

Кочура Денис Віталійович,  
аспірант, Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Kochura Denys, PhD student,  
Dnipro University of Technology,  
<https://orcid.org/0000-0002-1639-6578>

## ОЦІНКА ВИКОНАННЯ ПЛАНУ ТА РИТМІЧНОСТІ ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ ДРОБАРНОЇ ФАБРИКИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ASSESSING THE IMPLEMENTATION OF THE PLAN AND THE RHYTHM OF PRODUCTION OF THE CRUSHER BASED ON THE DYNAMICS OF POWER CONSUMPTION

Кочура Д. В. Оцінка виконання плану та ритмічності випуску продукції дробарної фабрики за показниками динаміки електроспоживання. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2024. Том 9. № 1. С. 189 – 194.

Kochura D. Assessing the implementation of the plan and the rhythm of production of the crusher based on the dynamics of power consumption. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*. 2024. Volume 9. № 1, pp. 189 – 194.

Актуальність дослідження обумовлена зростаючою цікавістю до розроблення та впровадження ефективних стратегій місцевого розвитку, що включають комплексні заходи з формування і розвитку фінансово-економічного потенціалу територіальних громад. В умовах змінних економічних реалій і викликів сучасності досвід ЄС є надзвичайно важливим для формування адаптивних і інноваційних моделей розвитку, здатних забезпечити довгострокову життєздатність і процвітання місцевих громад. Метою дослідження є підвищення оперативності діагностики внутрішньозмінної погодинної аритмічності випуску продукції дробарної фабрики, що дає можливість оперативно управляти ритмічністю випуску продукції в процесі виробництва. У статті розроблено оперативні методи визначення ритмічності та виконання плану виробництва продукції дробарних фабрик шляхом аналізу внутрішньозмінних погодинних діаграм електричного навантаження технологічного обладнання. Показано, що наявні методи оцінювання ритмічності виробництва дозволяють зробити висновки тільки після випуску продукції. На основі теорії дроблення корисних копалин і методів аналізу електричних навантажень в теорії електропостачання промислових підприємств встановлено зв'язок між показниками аритмічності випуску продукції та аритмічністю електроспоживання. Запропоновані методики оцінювання ритмічності дозволяють оцінити процес виконання плану і ритмічність виробництва до моменту відвантаження готової продукції. Розроблено методи непрямого оцінювання ритмічності та виконання плану виробництва продукції за показниками динаміки електроспоживання дробарної фабрики. Розроблена методика оперативного оцінювання ритмічності виробництва та виконання плану випуску продукції дробарної фабрики дозволяє знизити витрати електроенергії на дроблення руди та підвищити економічну ефективність роботи дробарних фабрик.  
**Ключові слова:** ритмічність виробництва, дробарні фабрики, енергоспоживання, економіка підприємства, гірничо-транспортний комплекс, енергозбереження.

The relevance of this study is driven by the growing interest in developing and implementing effective local development strategies that encompass comprehensive measures for the formation and development of the financial-economic potential of territorial communities. In the context of changing economic realities and contemporary challenges, the EU experience is significant for creating adaptive and innovative development models capable of ensuring local communities' long-term viability and prosperity. The article aims to increase the efficiency of diagnosing the intra-shift hourly arrhythmia of crusher product output, making it possible to manage the rhythm of product output during production quickly. The article discusses the methodology for assessing the implementation of the plan and the rhythm of production of the crusher based on the dynamics of power consumption. Existing methods for assessing the rhythm and implementation of the production plan involve assessing the rhythm and fulfilling the plan over a sufficiently long period (days, months, years) after the end of the production process and calculating the volume of products produced. However, for operational production management, it is necessary to evaluate the rhythm and implementation of the plan in the production process, considering hourly and intra-shift operating modes. To substantiate the method for assessing the implementation of the production plan based on indicators of arrhythmicity of power consumption, proven methods for measuring and economic analysis of the rhythmicity of product production were used. The connection between indicators of arrhythmia in output and in power consumption was established based on the theory of crushing minerals and methods of analysing electrical loads in the power supply theory to industrial enterprises. Operational methods have been developed to determine the rhythm and fulfilment of the production plan for fractional factories by analysing intra-shift hourly diagrams of the electrical load of technological equipment. It is shown that existing methods for assessing production rhythm allow us to conclude only after the release of products. The proposed methods for assessing rhythm allow us to evaluate the process of implementing the plan and the production rhythm during the production process by the time of shipment of the finished product. For the first time, methods have been developed to indirectly assess the rhythm and implementation of the production plan based on the dynamics of the factory's power consumption. The developed methodology for quickly assessing the production rhythm and fulfilling the crusher's production plan allows us to reduce energy costs for ore crushing and increase the economic efficiency of crushing factories.

