

УДК 681.3

doi:10.20998/2413-4295.2018.26.09

## АНАЛІЗ ФОРМУВАННЯ ВАРТИСНО-ЦІЛЬОВОЇ СТРАТЕГІЇ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗОРУДНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

**І. О. СІНЧУК\***

*кафедра автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті, Криворізький національний університет, Кривий Ріг, УКРАЇНА  
\*email: beridzet2016@gmail.com*

**АНОТАЦІЯ** Досліджено засади моделювання стратегії раціонального електроспоживання для гірничорудних підприємств залізорудної галузі України. Обґрунтовано нові підходи до використання методів математико - статистичних аналізу, модифікованих відповідно до галузевих особливостей. Для оцінювання невідомих величин за результатами спостережень, що містять випадкові помилки, застосовується метод найменших модулів. Імплементация отриманих результатів дозволила провести всебічний аналіз рівнів споживання електроенергії та запровадити відповідні заходи в напрямку енергоефективності підприємств гірничорудного комплексу.

**Ключові слова:** електроспоживання; енергоефективність; гірничорудне підприємство; вартість; моделювання

## ANALYSIS OF FORMATION OF A HIGHLY-TARGET STRATEGY OF ELECTRICITY SUPPLY OF ENTERPRISES OF INDIVIDUAL DEPARTMENT OF UKRAINE

**I.O. SINCHUK**

*Department of automation of electromechanical systems in industry and transport, Kryvy Rih National University, Kryvy Rih, UKRAINE*

**ABSTRACT** The methods of modeling the rational power consumption strategy for mining enterprises of the iron ore industry in Ukraine are analyzed. New approaches to the use of methods of mathematical and statistical analysis, modified in accordance with industry specific features, are grounded. To estimate unknown values from the results of observations containing random errors the method of least modules was used. The formation of the deterministic component of the time series of volumes and cost of consumed electricity, factors that indirectly affect the consumption of electricity have occurred, often a human factor, that is, it is advisable to carry out an in-depth analysis of the formation of the deterministic component of the time series. The methodology of determination of cost - purpose approaches concerning formation of an effective system of electric power consumption with the purpose of qualitative information - analytical providing of management of the electric power supply is offered. The implementation of the obtained results allowed conducting a comprehensive analysis of electricity consumption and suggesting appropriate measures in the direction of ensuring energy efficiency of mining enterprises.

**Keywords:** electricity consumption; energy efficiency; mining enterprise; cost; modeling

### Вступ

Залізорудна галузь продовжує залишатися базовою для формування вітчизняного валового продукту та поповнення валютних запасів України [1]. Між тим, ускладнення технології ведення гірничих робіт, збільшення глибини видобутку залізорудної сировини призвело до значного росту енергозатрат на процес видобутку означених корисних копалин. Встановлено, що майже 80% від усіх енергозатрат складають електроресурси [2].

Структура споживання електроенергії за спрямованістю використання показує, що значна частина (понад 70%) використовується на силові потреби гірничого виробництва в приводі машин, механізмів і установок. Гірниче виробництво характеризується високими показниками енергоозброєності праці, електрооснащенням фондів і т.д.

Економічне зростання в Україні повинно забезпечуватися шляхом досягнення світового рівня

показників електроенергетичної ефективності промисловості, зменшенням витрат електроенергії, що передбачає докорінні структурні зміни для створення малоенергоємної та малоресурсної економіки завдяки впровадженню новітніх наукових доробок щодо ефективного використання електроенергії та відповідної цінової політики.

Починаючи з середини дев'яностих років минулого століття в енергетиці через поділ єдиної енергосистеми виник дефіцит активної потужності, внаслідок чого зросла собівартість електроенергії й величина тарифів на неї. На вибір способів управління системою електропостачання в експлуатаційних режимах найбільший вплив мають завдання забезпечення її найбільшою економічною ефективністю при дотриманні необхідних умов зв'язку з енергосистемою.

