $k_c = 1,067$,

Вміст заліза в концентраті $\beta = 63,7\%$,

Витяг заліза в концентрат, що приймається в якості бази порівняння $\epsilon_u = 0,9442$.

Інформація щодо змінних моделі і діапазону їх значень для аналізу моделі:

Мінімальне значення тривалості подачі руди τ в діапазоні $\tau_{\text{min}} = 11$ хв.,

Крок зміни значення тривалості подачі руди τ в діапазоні $L = 1$ хв.,

Кількість значень тривалості подачі руди $\tau n = 20$,

Максимальне значення тривалості подачі τ в діапазоні $\tau_{\text{max}} = 30$ хв.,

Мінімальне значення періоду подачі руди T в діапазоні $T_{\text{min}} = 25$ хв.,

Крок зміни значення періоду подачі руди T в діапазоні $K = 5$ хв.,

Кількість значень періоду подачі руди T в діапазоні $m = 20$,

Максимальне значення періоду подачі T в діапазоні $T_{\text{max}} = 120$ хв.

Результати розрахунків за алгоритмічною моделлю впливу динамічних параметрів рудоподачі на обсяг виробництва концентрату в умовах рівномірної подачі руди, якість якої корелює для двох послідовних партій, представлені на рис. 2.

З графіку на рис. 2 видно, що обсяг виробництва залізрудного концентрату нелінійно залежить від періоду подачі руди – на діапазоні значень періоду подачі, що аналізувався, видно, як значення обсягу виробництва концентрату то спадають, то зростають. На вказаному діапазоні спостерігається три екстремальні значення обсягу виробництва: один локальний максимум (для $T = 70$ хв) і два мінімуми – в точках $T = 45$ хв і $T = 95$ хв. Характер впливу тривалості по-

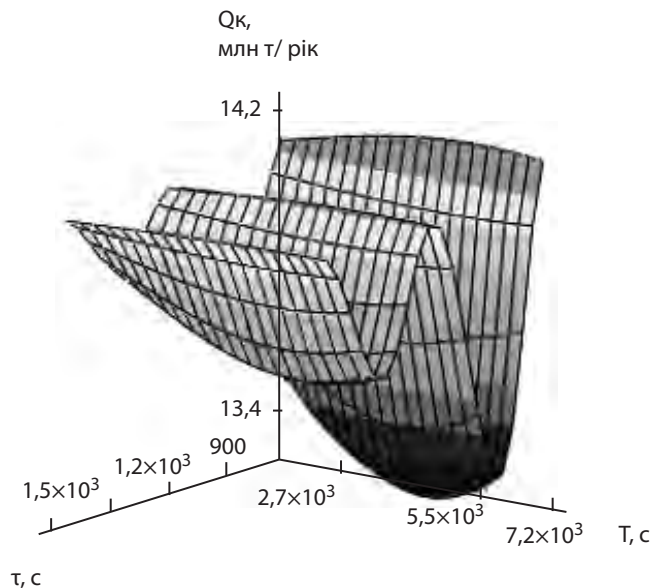


Рис. 2. Тривимірний графік впливу динамічних параметрів рудоподачі на обсяг виробництва концентрату в умовах рівномірної подачі руди, якість якої корелює для двох послідовних партій (пряма кореляція)

дачі руди на обсяг виробництва залізорудного концентрату, як видно з графіку на рис. 2, сильно залежить від тактового інтервалу надходження руди. Наприклад, для значення $T = 95$ хв., вплив тривалості подачі руди на обсяг виробництва має нелінійний характер з екстремумом (мінімум), а для значення $T = 25$ хв. спостерігається вже зворотній, хоча і не дуже сильно виражений, вигляд залежності із максимумом.

Розглянемо випадок, коли руда подається із поступовим зниженням її якості. Для кращого розуміння такого впливу організації рудоподачі, також розглядатимемо кореляцію лише між якістю двох послідовних поставок. Коefіцієнти кореляції $R_1, a = -0,6$; $R_p, a = 0$, $p = 2 \dots n_{\text{уп}}$. Використаємо ті ж самі вхідні дані і діапазон значень змінних моделі, що і в попередніх розрахунках.