**Keywords:** rhythm of production, crushers, energy consumption, enterprise economics, mining and transport complex, energy saving.

### Вступ

Під ритмічністю виробничого процесу розуміють точне виконання передбачених планом завдань у кожному відрізку часу. Організація ритмічності роботи гірничорудного підприємства – це один з можливих шляхів підвищення економічної ефективності. Для впровадження заходів з покращення ритмічності виробництва необхідно оперативно отримувати інформацію про рівень ритмічності, виявляти обставини, що порушують ритмічність і своєчасно їх усувати. Наявні методи оцінювання ритмічності та виконання плану виробництва продукції передбачають оцінювання ритмічності та

© Кочура Денис Віталійович, 2024

виконання плану за досить довгий період (добу, місяць, рік). Таке оцінювання роблять після випуску та підрахунку обсягу виробленої продукції. Але для оперативного управління виробництвом потрібно оцінювати ритмічність і виконання плану в процесі виробництва з урахуванням погодинних і внутрішньозмінних режимів роботи. Науковою проблемою є підвищення оперативності оцінювання ритмічності роботи дробарної фабрики та гірничо-транспортного комплексу.

Організація обліку енерговитрат на підприємствах гірничорудної галузі та впровадження автоматизованих систем обліку енерговитрат висвітлені в роботі [3]. Методи розрахунків показників ритмічності підприємств розглянуті в роботах [4; 5]. Поширені методи оцінювання ритмічності виробництва дозволяють діагностувати ступінь ритмічності або аритмічності виробництва тільки на основі точно визначеного обсягу випущеної продукції за достатньо великий відрізок часу, але не дозволяють оперативно оцінювати ритмічність у процесі виробництва, наприклад, погодинну внутрішньозмінну ритмічність.

### Формулювання цілей статті

Метою статті є підвищення оперативності діагностики внутрішньозмінної погодинної аритмічності випуску продукції дробарної фабрики, що дає можливість оперативно управляти ритмічністю випуску продукції в процесі виробництва.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Для розрахунку коефіцієнтів аритмічності виробництва використовують значення фактичного та планового випуску продукції. Наприклад, показник аритмічності випуску продукції розраховується за формулою:

$$\eta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{V_{i\phi}}{V_{i\text{пл}}} - 1 \right|, \quad (1)$$

де  $V_{i\phi}$ ,  $V_{i\text{пл}}$  – відповідно фактичний і плановий обсяг продукції за кожний  $i$ -й відрізок часу;  $n$  – число відрізків часу.

Для управління процесом виробництва необхідно оперативно контролювати ритмічність виробництва, щоб своєчасно вживати заходи, коли ритмічність виробництва порушується. Розрахунок за формулою (1) дозволяє констатувати факт ритмічності випуску продукції у минулому. Цей метод передбачає підрахунок обсягу продукції після закінчення процесу її виготовлення.

Обґрунтуємо оперативний метод визначення ритмічності виробництва за динамікою електроспоживання, враховуючи залежність електричної енергії, що споживається, від питомих витрат електроенергії на одиницю випущеної продукції.

Розглянемо технологічну схему дробарної фабрики (рис. 1).

Обсяг продукції, що виробляється дробарною фабрикою, електрична енергія та активна потужність, що споживається, пов'язані між собою співвідношенням:

$$E = P \cdot \Delta t = V \cdot q, \quad (2)$$

де  $E$  – електрична енергія, що витрачається на дроблення руди, [кВт·год];  $q$  – питомі витрати електроенергії на виробництво 1 т дробленої руди,  $\left[ \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}} \right]$ ;  $\Delta t$  – період часу [год];  $P$  – активна потужність [кВт];  $V$  – обсяг продукції [м].

З формули (1) видно, що обсяг продукції, що виробляється дробарною фабрикою, можна оцінити за показниками спожитої електричної енергії  $E$  та питомих витрат електроенергії  $q$ , тобто:

$$V = \frac{E}{q}, \quad (3)$$

За необхідності контролю випуску продукції за активною потужністю, що споживається, можна використати формулу:

$$V = \frac{P \cdot \Delta t}{q}, \quad (4)$$

Підставивши у формулу (1) співвідношення (4), одержимо:

$$\eta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{P_{i\phi} \cdot \Delta t}{q} : \frac{P_{i\text{пл}} \cdot \Delta t}{q} - 1 \right| = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{P_{i\phi}}{P_{i\text{пл}}} - 1 \right|, \quad (5)$$

де  $P_{i\phi}$ ,  $P_{i\text{пл}}$  – відповідно фактична та планова активна потужність, що споживається дробарною фабрикою.

