

UDC 622.012.2:65.011.4.005

<https://doi.org/10.15407/mining11.04.071>

## ФОРМУВАННЯ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ ГІРНИЧОДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

О. Сінчук<sup>1</sup>, І. Сінчук<sup>1</sup>, І. Пересунько<sup>1\*</sup>, В. Степаненко<sup>2</sup><sup>1</sup>Кафедра автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті, Криворізький національний університет, Кривий Ріг, Україна<sup>2</sup>Гірничий інститут, Національний дослідний технологічний університет "МІСіС", Москва, Російська Федерація\*Відповідальний автор: e-mail [beridzet2016@gmail.com](mailto:beridzet2016@gmail.com), тел. +380955014346

## FORMATION OF INTEGRATED ENERGY EFFICIENCY INDICATOR FOR MINING INDUSTRY COMPANIES

O. Sinchuk<sup>1</sup>, I. Sinchuk<sup>1</sup>, I. Peresunko<sup>1\*</sup>, V. Stepanenko<sup>2</sup><sup>1</sup>Department of Automation Electromechanical Systems in Industry and Transport, Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine<sup>2</sup>Mining Institute, National University of Science and Technology "MISiS", Moscow, Russian Federation\*Corresponding author: e-mail [beridzet2016@gmail.com](mailto:beridzet2016@gmail.com), tel. +380955014346

### ABSTRACT

**Purpose.** Justification of the principles for assessing the competitive status of Ukrainian mining companies' energy efficiency as a derivative of electricity consumption and qualitative estimation of the companies' competitive positions in terms of their energy efficiency.

**Methods.** The research is based on the model for assessing the competitive status of energy efficiency as a derivative of electricity consumption. The composite method of estimating the company's electricity consumption comprises determination of the competition intensity indicator along with the assessment of the energy market capacity.

**Findings.** The indicators of internal potential of enterprises' electricity consumption, the competitive position in certain segments of the electricity consumption market, the company's ability to withstand the influence of external factors are determined. Analysis of the conducted calculations allowed to identify leaders and outsiders among the companies competing for energy efficiency status.

**Originality.** Estimation of the energy efficiency status level of Ukrainian mining companies contains new approaches to using mathematical and statistical analysis methods modified in accordance with the industry specifics.

**Practical implications.** The obtained results can be used to carry out a comprehensive analysis of the electricity consumption management. Considering the company life cycle will allow to assess its financial resources, its ability to achieve a certain level of energy resources efficient use and to determine the external and internal factors that influence the management of the company power supply, and to predict changes in its energy consumption indicators.

**Keywords:** electricity consumption, energy efficiency, indicator, competitive status, mining company, iron ore

### 1. ВСТУП

Гірничодобувна промисловість України, будучи сировинною базою металургійної галузі, в свою чергу забезпечує більш 61% поповнення вітчизняних валютних запасів, оскільки продукція – залізородна сировина (ЗРС) експортується в близько 50 держав світу (Shydlovskiy, Rivniak, Rohoza, & Vypanasenko, 2002; Stohnii et al., 2011; Babets', Mel'nyukova, Hrebeniuk, & Lobov, 2015).

Вітчизняні підприємства гірничорудного комплексу промисловості відносяться до енергоємних видів, сегмент енергозатрат яких в загальній питомій вазі ЗРС, що видобувається сягає більш ніж 80%, з яких

90% це – енергозатрати (Findlay, 1994; Yellishetty, Ranjith, & Tharumarajah, 2010; Hasanbeigi et al., 2014).

Між тим, ситуація, що склалася на світовому ринку сировини, характеризується значним зниженням ціни на ЗРС, спонукає підприємства до пошуку шляхів зменшення собівартості ЗРС (Hellmer & Ekstrand, 2012; Ma, Zhu, & Wang, 2013). Однак, в свою чергу, показник обумовлюється як об'єктивними так і не об'єктивними факторами і має стійку тенденцію росту (Stohnii et al., 2011).

В останні роки проблеми гірничо-видобувної промисловості збільшилися. Це пов'язано з тим, що в умовах поступової інтеграції України в Європейські ринкові структури надзвичайно гостро постають пи-

тання забезпечення енергоефективних технологій на вітчизняних підприємствах, які потребують підвищення конкурентоспроможності, якості та відповідного рівня продукції (Akmaev & Fesenko, 2010; Vivcharenko, 2012). В повній мірі це відноситься до підприємств вітчизняної гірничодобувної галузі. Одним із шляхів вирішення даної проблеми є розробка і впровадження енергоефективної стратегії, що враховує специфіку функціонування й розвиток підприємств та їх претендування на роль у зовнішньому середовищі. У зв'язку з цим, зростає практична потреба вітчизняних гірничодобувних підприємств у розробці енергоефективних стратегій, проектів і програм (Kuz'menko, Petlyovanyu, & Stupnik, 2013; Filippov, Severov, & Filippova, 2014; Morkun & Tron, 2014; Shatokha, 2015).

Розвиток вітчизняної турбулентної економіки вимагає на часі стрімкий розвиток енергетичних складових технологій. Одним з першочергових завдань оптимального управління підприємством є визначення чинників, що впливають на рівень споживання електроенергії (Babets', Mel'nykova, Hrebeniuk, & Lobov, 2015; Zhou et al., 2016).