Результати розрахунків за алгоритмічною моделлю впливу динамічних параметрів рудоподачі на обсяг виробництва концентрату в умовах рівномірної подачі руди, якість якої лінійно знижується для двох послідовних партій, представлені на рис. 3.

Із графіків на рис. 3. видно, що при зворотній кореляції якості руди, загальний характер залежностей зберігається, тобто динамічні параметри постачань на обсяг виробництва залізорудного концентрату при подачі руди із послідовним зниженням якості впливають нелінійно. Наприклад, при періоді подачі руди $T = 5700$ с (95 хв.) або $T = 2700$ с (45 хв.), тривалість роботи по руді не впливає на обсяг виробництва, який складає 14,08 млн т/рік.

Для порівняння двох випадків організації рудоподачі, зафіксуємо декілька значень тривалості подачі руди і відобразимо графічно вплив періоду її подачі на обсяг виробництва залізорудного концентрату для умов лінійного підвищення та зниження вмісту заліза в сировині. Відповідний графік представлено на рис. 4.

Як бачимо із графіку на рис. 4, значення максимумів обсягу виробництва ($Q_k \approx 14,8$ млн т/рік) при прямій кореляції на відрізках, що аналізуються, досягаються для $T \approx 50$ хв. і $T = 95$ хв. Характерно, що в точці, в якій досягається локальний максимум ($T = 70$ хв.) лінії, що відображають обсяг виробництва концентрату при різних значеннях тривалості подачі пересікаються. Це означає, що обсяг виробництва концентрату при періодичності подачі руди в 70 хв. майже не залежить від тривалості подачі руди і становить ≈ 14 млн т/рік. В таких значеннях періоду подачі руди, що відповідають мінімумам значень обсягів поставок ($T = 45$ хв. і $T = 95$ хв.), спостерігаються найбільші на всьому діапазоні значення розходження результуючого фактору для різних значень тривалості подачі руди. Графік на рис. 4 демонструє наявність ще одного екстремуму – мінімального значення обсягів виробництва при $T = 70$ хв. Конкретне значення обсягу виробництва при тактовому інтервалі 70 хв. залежить від значення тривалості подачі руди τ : для $\tau = 11$ хв., $Q_k \approx 13,96$ млн т/рік, а для $\tau = 25$ хв. – на 1% менше – $Q_k \approx 13,81$ млн т/рік.

Порівнюючи криві, що відображають залежності обсягу виробництва від періоду надходження руди для випадків прямої і зворотної кореляцій на рис. 4, можна зробити висновок, що значення періоду подачі руди, для якого досягається максимум обсягу виробництва при наростанні якості сировини, що доставляється, відповідає мінімальному значенню об'єму виробництва при організації подачі руди, вміст заліза в якій лінійно спадає.

Порівняння результатів моделювання для випадків прямої і зворотної кореляції дозволяє виявити, що найвищий обсяг виробництва концентрату визначаються тільки одним динамічним параметром – періодом подачі руди. Якщо тривалість подачі руди відхиляється від значення, при якому забезпечується найбільший обсяг виробництва, цей еконо-