Тобто для розрахунку показників ритмічності та аритмічності виробництва продукції дробарної фабрики замість показників фактичних і планових обсягів дробленої руди можна використовувати показники динаміки електроспоживання: електричну енергію або електричну потужність  $P$ .

Відділ енергетики на підприємствах контролює і вивчає графік електричних навантажень. На рис. 2 наведено приклад добового графіку електричних навантажень, що визначає у часі динаміку та ритмічність електроспоживання.

Основні формули для розрахунку:

$$P_{\text{пл}} = q \cdot V_{\text{пл}}; \quad P_{\phi} = q \cdot V_{\phi}; \quad \Delta P = P_{\phi} - P_{\text{пл}}. \quad (6)$$

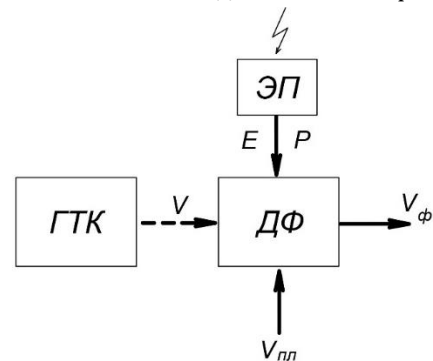


Рис. 1. Технологічна схема дробарної фабрики

ГТК – гірничо-транспортний комплекс; ДФ – дробарна фабрика; ЕП – електрична підстанція;  $V$  – обсяг руди, що постачається ГТК;  $V_{\phi}$  – фактичний обсяг продукції дробарної фабрики;  $V_{\text{пл}}$  – плановий обсяг продукції дробарної фабрики;  $P$  – електрична активна потужність, що споживається дробарною фабрикою;  $E$  – електрична енергія. Джерело: побудовано автором.

Ураховуючи методику розрахунку показників аритмічності випуску продукції і формулу (4), одержимо число аритмічності споживання електроенергії:

$$\eta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{P_{\phi i}}{P_{\text{плі}}} - 1 \right|, \quad (7)$$

де  $n$  – кількість інтервалів, у нашому випадку  $n = 24$ .

Розкладемо загальне число аритмічності на дві складові, одна з яких визначає середнє позитивне відхилення активної потужності, що показує ступінь перевиконання плану, а друга – середнє негативне відхилення активної потужності, що показує ступінь недовиконання плану.

Позитивне число аритмічності споживання електроенергії та виконання плану випуску продукції:

$$\eta_+ = \frac{1}{n_+} \sum_{i=1}^{n_+} \left( \frac{P_{\phi i}^+}{P_{\text{плі}}^+} - 1 \right), \quad (8)$$

де  $n_+$  – число позитивних або кульових відхилень;  $P_{\phi i}^+$  – фактичні значення активної потужності в інтервалах, коли було виконання або перевиконання планових завдань;  $P_{\text{плі}}^+$  – планові завдання в інтервалах, коли було виконання або перевиконання завдань або норм.

Негативне число аритмічності електроспоживання та виконання плану випуску продукції:

$$\eta_- = \frac{1}{n_-} \sum_{i=1}^{n_-} \left| 1 - \frac{P_{\phi i}^-}{P_{\text{плі}}^-} \right|, \quad (9)$$

де  $n_-$  – число негативних відхилень;  $P_{\phi i}^-$  – фактичне значення активної потужності за інтервали часу, коли планові завдання не були виконані;  $P_{\text{плі}}^-$  – планові завдання за відрізки часу, коли планові завдання не використовувались.

Велике значення для характеристик ритмічності виконання плану має коефіцієнт аритмічності електроспоживання, що розраховується за формулою:

$$K_{\text{ар}} = \frac{\eta_+ \cdot n_+}{\eta_- \cdot n_-}. \quad (10)$$

За числовими значеннями коефіцієнта аритмічності можна робити висновки про виконання плану за період, що вивчається. Якщо  $K_{\text{ар}} = 0$ , то протягом усього періоду план виконувався на 100%. За умови  $0 < K_{\text{ар}} < 1$  за період, що розглядається, план не виконано. Якщо  $1 < K_{\text{ар}} < \infty$ , то план перевиконано.