Ефективне вирішення проблеми щодо якісної роботи апарату нормування питомих витрат електричної енергії залежить від обсягу отриманої та обробленої інформації щодо діяльності комбінатів (Liu et al., 2013; Pardo & Moysa, 2013). Водночас значна кількість вихідних даних збільшує розмірність задачі та створює труднощі щодо оперативних розрахунків та якісного прийняття рішень.

Останній час дослідженню проблем визначення енергоефективних стратегій підприємства приділено багато уваги з боку вітчизняних науковців. Зокрема ряд вчених займаються дослідженням енергоефективних стратегій. Так автором Б. Додоновим, було досліджено сучасні підходи щодо визначення розрахунку індикаторів енергоефективності для оцінки потенціалу енергозбереження в Україні. Індикатори дозволяють визначити потенціал енергозбереження й можуть використовуватись для встановлення цільових показників й проведення моніторингу державної політики в сфері енергоефективності. Запропонована методологія базується на методи декомпозиції кінцевого споживання енергоресурсів за секторами й галузями економіки, запропонованому Міжнародним енергетичним агентством (МЕА). Такий підхід дозволяє розділити головні фактори, що визначають енергоспоживання: структуру економіки, економічну діяльність і енергоемність, та отримати більш точні оцінки енергоефективності порівняно зі стандартними оцінками (Dodonov, 2016). Питанням сутності проблеми великої частки енергозатрат у собівартості продукції вітчизняних промислових підприємств у порівнянні з рівнем енергозатрат інших країн присвячено дослідження І. Брижань. Обґрунтовується необхідність змін в цьому напрямі у зв'язку з необхідністю підвищення конкурентоздатності в умовах євроінтеграції України. І. Брижань надано практичні рекомендації щодо напрямів стимулювання промислових підприємств до зниження рівня енерговитрат в собівартості продукції (Bryzhan, 2015). Наукові праці А. Гаркавого, Т. Івашків, Р. Гевко присвячені розробці методики визначення коефіцієнтів тех-

нічного рівня, інтегральної та енергетичної оцінки, що дозволяють визначити конкурентоспроможність підприємства, на засадах кластерного аналізу (Harkavyi, Ivashkov, & Nevko, 2002). Дослідження О.А. Топоркова, Л.М. Савчук спрямовані на необхідність удосконалення системи управління енерговитратами за місцями їх виникнення та цільовими напрямками на трубному підприємстві. Науковцями запропоновано модель формування операційних центрів основного виробництва на основі системи поопераційного управління витратами. Визначено послідовність локалізації й розподілу енерговитрат на основі елементної структури собівартості ЗРС (Toporkova & Savchuk, 2015). Л. Варва, Б. Ртищев дослідили, на основі звітних даних роботи гірничо-збагачувальних підприємств, вплив організаційно-технічного рівня на величину питомих енерговитрат (Varava, Rtyshchev, & Rtyshchev, 2009). Треба відзначити, що дослідження в галузі енергоспоживання пов'язані безпосередньо з енергоефективністю.

Доведено (Shydlovskiy, Vikhorev, & Hinailo, 2003), що умовно за формою та не за змістом потенціал енергоефективності у тому числі електроенергоефективності доцільно поділити на технічний і поведінковий. Різниця між рівнями електроенергопостачання на засадах, що використовуються, і нових технологіях визначає технічний потенціал енергоефективності. Технічний потенціал показує максимальну можливість "підняття планки" підвищення енергоефективності. В свою чергу поведінковий потенціал визначає міру актуальності відносно вирішення задачі підвищення енергоефективності всіма суб'єктами підприємства або організації.

Важливим моментом для економічної складової підприємств є прогнозне оцінювання собівартості продукції, що випускається взагалі, та для гірничодобувних підприємств – собівартість видобутку ЗРС (Sinchuk, Sinchuk, Beridze, & Yalova, 2013). Безумовно, провести таке оцінювання не складно. Разом з тим, практично всі підприємства гірничодобувної галузі, формують зависоку прогнозу ціну ЗРС. Звідси формування ціни на електропостачання і загальні показники функціонування гірничорудних підприємств.

Отже, аналіз теоретичних досліджень довів, що питання конкурентного статусу енергоефективності і, як похідної, енергоспоживання підприємств гірничодобувної промисловості викликають зацікавленість з боку сучасних науковців і орієнтуються на раціональний розвиток підприємств.

Проведені дослідження ставили за мету формування основних засад визначення інтегральних показників щодо визначення конкурентного статусу енергоефективності, як похідної електроенергоспоживання, гірничорудних підприємств України.

Вивчення наукової літератури з проблем електроенергоспоживання і конкурентоспроможності енергоефективності підприємств гірничодобувної промисловості дозволила зробити висновок, про відсутність узгодження поглядів на визначення інтегральних показників щодо конкурентного статусу енергоефективності підприємств гірничодобувної промисловості, що і обумовлює актуальність даного дослідження.

Тривала трансформаційна криза в Україні пов'язана насамперед з несформованістю як конкурентної сукупності підприємств, так і ефективного конкурентного середовища на базі надвужького та структурно недовершеного внутрішнього ринку споживання електроенергії.