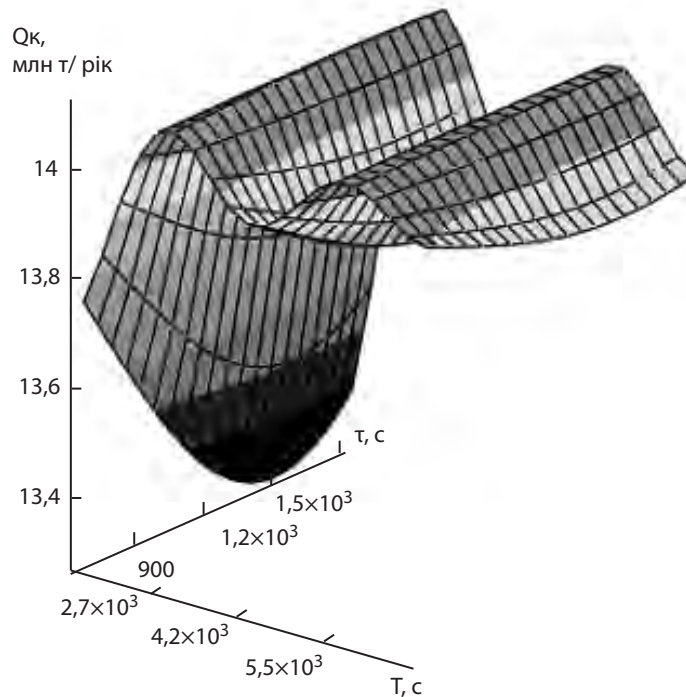


Рис. 3. Тривимірний графік впливу динамічних параметрів рудоподачі на обсяг виробництва концентрату в умовах рівномірної подачі руди, якість якої корелює для двох послідовних партій (зворотна кореляція)

Обсяг виробництва концентрату, т/рік,

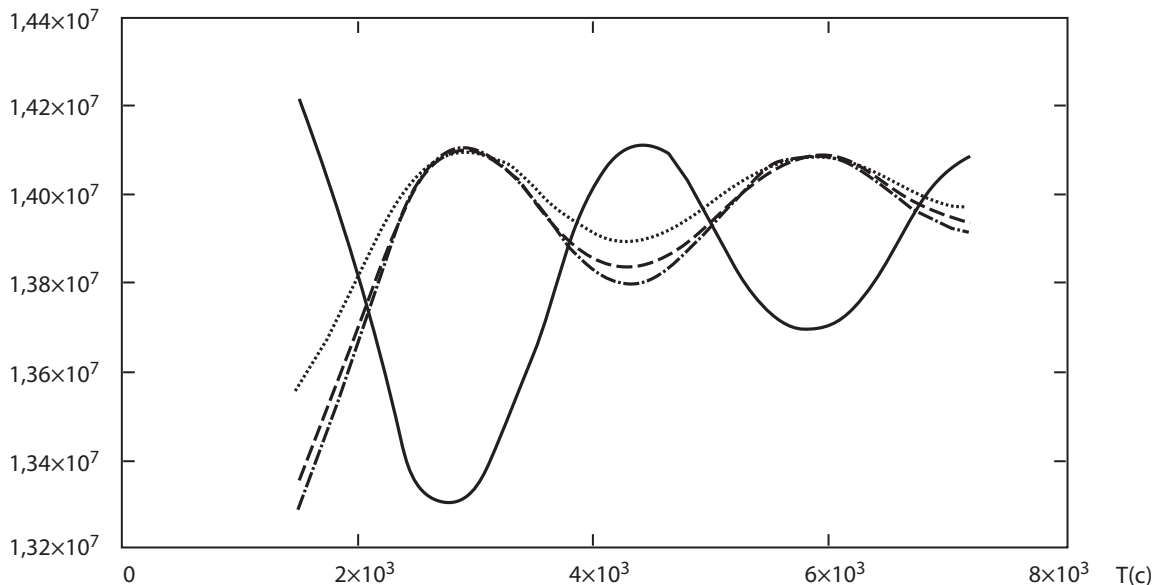


Рис. 4. Вплив періоду подачі руди на обсяг виробництва залізорудного концентрату в умовах рівномірної подачі руди, якість якої корелює для двох послідовних партій: 1 – розрахований вплив періоду подачі на обсяг виробництва при $R_1 a = -0,6$ при $\tau = 900$ с (15 хв.); 2 – розрахований вплив періоду подачі на обсяг виробництва при $R_1 a = -0,6$ при $\tau = 1200$ с (20 хв.); 3 – розрахований вплив періоду подачі на обсяг виробництва при $R_1 a = -0,6$ при $\tau = 1500$ с (25 хв.); 4 – розрахований вплив періоду подачі на обсяг виробництва при $R_1 a = 0,6$ при $\tau = 1500$ с (25 хв.).