Враховуючи зв'язок між обсягом виробленої продукції та активною потужністю, що була спожита під час виробництва (4), ритмічність випуску продукції дробарної фабрики можна оцінити за допомогою коефіцієнта варіації графіка електричних навантажень дробарної фабрики (рис. 3).

Коефіцієнт ритмічності:

де  $K_v$  – коефіцієнт варіації коливань активної потужності.

де  $\delta_p$  – середнє квадратичне відхилення коливань активної потужності;  $\bar{P}$  – середнє арифметичне значення варіаційного ряду коливань активної потужності, що повинно дорівнювати плановому значенню  $P_{\text{пл}}$ .

де  $D$  – дисперсія коливань активної потужності:

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_{\phi i} - P_{\text{пл}})^2, \quad (14)$$

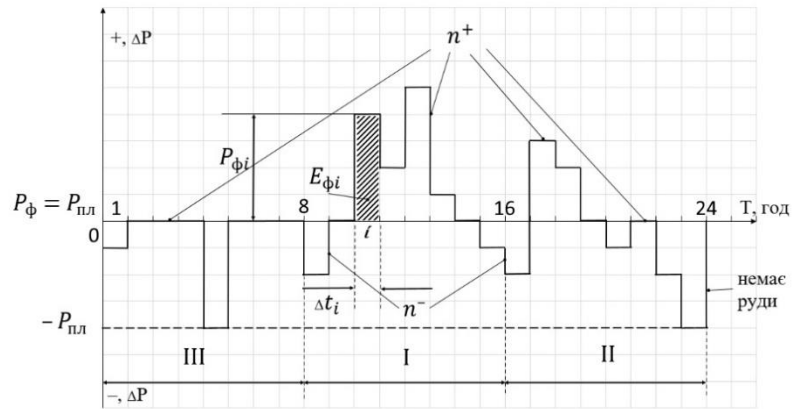


Рис. 2. Графік електричних навантажень дробарної фабрики.

$\Delta P$  – відхилення фактичного значення електричної потужності від планового або нормативного значення;  $T$  – час спостереження;  $i$  – номер інтервалу спостереження;  $\Delta t_i = 1$  год. – інтервал спостереження; I, II, III – номери робочих змін;  $E_{\phi i}$  – фактичне значення електричної енергії, що споживається за 1 год.;  $P_{\phi i}$  – фактичне значення електричної активної потужності, що споживається за 1 год.;  $P_{\text{пл}}$  – нормативне або планове значення активної потужності;  $n_+$  – кількість інтервалів, під час яких фактичне значення активної потужності перевищує або дорівнює плановим значенням;  $n_-$  – кількість інтервалів, під час яких фактичне значення активної потужності менше за планове або нормативне значення. Джерело: побудовано автором.

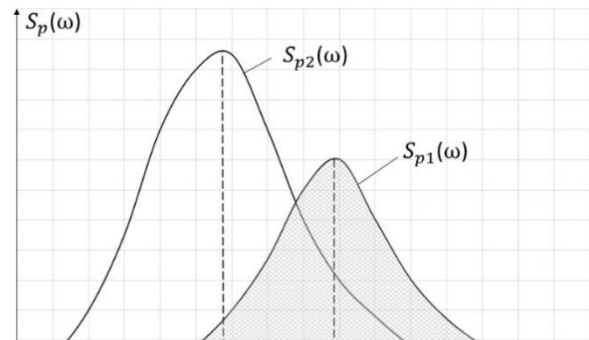


Рис. 3. Спектральні щільності активної потужності, що споживаються дробарною фабрикою

$S_{P1}(\omega)$  – спектральні щільності коливань активної потужності в літній період;  $S_{P2}(\omega)$  – спектральна щільність коливань активної потужності в зимовий період;  $\omega_n, \omega_v$  – нижні та верхні частоти коливань активної потужності;  $\omega_1, \omega_2$  – резонансні частоти в літній і зимовий періоди. Джерело: побудовано автором.

$$K_p = 1 - K_v, \quad (11)$$

$$K_p = \frac{\delta_p}{\bar{P}}, \quad (12)$$

$$\delta = \sqrt{D}, \quad (13)$$

За рівномірного виробництва значення коефіцієнта варіації наближається до 0, а коефіцієнт ритмічності до 1. За спектральною щільністю активної потужності можна оцінити періоди постачання руди на дробарну фабрику гірничо-транспортним комплексом. На рис. 3 наведені спектральні щільності активної потужності, що споживаються дробарною фабрикою влітку та у зимовий період.