Увага до проблем розбудови електроспоживання підприємствами гірничодобувної галузі практично не приділяється, що заважає ефективно реагувати на конкурентні виклики. Це створює вельми несприятливе середовище для виробничої активності. Внаслідок цього, спроби налагодження конкурентного середовища споживання електроенергії в Україні не завдали очікуваного позитивного впливу на економічну динаміку і не сприяло зміцненню конкурентоспроможності гірничодобувних підприємств та національної економіки в цілому.

Внаслідок нерационального управління електроспоживанням в Україні укорінилася низькотехнологічна структура промислового виробництва. Таким чином, реалізація стратегії забезпечення конкурентоспроможності підприємств на підґрунті оптимізації електроспоживання критично важлива на сучасному етапі економічного розвитку вітчизняних підприємств взагалі й гірничодобувних підприємств окремо.

## 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Вихідною основою розрахунку конкурентного статусу енергоефективності підприємств гірничорудного комплексу (ГРК) є визначення внутрішнього потенціалу, конкурентної позиції в окремих сегментах ринку електроспоживання і спроможності підприємства протистояти впливу факторів зовнішнього середовища (Табл. 1).

Таблиця 1. Вихідні дані електроспоживання гірничорудними підприємствами

Рік	Шахта Жовтнева		Шахта Родіна		Шахта Гвардійська		Шахта Тернівська	
	Споживання електричної енергії		Споживання електричної енергії		Споживання електричної енергії		Споживання електричної енергії	
	План кВт·год	Факт кВт·год	План кВт·год	Факт кВт·год	План кВт·год	Факт кВт·год	План кВт·год	Факт кВт·год
2012	44804.5	44209.6	66203.0	65841.6	41600.5	41354.2	42939.8	40252.3
2013	66203.0	42537.8	45406.2	46972.7	35458.2	35977.2	28114.5	28377.4
2014	41606.5	42341.1	64455.3	67070.8	43906.3	43401.1	43924.2	41573.8
2015	42939.8	43501.7	63255.6	61009.4	43397.1	40996.7	43804.2	28070.5
2016	89156.2	43468.6	64907.0	66275.2	42089.0	40894.4	39576.2	37010.9

Доцільно використовувати показник, що дозволить визначати порівняльну характеристику стосовно основних конкурентів.

Загальна модель оцінювання конкурентного статусу енергоефективності, як похідної електроспоживання, підприємства ( $M_{KC}$ ) може бути визначена у вигляді:

$$M_{KC} = \langle KP, KS, KY \rangle, \quad (1)$$

де:

$KP, KS, KY$  – показники, що характеризують відповідну позицію підприємства ( $KP$ ), його конкурентоспроможність ( $KS$ ), та конкурентну стійкість ( $KY$ ) відносно електроспоживання (Ponomarenko, Trydid, & Kuzum, 2003).

Графічно модель конкурентного статусу гірничорудного підприємства подано на Рисунку 1.

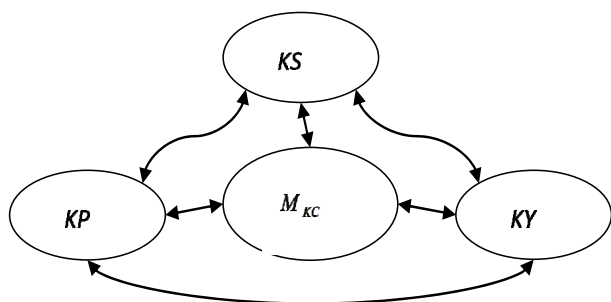


Рисунок 1. Графічна модель конкурентного статусу гірничорудного підприємства

Оцінку конкурентного статусу енергоефективності підприємства слід здійснювати за допомогою якісних та кількісних критеріїв. Тільки взаємозалежна якісно-кількісна оцінка дозволить комплексно охарактеризувати конкурентний статус енергоефективності підприємства і дати змогу логічно визначити в якій фазі життєвого циклу воно знаходиться та який градієнт його зміни (Ponomarenko, Trydid, & Kuzum, 2003).

Модель якісної оцінки конкурентного статусу енергоефективності  $j$ -го підприємства  $[M_{KC_j}(t)]$  на визначений момент часу  $t = t_i$  має такий вигляд:

$$M_{KC_j(t)} = \{KP_j(t), KS_j(t), KY_j(t)\}, \quad t = t_i, \quad (2)$$

де:

$KP_j(t), KS_j(t), KY_j(t)$  – якісні оцінки електроспоживання відповідно конкурентної позиції, конкурентоспроможності та конкурентної стійкості  $j$ -го підприємства в визначений момент часу  $t = t_i$ .

Складовою методу оцінки конкурентного статусу електроспоживання підприємства є визначення показника інтенсивності конкуренції разом із оцінкою місткості ринку. Таким чином формується загальний висновок щодо проблеми електроспоживання на підприємствах ГРК, а також визначаються сфери пошуку причин і умов виникнення конкурентних переваг.

Одним найбільш загальним проявом ступеня досягнення цілей конкурента слід вважати його фактичну частку електроспоживання в загальному обсязі електроспоживання заданого асортименту. Вона відображає важливі результати конкурентної бороть-

би, показує ступінь домінування електроспоживання на підприємствах.