мічний показник діяльності підприємства починає піддаватися впливові другого динамічного параметру – тривалості подачі руди. І чим сильніше в сторону досягнення значення найнижчого обсягу виробництва залізорудного концентрату відхиляється значення періоду подачі руди, тим більше на обсяг виробництва впливає тривалість її подачі.

Окрім описаних випадків рудопостачання, при яких якість заліза в руді корелює між двома послідовними партіями можливі ситуації, коли середній вміст заліза корелює одразу для декількох партій.

З формули 5 видно, що при наявності одночасно позитивних і від'ємних значень коефіцієнтів кореляції для

різних p , такі два характери лінійного впливу будуть один одного перекривати при розрахунку спектральної щільності за ф. (1). Для такого випадку, розраховуючи обсяг виробництва за представленою моделлю, використовувати формулу (1) має сенс за умови:

$$\left| \sum R^+ + \sum R^- \right| > 0,5, \quad (6)$$

де $\sum R^+$ – сума всіх позитивних значень коефіцієнтів кореляції;

$\sum R^-$ – сума всіх від'ємних значень коефіцієнтів кореляції.

Якщо умова (6) не виконується, доцільно вважати організацію подачі руди такою, в якій відсутній статистичний зв'язок між середніми вмістами заліза в сировині різних партій.

Обсяг виробництва впливає на основні економічні показники виробничої діяльності підприємства. За умов, що підприємство реалізує весь обсяг виготовленого концентрату і він не є піддакцизним товаром, а гірничозбагачувальне підприємство за період не здійснює вирахувань з доходу, дохід від реалізації залізородного концентрату можна представити формулою:

$$D_k = \beta \cdot u_0 \cdot Q_k, \quad (7)$$

де u_0 – ціна одного відсотку заліза в тонні концентрату.

Використовуючи ф. (7), а також модель розрахунку впливу динамічних параметрів рудоподачі на обсяг виробництва продукції можна розрахувати значення цього економічного результату діяльності підприємства в за-

лежності від тривалості та періоду подачі руди. Оцінити прибуток гірничозбагачувального підприємства можна за формулою:

$$P = D_k - C_k \cdot Q_k. \quad (8)$$

$$C_k = \frac{C_p \cdot Q_p}{Q_k}, \quad (9)$$

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

Використовуючи ф. (7)–(9), а також модель розрахунку впливу динамічних параметрів рудоподачі на обсяг виробництва продукції можна розрахувати значення цього економічного результату діяльності підприємства в залежності від тривалості та періоду подачі руди. Результати розрахунку доходу і прибутку підприємства в залежності від періоду подачі руди для різних видів організації рудоподачі представлено на рис. 5.

Загальний характер залежностей доходу і прибутку від параметрів рудопостачання, для кожного виду організації рудоподачі повністю ідентичний залежностям обсягу виробництва від цих же параметрів, що також впливає із загального виду формул (7) і (8).

Значення періоду подачі руди, для якого досягається максимум доходу і прибутку підприємства при прямій кореляції відповідає значенню мінімуму цих економічних результатів при оберненій кореляції. Теж саме твердження справедливо і для мінімуму доходу і прибутку при прямій кореляції.