Даним питанням присвячені роботи В.С. Хачатряна [3-5], С.К. Гурського [6], К.А. Смирнова [7], Н.І. Серебрянникова [8],

Б. С. Стогнія, О. В. Кириленко, А. В. Праховника, С. П. Денюсика [9].

Питанням раціональності стратегії розвитку енергосистем присвячені дослідження [10]. Тут наведена методика, що дозволяє аналізувати і визначати стратегію розвитку систем електропостачання, заснована на положеннях теорії нечітких множин та враховує «... невизначеність частини вихідної інформації» [10]. А. І. Федотовим розглядаються питання енергоефективної роботи хімічного підприємства шляхом оптимізації витрат на потреби з урахуванням особливостей технологічного процесу [11]. У структурі підприємств основних виробників електроенергії на Оптовому ринку електроенергії (ОРЕ) представлені генеруючі компанії – АЕС, ТЕС, ГЕС, ГАЕС, ВЕС, СЕС. Кожна з генеруючих компаній має свої особливості взаємодії з ОРЕ, закріплені в Правилах ОРЕ [12], в частині формування конкурентної оптової ціни купівлі електроенергії [13].

Дослідження З. Х. Борукаева, К. Б. Остапченка, О. І. Лисовиченка аналізують поточний стан взаємозв'язку ринків електроенергії та енергоносіїв з метою обґрунтування вибору економетричних моделей побудови комп'ютерної моделі моніторингу динаміки енергоринку в умовах зміни цін на енергоносії [14].

Ефективність застосування електроенергії визначається рядом показників, що характеризують поряд з іншим: точність визначення розрахункових навантажень, питому електроємність продукції, ступінь корисного використання електроенергії, точність прогнозування і планування електроспоживання.

На даний час на підприємствах процес визначення і заявки лімітів або встановлення нормованих внутрікомбінатовських (шахтних) норм питомої електроспоживання на електроенергію здійснюється практично без достатнього аналізу електроспоживання та показників роботи підприємства, що часто призводить до відхилення фактичного ЕС від заявочних значень. При коригуванні лімітів не завжди враховується поточне показники роботи підприємства, прогноз факторів, що впливають і, як наслідок – неефективне використовуються заявлені ліміти. При перевищенні ліміту електроенергії з підприємств стягується в безакцентні порядку штраф за величину перебору електроенергії. У зв'язку з цим визначення перспективних рівнів споживання електроенергії для правильної та своєчасної заявки необхідних лімітів неможливо без застосування прогнозних процедур. Процес формування електричних навантажень гірничих підприємств носить випадковий характер, тому для оцінки перспективного електроспоживання, поряд з прогнозуванням середнього значення, необхідно визначати і параметри, що характеризують розкид випадкових значень ознаки. У зв'язку з цим

прогноз повинен забезпечувати інтервальну оцінку перспективного електроспоживання [15].

Аналіз наявних методів оптимізації в галузі електроенергетики показав, що для вирішення завдань оптимального управління електроенергетичними системами існує значна кількість підходів. Однак рішення оптимізаційних завдань, щодо забезпечення ефективності роботи і управління промисловими системами електроспоживання потребує свого вирішення. Актуальність даних досліджень обумовлена підвищенням вартості електроенергії та енергоресурсів. Практика довела доцільність використання математико-статистичних методів і моделей для дослідження та оцінювання електроспоживання на гірничодобувних підприємствах України.

### Мета роботи

Визначається доцільністю побудови оптимізаційної моделі динаміки споживання електроенергії в умовах мінливості цін на ринках енергоносіїв. Основним призначенням якої є інформаційно-технологічна підтримка рішення функціональних завдань організаційного управління енергоспоживанням з метою забезпечення найбільш раціональної вартісної стратегії електроспоживання.