Модель конкурентної позиції електроспоживання  $j$ -го підприємства  $[M_{KP_j}(t)]$  на визначений момент часу  $t = t_i$  можна подати таким чином:

$$M_{KP_j(t)} = \{d_{1j}(t), d_{2j}(t), d_{3j}(t)\}, t = t_i, \quad (3)$$

де:

$d_{1j}(t)$  – показник, що характеризує ринкову частку електроспоживання  $j$ -го підприємства в стратегі-

чній зоні електроспоживання на визначений момент часу  $t = t_i$ ;

$d_{2j}(t)$  – показник, що характеризує інтенсивність електроспоживання в галузі, в якій діє  $j$ -го підприємство;

$d_{3j}(t)$  – показник, що характеризує позицію електроспоживання  $j$ -го підприємства стосовно підприємства-лідера в галузі.

В Таблиці 2 наведено методику розрахунку часткових показників, що кількісно характеризують конкурентну позицію електроспоживання підприємства.

**Таблиця 2. Показники оцінки конкурентної позиції електроспоживання підприємства**

Показник	Розрахункова формула
Ринкова частка підприємства в $z$ -й галузі, ( $d_1$ )	$d_1 = \frac{V_{i,j}}{V_z}$ , де: $V_{ij}$ – обсяг споживання електроенергії $j$ -го підприємства у $z$ -й галузі; $V_z$ – обсяг споживання електроенергії всіх конкуруючих підприємств $z$ -ї галузі
Інтенсивність конкуренції в $z$ -й галузі, ( $d_2$ )	$d_2 = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}{V_z}$ , де: $V_1, V_2, V_3, V_4$ – обсяг споживання електроенергії відповідно першого, другого, третього та четвертого за розміром підприємств $z$ -ї галузі
Відношення ринкової частки підприємства, що аналізується до лідера в $z$ -й галузі, ( $d_3$ )	$d_3 = \frac{V_{ij}}{V_{.ij}}$ , де: $V_{.ij}$ – обсяг споживання електроенергії підприємства-лідера в $z$ -й галузі

Статистична якісна оцінка конкурентної позиції електроспоживання підприємства здійснюється згідно до двомірної матриці (Табл. 3), що будується від-

повідно аналогічно з матрицею, описаною для оцінки конкурентного статусу електроспоживання підприємства (Ponomarenko, Trydid, & Kuzym, 2003).

**Таблиця 3. Матриця якісної оцінки конкурентної позиції енергоефективності підприємства**

Позиція	$Ud_1 - Ud_2$	$Nd_1 - Nd_2$	$Ud_1 - Nd_2$	$Nd_1 - Ud_2$
$Ud_3$	[1;1;1] (стабільна)	[0;1;1] (стабільна)	[1;0;1] (нестабільна)	[0;0;1] (мінлива)
$Nd_3$	[1;1;0] (стабільна)	[0;1;0] (нестабільна)	[1;0;0] (мінлива)	[0;0;0] (мінлива)

На наступному етапі оцінки конкурентної позиції  $j$ -го підприємства, використовуючи комплексні оцінки  $[K_{KP_{nj}}^a(t)]$  на визначений момент часу  $t = t_i$ , будується траєкторія зміни за визначений проміжок часу  $[f_{K_{KP_{nj}}^a}(\Delta T)]$ . Модель цієї траєкторії має вигляд:

$$f_{K_{KP_{nj}}^a}(\Delta T) = \{K_{KP_{nj}}^a(t_1), K_{KP_{nj}}^a(t_2), \dots, K_{KP_{nj}}^a(t_i)\}, \quad (4)$$

$t_i \in \Delta T$

де:

$K_{KP_{nj}}^a(t_i)$  –  $n$ -е якісне значення оцінки конкурентної позиції енергоефективності  $j$ -го підприємства на визначений момент часу.

Запропонована модель динаміки конкурентної позиції енергоефективності підприємства дозволяє на момент часу  $t = t_i$  визначити конкурентну позицію

електроспоживання підприємства, а також траєкторії її зміни за певний проміжок часу  $\Delta T$ .

Однак слід зазначити, що динаміка якісних характеристик інтегрального показника конкурентного статусу енергоефективності підприємства за визначений проміжок часу не завжди може дати об'єктивну оцінку його зміни, тому що не показує спрямованості плину процесу в бік погіршення або поліпшення електроспоживання на підприємстві.

Тому на наступному етапі розраховується інтегральний показник кількісної оцінки конкурентного статусу енергоефективності підприємства  $[I_{KC_j}^0(t)]$ .

Перевагою цього методу є те, що він враховує вплив ряду факторів, які мають різну розмірність та способи опису. Другий, не менш важливий аспект, полягає в тому, що оцінки інтегрального показника формуються здебільшого в рамках інтервалу від 0 до 1. Чим ближче значення інтегрального показника до 1, тим вище конкурентний статус енергоефективності підприємства.

У відповідності із алгоритмом розрахунку конкурентний статус  $i$ -го підприємства позначається набором ряду показників, що характеризують ту чи іншу компоненту. Таким чином формується наступний набір:

$$X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ij}, x_{in}), \quad (5)$$

де:

$x_{in}$  – значення  $j$ -го показника для  $i$ -ї компоненти;  
 $i = \overline{1, m}$  – кількість підприємств;  
 $j = \overline{1, n}$  – кількість показників.