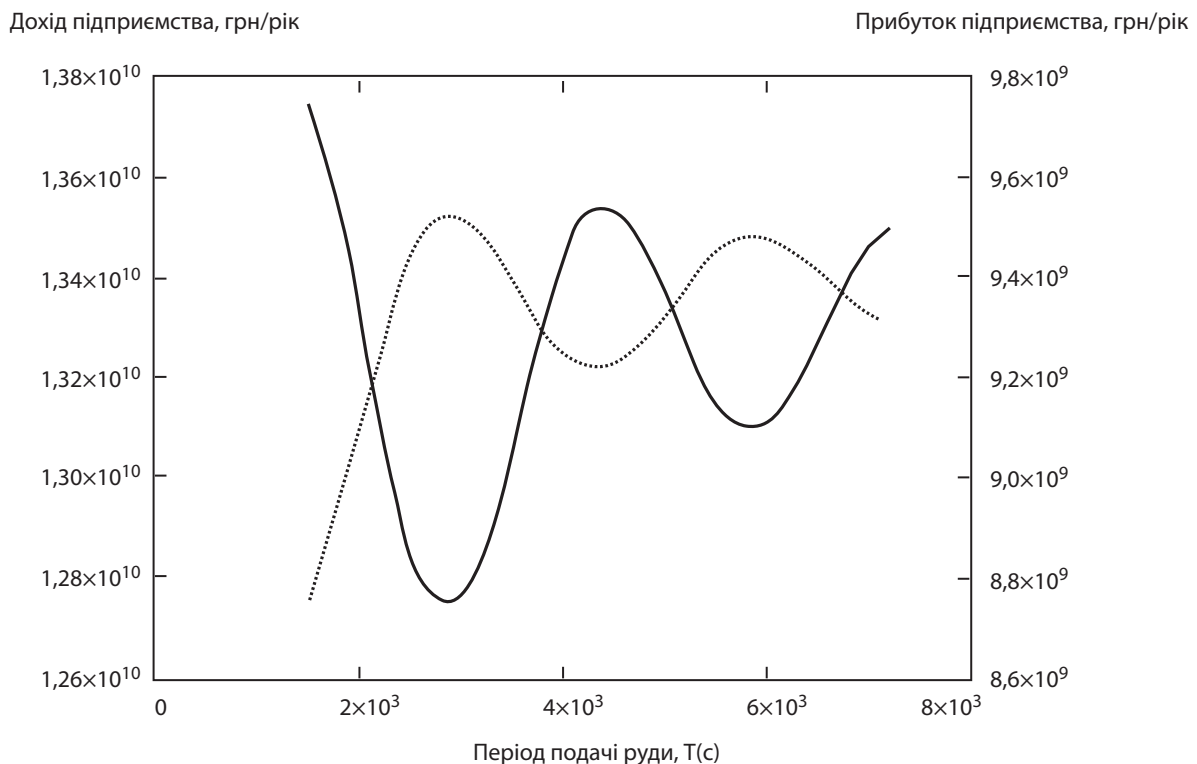


Рис. 5. Графік впливу періоду подачі на чистий дохід і прибуток підприємства від реалізації залізородного концентрату при прямій (лінія 1) і зворотній (лінія 2) кореляції

Порівнюючи результати, отримані вище, із тими, що були отримані раніше в роботі [8], з позиції забезпечення максимуму прибутку, не можна виділити загально-рекомендованого рівня динамічних параметрів рудоподачі або загальнорекомендованої організації порядку поставок сировини щодо підтримки лінійного наростання, зниження або відсутності залежності якості руди послідовних партій.

Висновок. Аналіз результатів моделювання випадків подачі руди із лінійним наростанням та зниженням середнього вмісту заліза в руді показав, що значення періоду подачі руди, для якого досягається максимум обсягу виробництва, доходу і прибутку підприємства при наростанні якості сировини, що доставляється, відповідає мінімальному значенню об'єму виробництва при аналогічній організації подачі руди, вміст заліза в якій лінійно спадає.

Було виявлено, що на відміну від організації рудоподачі, при якій якість руди партії статистично не пов'язана

із якістю руди попередньої або наступних партій, при надходженні сировини поставками, якість яких корелює, найвищий обсяг виробництва концентрату, а відповідно, і найвищі показники доходу і прибутку, визначаються тільки одним динамічним параметром – періодом подачі руди. Якщо період подачі руди відхиляється від значення, що відповідає умовному максимуму, цей економічний показник діяльності підприємства починає піддаватися впливові другого динамічного параметру – тривалості подачі руди. І чим сильніше в сторону досягнення значення найнижчого обсягу виробництва залізородного концентрату відхиляється значення періоду подачі руди, тим більше на обсяг виробництва впливає тривалість її подачі.