Виходячи з того, що  $\omega = 2\pi f$ ,  $f = \frac{\omega}{2\pi}$ ,  $T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$ , можна визначити середні значення періодів постачання руди гірничо-транспортним комплексом влітку  $T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}$  та взимку  $T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2}$ .

Зрозуміло, що  $T_1 < T_2$ , тобто взимку період постачання руди більший ніж влітку, а дисперсія коливань активної потужності більша:

де  $D_{P1}$  – дисперсія коливань активної потужності влітку;

де  $D_{P2}$  – дисперсія коливань активної потужності взимку.

Можна оцінити ритмічність роботи дробарної фабрики влітку та взимку.

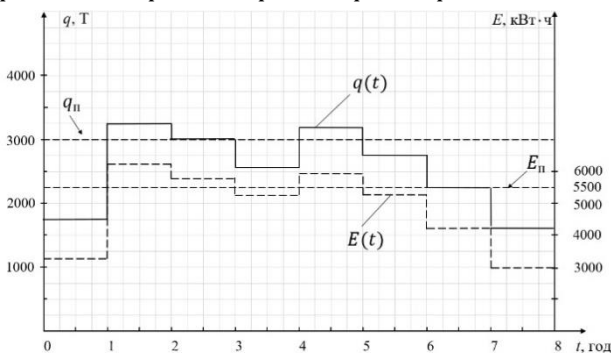
Коефіцієнт ритмічності влітку:

$$K_{P1} = 1 - \frac{\sqrt{D_1}}{P}, \quad (18)$$

Коефіцієнт ритмічності взимку

$$K_{P2} = 1 - \frac{\sqrt{D_2}}{P}, \quad (19)$$

Зрозуміло, що  $K_{P1} > K_{P2}$ , тобто ритмічність роботи гірничо-транспортного комплексу влітку краща, ніж взимку. Значення коефіцієнтів ритмічності випуску продукції дробарної фабрики можна розраховувати за будь-який період спостережень: годину, зміну, добу, місяць. Це залежатиме від періоду спостережень та інтервалу квантування. Згідно з теоремою Найквіста-Шеннона, якщо спектр обмежений максимальною частотою, то частота відліків повинна бути у два рази більша, щоб не втратити інформацію для відновлення сигналу. Після виявлення порушень ритмічності потрібно провести аналіз виробництва, знайти причину та впровадити заходи щодо покращення ритмічності роботи гірничо-транспортного комплексу.



**Рис. 4. Графіки погодинного постачання руди  $q(t)$  гірничо-транспортним комплексом та електричного споживання дробарної фабрики  $E(t)$**   
Джерело: побудовано автором.

**Таблиця 1 Експериментальні дані**

Години зміни	$q, T$	$E, \text{кВт}\cdot\text{год}$	Години зміни	$q, T$	$E, \text{кВт}\cdot\text{год}$
1	1750	3237	5	3200	5950
2	3250	6040	6	2800	5152
3	3040	5650	7	2140	4055
4	2570	4857	8	1700	2975

Джерело: складено автором.

Виконаємо експериментальне дослідження методу оцінювання аритмічності роботи гірничо-транспортного комплексу за динамікою електроспоживання дробарної фабрики. Для цього використаємо експериментальні дані, одержані групою проф. Марюти А. Н. за журналами оперативно-диспетчерської служби та головного енергетика Інгулецького ГЗК (табл. 1), які ми обробили за новою методикою.

У табл. 1 наведені результати обстеження погодинного постачання руди з кар'єру на дробарну фабрику  $q, m$ , і погодинні витрати електричної енергії дробарної фабрики  $E, \text{кВт}\cdot\text{год}$ .

За результатами табл. 1 побудовані графіки погодинного виробничого навантаження з дроблення руди  $q(t)$  та графіки електричних навантажень дробарної фабрики (рис. 4). На підставі експериментальних даних табл. 1 виконано

розрахунок ритмічності гірничо-транспортного комплексу за показниками обсягу виробництва (табл. 2).

**Таблиця 2. Дані для розрахунку ритмічності роботи ГТК за показниками обсягу виробництва**

Показники	Години робочої зміни							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Плановий обсяг $V_n, T$	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Фактичний обсяг $V_\phi, T$	1750	3250	3040	2570	3200	2800	2140	1700
Відносне відхилення, $\Delta V = \frac{V_\phi - V_n}{V_n}$	-0,417	0,083	0,013	-0,143	0,067	-0,067	-0,287	-0,43

Джерело: складено автором.