Вихідні дані формуються у вигляді матриці  $X = (x_{ij})$ . Оскільки показники, що розглядаються, можуть мати різну розмірність, необхідно здійснити стандартизацію вихідних даних. Для стандартизації використовують формулу:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \overline{x_j}}{S_j}, \quad (6)$$

де:

$\overline{x_j}$  – середнє значення для  $j$ -го показника конкурентного статусу енергоефективності підприємства;  
 $S_j$  – середньоквадратичне відхилення  $j$ -го показника конкурентного статусу енергоефективності підприємства:

$$S_j = \sqrt{\frac{1}{m} \sum (x_{ij} - \overline{x_j})^2}. \quad (7)$$

Наступним проводиться конструювання еталона конкурентного статусу енергоефективності  $P_0$ . Для одержання еталона всі ознаки поділяються на стимулятори і дестимулятори. Показники, що здійснюють позитивний стимулюючий вплив на конкурентний статус енергоефективності підприємства, є стимуляторами, а ознаки з протилежними властивостями – дестимуляторами. Еталоном буде точка багатомірного простору, що утворена за таким правилом: серед показників-стимуляторів  $I_1$  відбираються дані з максимальними значеннями, серед дестимуляторів  $I_2$  – з мінімальними:

$$P_0 = (z_{01}, \dots, z_{0k}, \dots, z_{0n}), \quad (8)$$

де:

$z_{0k} = \max z_{ik}$ , якщо  $k \in I_1$ ;  $z_{0k} = \min z_{ik}$ , якщо  $k \in I_2$ .

Наступним здійснюється оцінка якості електроспоживання у вигляді узагальнюючого показника, що являє собою синтетичну величину, або рівнодіючу всіх ознак. Це дозволяє з її допомогою лінійно упорядкувати елементи, що беруть участь в аналізі.

Кількісна оцінка рівня конкурентного статусу енергоефективності (рівня якості) визначається як евклідова відстань до точки-еталону:

$$C_0 = \left[ \sum_{k=1}^n (z_{ik} - z_{0k})^2 \right]^{1/2}. \quad (9)$$

Далі визначається середня величина відстані між точками  $\overline{C_0}$  та середньоквадратичне відхилення  $S_0$ :

$$\overline{C_0} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m C_{i0}; \quad (10)$$

$$S_0 = \left[ \sqrt{\frac{1}{m} \sum (C_{i0} - \overline{C_0})^2} \right]^{1/2}. \quad (11)$$

Величина  $C_0$  знаходиться за такою формулою:

$$C_0 = \overline{C_0} + 2S_0. \quad (12)$$

І нарешті, знаходимо інтегральний показник  $d$ :

$$d = 1 - \frac{C_{i0}}{C_0}. \quad (13)$$

Цей показник для кожного підприємства  $i$  є кількісною оцінкою рівня конкурентного статусу енергоефективності за даним набором компонентів електроспоживання. Далі отримані дані ранжують та інтерпретують. Проведений аналіз результатів дослідження оцінювання конкурентного статусу енергоефективності підприємств гірничодобувної галузі, дозволив зробити наступні висновки.

Оскільки найбільшу вагу у гірничодобувної галузі мають підприємства Кривого Рогу, розрахунки проводились для відповідних підприємств. Були обрані наступні гірничорудні підприємства м. Кривий Ріг: ш. Жовтнева, ш. Родіна, ш. Гвардійська, ш. Тернівська.

Конструювання еталона конкурентного статусу енергоефективності, на основі даних електроспоживання. Еталоном буде точка  $P_0$  згідно виразу (8).

Таким чином, маємо наступне:

$P_1 = (1.08; 1.06; 1.00; 1.05; 1.09)$  – ш. Жовтнева;  
 $P_2 = (1.59; 1.60; 1.50; 1.46; 1.64)$  – ш. Родіна;  
 $P_3 = (1.00; 1.00; 1.02; 1.00; 1.06)$  – ш. Гвардійська;  
 $P_4 = (2.14; 1.02; 1.02; 1.01; 1.00)$  – ш. Тернівська.

Наступним етапом здійснюється оцінка якості у вигляді узагальнюючого показника електроспоживання. Цей показник для кожного підприємства  $i$  є кількісною оцінкою рівня конкурентного статусу енергоефективності за даним набором компонентів (Табл. 4).

Таблиця 4. Рівень статусу електроспоживання

Підприємства	2012	2013	2014	2015	2016
ш. Жовтнева	0.55	0.48	0.73	0.75	0.60
ш. Родіна	0.39	0.29	0.44	0.47	0.42
ш. Гвардійська	0.57	0.51	0.58	0.94	0.85
ш. Тернівська	0.12	0.50	0.58	0.61	0.24

Графічно кількісна оцінка статусу електроспоживання підприємств ГРК представлений на Рисунку 2.