Отримані залежності основних економічних показників збагачення для різних видів організації рудоподачі. Перспективи дослідження полягають у розробці методики визначення оптимальних параметрів організації рудоподачі.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Everett J. E. Iron ore handling procedures enhance export quality / J. E. Everett // *Interfaces*. – 1996. – vol. 26, N 6. – P. 82–94.
- 2 Everett J. Simulation to reduce variability in iron ore stockpiles / J. Everett // *Mathematics and Computers in Simulation*. – 1997. – N. 43. – P. 563–568.
- 3 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.
- 4 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.
5. 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.
6. Гроневельд Б. Гибкое проектирование карьера с учетом неопределенностей / Б. Гроневельд, Э. Топал // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. – 2011. – №2. – С. 78–93.
7. Кочура Є. В. Залежність собівартості залізородного концентрату від динамічних параметрів рудопотоку на виході кар'єру / Є. В. Кочура, І. А. Белкіна // *Науковий вісник Національного гірничого університету. Тематичний випуск економіко-правові умови діяльності підприємств*. – 2011. – С. 16–21.
8. Белкина И. А. Оценка влияния динамических параметров процесса подачи руды на доход и прибыль предприятия от реализации концентрата / И. А. Белкина // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. – 2013. – № 4(51). – С. 130–134.
9. Раєвнева О. В. Модель прогнозування градієнта розвитку машинобудівного підприємства ПуАТ «Харвест» / О. В. Раєвнева, А. С. Середа // *Вісник Донецького університету [сер. В]: економіка і право [спецвипуск]*. – 2011. – Т.2. – С. 226–230.
10. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Кн. 1 / Левин Б. Р. – М.: Советское радио, 1969. – 752 с.

REFERENCES

- Bodon, P., Frike, K., and Sandeman, T. "Modelirovanie sistemy postavok rudy ot karera do porta: kombinirovanny optimizatsionno-modeliruiushchiy pokhod" [Simulation system supplies ore from the quarry to the port: a combined optimization-modeling campaign]. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*, no. 2 (2011): 68-77.
- Belkina, I. A. "Otsenka vliianiia dinamicheskikh parametrov protsessa podachi rudy na dokhod i pribyl predpriiatiia ot realizatsii kontsentrata" [Assessing the impact of the dynamic parameters of the process the ore supply on income and business profits from the sale of concentrate]. *Aktualnye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*, no. 4 (51) (2013): 130-134.
- Everett, J. E. "Iron ore production scheduling to improve product quality" *European Journal of Operational Research*, no. 129 (2001): 355-361.
- Everett, J. E. "Simulation Modeling of an Iron Ore Operation to Enable Informed Planning" *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, no. 5 (2010): 101-114.
- Everett, J. E. "Iron ore handling procedures enhance export quality" *Interfaces* vol. 26, no. 6 (1996): 82-94.
- Everett, J. "Simulation to reduce variability in iron ore stockpiles" *Mathematics and Computers in Simulation*, no. 43 (1997): 563-568.
- Gronoveld, B., and Topal, E. "Gibkoe proektirovanie karera s uchedom neopredelennostey" [Flexible design career within the uncertainties]. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*, no. 2 (2011): 78-93.
- Kochura, Ye. V., and Bielkina, I. A. "Zalezhnist sobivartosti zalizorudnogo kontsentrata vid dynamichnykh parametrov rudopotoku na vykhodi kar'ieru" [The dependence of the cost of iron ore concentrate from the dynamic parameters of the output rudopotoku career]. In *Ekonomiko-pravovi umovy diialnosti pidpriemstv*, 16-21. : *Naukovy visnyk NHU*, 2011.
- Levin, B. R. *Teoreticheskie osnovy statisticheskoy radiotekhniki* [Theoretical foundations of statistical radio engineering]. Moscow: Sovetskoe radio, 1969.
- Raievnieva, O. V., and Sereda, A. S. "Model prohnouzuvannia hradiienta rozvytku mashynobudivnoho pidpriemstva PuAT «Harvest»" [Model prediction of the gradient of building enterprise OJSC "Harvest"]. *Visnyk DonNU. Ekonomika i pravo* vol. 2 (2011): 226-230.