### Виклад основного матеріалу

Практичною базою для підвищення ефективності застосування електроенергії на гірничих підприємствах, поряд з іншим, є удосконалення методів розрахунку електричних навантажень, встановлення науково-обґрунтованої питомої витрати електроенергії, підвищення точності прогнозування та рівня планування показників електроспоживання, зниження втрат і економія електроенергії, та ін.

Одним із напрямків формування базової складової електроспоживання у гірничозбагачувальних підприємств є забезпечення оптимальних пропорцій між попитом і пропозицією електроенергетичних ресурсів на ринку. Інформаційним забезпеченням розв'язання цієї проблеми є кількісна та якісна оцінки узгодженості пропорцій попиту і пропозиції електроенергетичних ресурсів в розподілі за сегментами ринку. Узгодженість пропорцій є динамічною.

Маючи достатньо статистичного матеріалу щодо кількості спожитої електроенергії та її вартості доцільно провести відповідні дослідження.

Система показників ефективності електроспоживання застосовується для постійного порівняння витрат електроенергії з її вартістю. Ефективність електроспоживання необхідно підвищувати на всіх фазах процесу відтворення у виробництві. Динаміка спожитої електроенергії та її вартості свідчить про відхилення запланованих показників від фактичних. Крім того, фактичні

щоденні обсяги і ціни спожитої електроенергії змінюються випадковим чином.

При цьому очевидно, що за місяць загальна вартість обсягів спожитої електроенергії не повинна сильно відрізнятись від планової. Природно, що фактичні ціни протягом місяця також не повинні різко відрізнятись від планових цін, що пов'язано з можливістю раціонального споживання електроенергії.

Якщо  $g_i$  – кількість спожитої електроенергії;  $c_i$  – вартість спожитої електроенергії, то формально-аналітично можемо записати:

$$\max |c_i^\phi - c_i^{пл}| \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n c_i^{пл} g_i^{пл} = S^{пл} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n c_i^\phi g_i^\phi \geq S^{пл} \quad (3)$$

Умова (1) вказує на те, що фактичні і планові ціни на щоденну спожиту електроенергію не повинні сильно відрізнятись, що пов'язано з виробничим процесом.

Умова (2) визначає планову вартість виробленої за місяць електроенергії.

Умова (3) вказує на те, що фактична вартість виробленої за місяць електроенергії повинна бути не менше запланованої.

Перш за все, необхідно відзначити, що щоденна планова вартість електроенергії знаходиться за формулою.

$$c_i^{пл} g_i^{пл} = S_i^{пл}, (i=1,2,\dots,n) \quad (4)$$

В результаті отримуємо обмеження на величину щоденної фактичної ціни;

$$c_i^\phi \geq \frac{S_i^{пл}}{g_i}, (i=1,2,\dots,n) \quad (6)$$

Таким чином, для виконання умови (1) величина щоденної фактичної ціни повинна бути мінімальною, тобто:

$$\min c_i^\phi = \frac{S_i^{пл}}{g_i} (i=1,2,\dots,n) \quad (7)$$

Як один з можливих шляхів уникнути цієї проблеми, пропонується побудова регресійної залежності, структура якої визначається формулою (7)

$$c_i^\phi = \frac{a}{g_i^\phi} \quad (8)$$

де  $a$  – шуканий параметр.

Беручи до уваги (8), можна вирішити завдання запишеться у вигляді.

Умова (1)

$$F(a) = \max \left| c_i^{пл} - \frac{a}{g_i^\phi} \right| \rightarrow \min, \quad (9)$$

Умова (3)

$$a \geq \frac{1}{n} S^{пл} \quad (10)$$

Таким чином, для вирішення поставленого завдання необхідно провести мінімізацію по параметру згідно з умовою (9) при обліку обмеження (10).