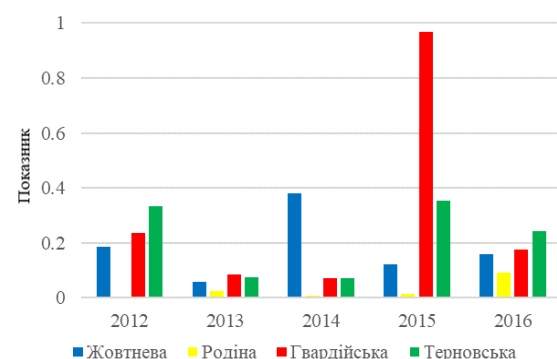


Рисунок 2. Кількісна оцінка статусу електроспоживання окремих гірничорудних підприємств

Якісна оцінка фактичного стану енергоефективності підприємств гірничодобувної галузі проводилась через порівняння середніх значень показників конкурентної позиції енергоефективності з фактичними,

враховуючі показники електроспоживання. Використовуючи матрицю (Табл. 3), визначався тип конкурентного статусу енергоефективності, що є похідною електроспоживання, вказаних вище підприємств (Табл. 4).

**Таблиця 4. Якісна оцінка конкурентної позиції енергоефективності гірничо-видобувних підприємств України**

Найменування підприємства	2012	2013	2014	2015	2016
ш. Жовтнева	стійка	мінлива	нестабільна	мінлива	стійка
ш. Гвардійська	мінлива	стійка	стійка	нестабільна	мінлива
ш. Родіна	стійка	стійка	мінлива	стійка	мінлива
ш. Тернівська	нестабільна	мінлива	мінлива	нестабільна	нестабільна

Візуальний аналіз отриманих розрахунків дозволяє визначити підприємства-лідери, до яких доцільно віднести ш. Гвардійська, з деякими допущеннями – ш. Жовтнева та підприємства-аутсайтери – ш. Родіна та ш. Тернівська.

Викликає певний практичний та теоретичний інтерес рівень зв'язку, що визначає залежність між обсягами видобутку ЗРС та обсягами енергоспоживання. В ході досліджень встановлено (Sinchuk, Sinchuk, Beridze, & Yalova, 2013; Sinchuk, Huzov, Yalovaia, & Voiko, 2016), що коефіцієнт кореляції між обсягами видобутку ЗРС та обсягами рівнів енергопостачання по залізородних шахтах України коливається від 0.09 (ш. Жовтнева), що згідно шкали Чедока визначається як практично відсутній до -0.53 (ш. Тернівська), що відповідає “хорошому” зворотному зв'язку. Тобто коливання в рівнях зв'язків сягають практично 6-ти разів. Між тим всі ті ж дослідження висвітлили ще один факт: чим більше затрачено енергетичної складової, тим менші обсяги видобутку ЗРС, або взагалі відсутній будь-який зв'язок між цими показниками. Це свідчить про неадекватність застосування оцінки рівнів енергоспоживання залізородних підприємств від обсягів видобутку ЗРС.

При визначенні індикаторів конкурентного статусу енергоефективності підприємств гірничодобувної промисловості (Табл. 2, співвідношення (6), (8), (9), (12)) закономірним є визначення чинників впливу на споживання електроенергії. Доцільним, в продовження дослідження, може бути формування бази факторної системи чинників впливу на енергопостачання та вимірювання рівня ефективності енергопостачання підприємства, оцінка його відповідності життєвому циклу на основі інтегрального показника.

### 3. ВИСНОКИ

Інтегральний показник статусу енергоефективності гірничорудного підприємства – число, що дозволяє оцінити рівень ефективності енергопостачання при обліку всіх основних показників діяльності підприємства. Зміна інтегральних показників в часі дозволяє визначити динаміку зміни конкурентного статусу енергоефективності підприємства.

Моніторинг електропостачання гірничорудних підприємств з застосуванням економіко-математичних методів враховуючи життєвий цикл підприємства дозволить оцінити фінансові ресурси підприємства. Провести оцінювання здатності підприємства досягти певного рівня ефективного використання

енергоресурсів і визначити зовнішні та внутрішні чинники, що впливають на управління енергопостачанням підприємства, прогнозувати зміни показників енерговитрат підприємства.

Таким чином, проведене дослідження з використанням математико-статистичних методів і моделей, довело їх дієвість. Доцільно, для здійснення всебічного аналізу управління електроспоживанням представлені моделі аналізу об'єднати в єдину методологічну процедуру, що містить принципи, методики притаманні конкурентоспроможності підприємств в напряму енергоефективності підприємств ГРК. Застосування запропонованої методики може стати підґрунтям для розробки раціонального управління електрозабезпеченням підприємств.

### ВДЯЧНІСТЬ

Автори статі висловлюють глибоку вдячність за консультаційну допомогу в формуванні структури статі к.т.н., доц. Т.М. Берідзе.