Позитивне число аритмічності:

$$\eta_+ = \frac{0,083 + 0,013 + 0,067}{3} = 0,0543$$

Негативне число аритмічності:

$$\eta_- = \frac{(-0,417) + (-0,143) + (-0,067) + (-0,287) + (-0,43)}{5} = -0,268$$

Коефіцієнт аритмічності:

$$K_{AP} = \frac{0,0543 \cdot 3}{0,268 \cdot 5} = 0,122 \quad 0 < K_{AP} < 1$$

Висновок: план не виконано. Виконаємо розрахунок показників ритмічності за показниками динаміки електроспоживання (табл. 3).

Позитивне число аритмічності:

$$\eta_+ = \frac{0,098 + 0,009 + 0,082}{3} = 0,063$$

Негативне число аритмічності:

$$\eta_- = \frac{(-0,411) + (-0,117) + (-0,063) + (-0,263) + (-0,459)}{5} = -0,263$$

Коефіцієнт аритмічності:

$$K_{AP} = \left| \frac{0,063 \cdot 3}{-0,2631 \cdot 5} \right| = 0,143 \quad 0 < K_{AP} < 1$$

Висновок: план не виконано.

**Таблиця 3. Дані для розрахунку ритмічності роботи ГТК за показниками динаміки електроспоживання**

Показники електроспоживання	Години робочої зміни							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Планове електроспоживання $E_n$ , кВт·год	5500	5500	5500	5500	5500	5500	5500	5500
Фактичне електроспоживання $E_{\phi}$ , кВт·год	3237	6040	5550	4857	5950	5152	4055	2975
Відносне відхилення $\Delta E = \frac{E_{\phi} - E_n}{E_n}$	-0,411	0,098	0,009	-0,117	0,082	-0,063	-0,263	-0,459

Джерело: складено автором.

Результати розрахунків виконаних за показниками обсягів виробництва та за показниками динаміки електроспоживання збігаються.

Перевіримо точність оцінювання аритмічності роботи гірничо-транспортного комплексу за динамікою електроспоживання дробарної фабрики. Для цього використаємо загальне число аритмічності, яке визначаємо додаванням усіх відхилень за абсолютною величиною та діленням одержаної суми на загальне число початкових даних.

Загальне число аритмічності, розраховане за даними постачання руди:

$$\eta_q = \frac{0,287 + 0,43 + 0,417 + 0,083 + 0,013 + 0,143 + 0,067 + 0,067}{8} = 0,189$$

Загальне число аритмічності, розраховане за даними динаміки електроспоживання:

$$\eta_E = \frac{0,411 + 0,098 + 0,009 + 0,117 + 0,082 + 0,063 + 0,263 + 0,453}{8} = 0,186$$

Точність оцінювання коефіцієнта аритмічності за динамікою електроспоживання:

$$\Delta = \frac{\eta_q - \eta_E}{\eta_q} \cdot 100\%; \Delta = \frac{0,189 - 0,186}{0,189} \cdot 100\% = 1,59\% \text{ (отн. од.)}$$

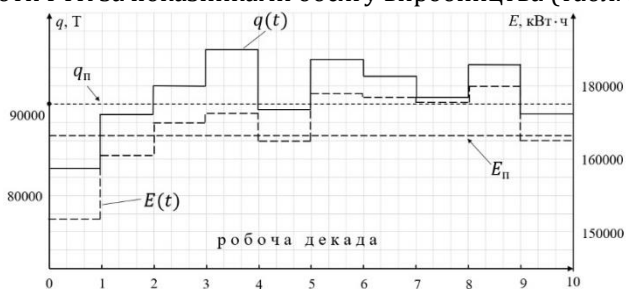
Виконаємо експериментальні дослідження методу оцінювання міждодової ритмічності виробництва за динамікою електроспоживання. Результати подового моніторингу роботи дробарної фабрики наведені в табл. 4. Графіки подових обсягів виробництва та електроспоживання наведені на рис. 5. Виконаємо розрахунок міждодової ритмічності роботи ГТК за показниками обсягу виробництва (табл. 5).