### REFERENCES

- Akmaev, A., & Fesenko, I. (2010). Improvement of the Methodology of Managerial Solutions Substantiation in Coal Mining Industry. *New Techniques and Technologies in Mining*, 19-23. <https://doi.org/10.1201/b11329-5>
- Babets', Ye.K., Mel'nykova, I.S., Hrebeniuk, Ya.S., & Lobov, S.P. (2015). *Doslidzhennia tekhniko-ekonomichnykh pokaznykiv hirnychodobuvnykh pidpriemstv Ukrainy ta efektyvnosti ikh roboty v umovakh zlytoi kon'iunktury svitovoho rynku zalizorudnoi syrovyny*. Kryvyi Rih: Kryvoriz'kyi natsional'nyi universytet.
- Bryzhan, I.A. (2015). Reducing Energy Costs in Cost as a Direction of Ensuring the Competitiveness of Products in the Conditions of European Integration. *Hlobal'ni ta Natsional'ni Problemy Ekonomiky*, 13-31.
- Dodonov, B. (2016). *Monitorynh enerhoefektyvnosti Ukrainy 2016*. Kyiv: Nova sotsialna i ekonomichna polityka.
- Filippov, L.O., Severov, V.V., & Filippova, I.V. (2014). An Overview of the Beneficiation of Iron Ores via Reverse Cationic Flotation. *International Journal of Mineral Processing*, (127), 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2014.01.002>
- Findlay, D. (1994). Diagenetic Boudinage, an Analogue Model for the Control on Hematite Enrichment Iron Ores of the Hamersley Iron Province of Western Australia, and a Comparison with Krivoi Rog of Ukraine, and Nimba Range, Liberia. *Ore Geology Reviews*, 9(4), 311-324. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(95\)93148-j](https://doi.org/10.1016/0148-9062(95)93148-j)
- Harkavyi, A., Ivashkov, A., & Hevko, T. (2002). Assessment of Technology and Technology for Competitiveness. *Visnyk*

- Ternopil's'koi Akademii Narodnoho Hospodarstva, (1), 170-176.
- Hasanbeigi, A., Price, L., Chunxia, Z., Aden, N., Xiuping, L., & Fangqin, S. (2014). Comparison of Iron and Steel Production Energy Use and Energy Intensity in China and the U.S. *Journal of Cleaner Production*, (65), 108-119. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.047>
- Hellmer, S., & Ekstrand, J. (2012). The Iron Ore World Market in the Early Twenty-first Century – the Impact of the Increasing Chinese Dominance. *Mineral Economics*, 25(2-3), 89-95. <https://doi.org/10.1007/s13563-012-0021-1>
- Kuz'menko, O., Petlyovanyy, M., & Stupnik, M. (2013). The Influence of Fine Particles of Binding Materials on the Strength Properties of Hardening Backfill. *Mining of Mineral Deposits*, 45-48. <https://doi.org/10.1201/b16354-10>
- Liu, Z., Guan, D., Crawford-Brown, D., Zhang, Q., He, K., & Liu, J. (2013). Energy Policy: A Low-Carbon Road Map for China. *Nature*, 500(7461), 143-145. <https://doi.org/10.1038/500143a>
- Ma, W., Zhu, X., & Wang, M. (2013). Forecasting Iron Ore Import and Consumption of China Using Grey Model Optimized by Particle Swarm Optimization Algorithm. *Resources Policy*, 38(4), 613-620. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2013.09.007>
- Morkun, V., & Tron, V. (2014). Automation of Iron Ore Raw Materials Beneficiation with the Operational Recognition of its Varieties in Process Streams. *Metallurgical and Mining Industry*, (6), 4-7.
- Pardo, N., & Moya, J.A. (2013). Prospective Scenarios on Energy Efficiency and CO<sub>2</sub> Emissions in the European Iron & Steel Industry. *Energy*, (54), 113-128. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.03.015>
- Ponomarenko, V.S., Trydid, O.M., & Kyzym, M.O. (2003). *Stratehiia rozvytku pidpriemstva v umovakh kryzy*. Kharkiv: Inzhnek.
- Shatokha, V. (2015). The Sustainability of the Iron and Steel Industries in Ukraine: Challenges and Opportunities. *Journal of Sustainable Metallurgy*, 2(2), 106-115. <https://doi.org/10.1007/s40831-015-0036-2>
- Shydlovskiy, A.K., Rivniak, H.H., Rohoza, M.V., & Vypanasenko, S.I. (2002). *Heoekonomika ta heopolityka Ukrainy*. Dnipropetrovsk: Natsional'nyi himychnyi universytet.
- Shydlovskiy, A.K., Vikhorev, Yu.O., & Hainilo, V.O. (2003). *Enerhetychni resursy ta potoky*. Kyiv: UEZ.
- Sinchuk, I.O., Huzov, E.S., Yalova, O.M., & Boiko, S.N. (2016). *Electrical Efficiency of Production with Underground Mining Methods*. Saarbrücken, Germany: Lambert Academic Publishing.
- Sinchuk, O.M., Sinchuk, I.O., Beridze, T.M., & Yalova, O.M. (2013). Method of Evaluation of Electricity Consumption of Iron Ore Enterprises. *Electrotechnic and Computer Systems*, 11(87), 49-58.
- Stohnii, B.S., Kyrilenko, O.V., Prakhovnyk, A.V., Denysiuk, S.P., Nehoduiko, V.O., Pertko, P.P., & Blinov, I.V. (2011). *Osnovni parametry enerhozabezpechennia natsional'noi ekohomiky na period do 2020 roku*. Kyiv: Instytut elektrodynamiky NAN Ukrainy.
- Toporkova, O.A., & Savchuk, L.M. (2015). Formation of an Integrated Energy Cost Management System at the Pipe Enterprise. *Ekonomichni Visnyk*, (23), 11-109.
- Varava, L.M., Rtyshev, B.A., & Rtyshev, S.A. (2009). Obhruntuvannia otsinky vplyvu orhanizatsiino-tekhnichnoho rivnia vyrobnytstva na velychynu pytomykh enerhovytrat. *Visnyk Kryvoriz'koho Tekhnichnoho Universytetu*, (24), 32-37.
- Vivcharenko, O. (2012). Development of Coal Industry of Ukraine in the Context of Contemporary Challenges. *Geomechanical Processes During Underground Mining*, 1-5. <https://doi.org/10.1201/b13157-2>
- Yellishetty, M., Ranjith, P.G., & Tharumarajah, A. (2010). Iron Ore and Steel Production Trends and Material Flows in the World: Is this Really Sustainable? *Resources, Conservation and Recycling*, 54(12), 1084-1094. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.03.003>
- Zhou, L., Li, J., Li, F., Meng, Q., Li, J., & Xu, X. (2016). Energy Consumption Model and Energy Efficiency of Machine Tools: A Comprehensive Literature Review. *Journal of Cleaner Production*, (112), 3721-3734. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.093>

## ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

**Мета.** Обґрунтування засад оцінювання конкурентного статусу енергоефективності гірничорудних підприємств України як похідної енергоспоживання та визначення якісної оцінки конкурентної позиції енергоефективності підприємств.

**Методика.** Дослідження базується на побудові моделі оцінювання конкурентного статусу енергоефективності як похідної електроспоживання із застосуванням методів математичної статистики. Складовою методикою оцінювання електроспоживання підприємства є визначення показника інтенсивності конкуренції разом із оцінкою місткості енергоринку.

**Результати.** Визначені показники внутрішнього потенціалу електроспоживання підприємств, конкурентної позиції в окремих сегментах ринку електроспоживання, спроможність підприємства протистояти впливу факторів зовнішнього середовища. Аналіз отриманих розрахунків дозволив визначити підприємства-лідери та підприємства-аутсайтери відносно конкурентного статусу енергоефективності.

**Наукова новизна.** Оцінювання рівня статусу енергоефективності гірничорудних підприємств України містить нові підходи до використання методів математико-статистичного аналізу, модифікованих відповідно до галузевих особливостей.

**Практична значимість.** Отримані результати можуть бути використані для здійснення всебічного аналізу управління енергоспоживанням. Врахування життєвого циклу підприємства дозволить оцінювати фінансові ресурси підприємства, здатність підприємства досягти певного рівня ефективного використання енергоресурсів і визначити зовнішні та внутрішні чинники, що впливають на управління енергопостачанням підприємства, прогнозувати зміни показників його енерговитрат.

**Ключові слова:** електроспоживання, енергоефективність, показник, конкурентний статус, гірничорудне підприємство, залізородна сировина

## ABSTRACT (IN RUSSIAN)

**Цель.** Обоснование принципов оценки конкурентного статуса энергоэффективности горнорудных предприятий Украины как производной электропотребления и определение качественной оценки конкурентной позиции энергоэффективности предприятий.

**Методика.** Исследование базируется на построении модели оценки конкурентного статуса энергоэффективности как производной электропотребления с использованием методов математической статистики. Составляющей методики оценки электропотребления предприятия является определение показателя интенсивности конкуренции совместно с оценкой емкости энергорынка.

**Результаты.** Определены показатели внутреннего потенциала электропотребления предприятий, конкурентная позиция в отдельных сегментах рынка электропотребления, способность предприятия противостоять воздействию факторов внешней среды. Анализ полученных расчетов позволил определить предприятия-лидеры и предприятия-аутсайдеры относительно конкурентного статуса энергоэффективности.

**Научная новизна.** Оценка уровня статуса энергоэффективности горнорудных предприятий Украины содержит новые подходы к использованию методов математико-статистического анализа, модифицированных в соответствии с отраслевыми особенностями.

**Практическая значимость.** Полученные результаты могут быть использованы для осуществления всестороннего анализа управления энергопотреблением. Учет жизненного цикла предприятия позволит оценивать финансовые ресурсы предприятия, способность предприятия достичь определенного уровня эффективного использования энергоресурсов и определить внешние и внутренние факторы, влияющие на управление энергообеспечением предприятия, прогнозировать изменения показателей его энергозатрат.

**Ключевые слова:** *электропотребление, энергоэффективность, показатель, конкурентный статус, горнорудное предприятие, железорудное сырье*

## ARTICLE INFO

Received: 6 September 2017

Accepted: 5 December 2017

Available online: 8 December 2017

## ABOUT AUTHORS

Oleh Sinchuk, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automation Electromechanical Systems in Industry and Transport, Kryvyi Rih National University, 11 Matusevycha St, 1/457, 50027, Kryvyi Rih, Ukraine. E-mail: [speet@ukr.net](mailto:speet@ukr.net)

Ihor Sinchuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automation Electromechanical Systems in Industry and Transport, Kryvyi Rih National University, 11 Matusevycha St, 1/457, 50027, Kryvyi Rih, Ukraine. E-mail: [speet@ukr.net](mailto:speet@ukr.net)

Ihor Peresunko, Assistant Professor of the Department of Automation Electromechanical Systems in Industry and Transport, Kryvyi Rih National University, 11 Matusevycha St, 1/457, 50027, Kryvyi Rih, Ukraine. E-mail: [iperesynko@gmail.com](mailto:iperesynko@gmail.com)

Valeriy Stepanenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Mining Institute, National University of Science and Technology "MISiS", 6 Leninskiy Ave., 119991, Moscow, Russian Federation. E-mail: [valestepanenko@yandex.ru](mailto:valestepanenko@yandex.ru)