**Таблиця 4. Результати подового моніторингу роботи дробарної фабрики**

Доба	$q$ , Т	$E$ , кВт·год	Доба	$q$ , Т	$E$ , кВт·год
1	82730	153000	6	95430	176500
2	88400	163500	7	93700	173300
3	92390	170900	8	90150	166800
4	90640	167700	9	94100	174000
5	89250	165100	10	89890	166300

$q$  – обсяг виробництва дробарної фабрики за добу;  $E$  – добове електроспоживання дробарної фабрики.

Джерело: складено автором.



**Рис. 5. Графіки добових обсягів виробництва і електроспоживання. Джерело: побудовано автором.**

**Таблиця 5. Дані для розрахунку міждодової ритмічності роботи ГТК за показниками обсягу виробництва**

Показники обсягів виробництва	Доби робочої декади									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Плановий обсяг $V_n$ , Т	90000	90000	90000	90000	90000	90000	90000	90000	90000	90000
Фактичний обсяг $V_{\phi}$ , Т	82730	88400	92390	90640	89250	95430	93700	90150	94100	89890
Відносне відхилення $\Delta V = \frac{V_{\phi} - V_n}{V_n}$	-0,08	-0,018	0,027	0,007	-0,008	0,06	0,041	0,001	0,045	-0,0012

Джерело: складено автором.

Розрахунок коефіцієнта аритмічності за показниками обсягу виробництва.

Позитивне число аритмічності:  $\eta_+ = \frac{0,027 + 0,007 + 0,06 + 0,041 + 0,001 + 0,045}{6} = 0,03$

Негативне число аритмічності:  $\eta_- = \frac{(-0,08) + (-0,018) + (-0,008) + (-0,0012)}{4} = -0,0268$

Коефіцієнт аритмічності:

$$K_{AP} = \left| \frac{0,03 \cdot 6}{-0,0268 \cdot 4} \right| = 1,679, \quad 1 < K_{AP} < \infty$$

Висновок: план перевиконано. Зробимо розрахунок міждодової ритмічності роботи ГТК за показниками добового електроспоживання (табл. 6).

**Таблиця 6. Дані для розрахунку міждодової ритмічності роботи ГТК за показниками динаміки електроспоживання**

Показники електроспоживання	№ доби робочої декади									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Планове електроспоживання $E_n$ , Т	166500	166500	166500	166500	166500	166500	166500	166500	166500	166500
Фактичне електроспоживання $E_{\phi}$ , Т	153000	163500	170900	167700	165100	176500	173300	166800	174000	166300
Відносне відхилення $\Delta E = \frac{E_{\phi} - E_n}{E_n}$	-0,081	-0,018	0,0264	0,007	-0,0084	0,06	0,04	0,0018	0,046	-0,001

Джерело: складено автором.

Розрахунок коефіцієнта аритмічності за динамікою електроспоживання  
Позитивне число аритмічності:  $\eta_+ = \frac{0,0264 + 0,007 + 0,06 + 0,04 + 0,0018 + 0,046}{6} = 0,0302$

Негативне число аритмічності:  $\eta_- = \frac{(-0,081) + (-0,018) + (-0,0084) + (-0,001)}{4} = -0,0271$

Коефіцієнт аритмічності:  $K_{AP} = \left| \frac{0,0302 - 6}{-0,0271 \cdot 4} \right| = 1,671 \quad 1 < K_{AP} < \infty$

Висновок: план перевиконано. Тобто результати розрахунків коефіцієнта аритмічності за показниками обсягу виробництва та динаміки електроспоживання збігаються. Загальне число аритмічності, внутрішньодобове значення за даними коливань обсягів виробництва:

$$\eta_q = \frac{0,08 + 0,018 + 0,027 + 0,007 + 0,008 + 0,06 + 0,041 + 0,001 + 0,045 + 0,0012}{10} = 0,0288$$

Загальне число аритмічності, внутрішньодобове значення за даними динаміки електроспоживання:

$$\eta_E = \frac{0,081 + 0,018 + 0,0264 + 0,007 + 0,0084 + 0,06 + 0,04 + 0,0018 + 0,046 + 0,001}{10} = 0,02896$$

Точність оцінювання коефіцієнта аритмічності за динамікою електроспоживання:

$$\Delta = \frac{|\eta_q - \eta_E|}{\eta_q} \cdot 100\% = \frac{|0,0288 - 0,02896|}{0,0288} \cdot 100\% = 0,5\%$$

### Висновки та перспективи подальших розвідок

Ритмічність випуску продукції дробарної фабрики можна розраховувати за показниками динаміки електроспоживання активної потужності або електричної енергії, що споживається процесом дроблення корисних копалин. Виконання плану випуску продукції дробарної фабрики розраховується з використанням позитивних і негативних чисел аритмічності електроспоживання на основі аналізу електричних навантажень підприємства. Оцінювання ритмічності виробництва за показниками динаміки електроспоживання підвищує оперативність визначення негативних факторів, що впливають на процес виконання планових завдань і підвищує оперативність їх усунення. Оцінювання ритмічності виробництва за спектральною щільністю активної потужності, що споживається дробарною фабрикою, дає можливість оцінити часові параметри постачання сировини гірничо-транспортним комплексом, а саме – період і діапазон частот постачання.

Перспективи подальших наукових розвідок вбачаємо у розробленні комп'ютерної інформаційної системи оцінювання та управління ритмічністю випуску продукції дробарної фабрики, що працює з гірничо-транспортним комплексом.

### Література

1. Максимов С.В., Темченко Г.В. Дослідження енергомосткості витрат гірничорудних підприємств. *Економічний вісник НГУ*. 2012. № 2. С. 52-58.
2. Темченко О.А. Сучасні підходи до вирішення проблем диспетчеризації на залізорудних кар'єрах. *Збагачення корисних копалин*. 2008. № 34. С. 174-179.
3. Шулешко А.В., Шулешко О.А. Організація обліку енерговитрат на підприємствах гірничорудної галузі. *Вісник Криворізького економічного інституту КНУ*. 2013. № 2. С. 118-122.
4. Турило А.М., Кашубіна Ю.Б. Теоретично-методичні підходи щодо сутності та оцінки ритмічної діяльності підприємства. *Вісник Криворізького технічного університету*. 2011. № 27. С. 311-315.
5. Кашубіна Ю.Б. Управління ритмічністю операційної діяльності гірничодобувного підприємства. *Економіка: проблеми теорії та практики*. 2010. № 259. С. 1315-1321.
6. Белкіна І.А., Лепа Р.М., Кочура Є.В. Економіко-математичне моделювання впливу режимів рудоподачі на ефективність використання економічного потенціалу гірничо-збагачувального підприємства: монографія. Дніпро: Національний гірничий університет, 2013. 123 с.
7. Гаренко А.А., Кочура Є.В. Формування собівартості продукції дробарних фабрик в умовах багатозапального тарифу на електроенергію: монографія. Дніпро: Національний гірничий університет, 2012. 146 с.

### References

1. Maksymov, S.V., Temchenko, H.V. (2012). «Study of the energy consumption of mining enterprises». *Ekonomichnyy visnyk NHU*. № 2. pp. 52-58.
2. Temchenko, O.A. (2008). «Modern approaches to solving scheduling problems in iron ore quarries». *Zbahachennia korysnykh kopalyu*. № 34. pp. 174-179.
3. Shuleshko, A.V., Shuleshko, O.A. (2013). «Organization of energy consumption accounting at enterprises in the mining industry». *Visnyk Kryvoriz'koho ekonomichnoho instytutu KNU*. № 2. pp. 118-122.
4. Turylo, A.M., Kashubina, Yu.B. (2011). «Theoretical and methodological approaches to the essence and assessment of the rhythmic activity of the enterprise». *Visnyk Kryvoriz'koho tekhnichnoho universytetu*. № 27. pp. 311-315.
5. Kashubina, Yu.B. (2010). «Management of the rhythm of operational activity of a mining enterprise». *Ekonomika: problemy teorii ta praktyky*. 2010. № 259. S. 1315-1321.
6. Bielkina, I.A., Lepa, R.M., Kochura, Ye.V. (2013). *Ekonomiko-matematychnye modeliuvannia vplyvu rezhyziv rudopodachi na efektyvnist' vykorystannia ekonomichnoho potentsialu hirnycho-zbahachuval'noho pidpryemstva*. [Economic-mathematical modeling of the impact of ore supply regimes on the efficiency of using the economic potential of a mining and beneficiation enterprise]. Natsional'nyy hirnychyj universytet. Dnipro. Ukraine.
7. Harenko, A.A., Kochura, Ye.V. (2012). *Formuvannia sobivartosti produktsii drobarnykh fabryk v umovakh bahatozapal'noho taryfu na elektroenerhiu*. [The formation of the cost price of products of crushing plants in the conditions of a multi-stage tariff for electricity]. Natsional'nyy hirnychyj universytet. Dnipro. Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 28.12.2023 р.

ISSN 2415-8453. Український журнал прикладної економіки та техніки. 2024 рік. Том 9. № 1.