Електроенергетична незалежність підприємств залізорудної промисловості, в умовах сучасних економічних перетворень, може розглядатися, як одне з найважливіших завдань держави. Економічний стан підприємства безперечно залежить від ефективного управління електроспоживанням. Одним з напрямів забезпечення електроенергетичної незалежності є аналіз пропорційності розподілу показників обсягу спожитої електроенергії та її вартості, аналіз структури відповідності обсягів спожитої електроенергії, її вартості до планових показників. Застосування запропонованої методології на засадах методу найменших модулів дозволить раціоналізувати вартість та обсяги споживання електроенергії.

## Висновки

Вочевидь, при формуванні детермінованої компоненти часового ряду обсягів та вартості спожитої електроенергії мали місце фактори, що опосередковано впливають на споживання електроенергії, найчастіше це людський фактор, тобто доцільно провести поглиблений аналіз формування детермінованої компоненти часового ряду. Для оцінювання невідомих величин за результатами спостережень, що містять випадкові помилки. застосовується метод найменших модулів. Цей метод може також використовуватися для наближеного представлення заданої функції іншими (простішими) функціями і часто виявляється корисним при обробці спостережень.

Таким чином, запропонована методологія визначення вартісно-цільових підходів щодо формування ефективної системи електроспоживання з метою якісного інформаційно-аналітичного забезпечення управління електроенергетичним забезпеченням, що дає змогу оцінити стан та розвиток гірничорудних підприємств, окремо, і взагалі стан всієї гірничодобувної галузі та галузей-споживачів залізорудної продукції.

## Список літератури

1. Шидловский, А. К. Геоэкономика та геополітика України [текст] / А. К. Шидловский, Г. Г. Півняк, М. В. Рогоза, С. І. Випанасенко // Навчальний посібник. –

Дніпро: Національний гірничий університет, 2002. – 282 с.

2. **Sinchuk, O. M.** Aspects of the problem of applying distributed energy in iron ore enterprise electricity supply systems. Multi-authored monograph / **O. M. Sinchuk, S. M. Boiko, I. O. Sinchuk, F. I. Karamanyts, I. A. Kozakevych, M. I. Baranovska, A. M. Yalova.** – Warsaw. – 2018. – 77 p.
3. **Хачатрян, В. С.** К теории оптимизации режимов больших электроэнергетических систем / **В. С. Хачатрян, М. А. Балабекян** // *Электричество.* – 1980. – № 10. – С. 55–57.
4. **Хачатрян, В. С.** Оптимизация режима большой электроэнергетической системы методом декомпозиции по активным мощностям электрических станций / **В. С. Хачатрян, М. А. Мнацаканян, К. В. Хачатрян, С. Э. Григорян** // *Электричество.* – 2008. – № 2. – С. 10-22.
5. **Хачатрян, В. С.** Оптимизация структуры объединенной электроэнергетической системы с применением метода декомпозиции / **В. С. Хачатрян, А. В. Темурджян** // *Электричество.* – 1983. – № 8. – С. 8-13.
6. **Гурский, С. К.** Распределение активной мощности методом гарантированного относительного уровня / **С. К. Гурский, С. В. Домников** // *Электричество.* – 1982. – № 9. – С. 10-16.
7. **Смирнов, К. А.** Оптимизация режимов энергосистемы с учетом ограничений по напряжениям / **К. А. Смирнов** // *Электричество.* – 1997. – № 6. – С. 8-12.
8. **Серебряников, Н. И.** Совершенствование системы материального стимулирования за оптимизацию режима работы энергообъединений и ТЭС / **Н. И. Серебряников, С. Е. Шицман** // *Электрические станции.* – 1993. – № 5. – С. 5-9.
9. **Стогній, Б. С.** Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні / **Б. С. Стогній, О. В. Кириленко, А. В. Праховник, С. П. Денисюк** // *Технічна електродинаміка.* – 2012. – №5. – С. 52-67.
10. **Бердин, А. С.** Оптимизация системы электроснабжения в условиях неопределенности / **А. С. Бердин, С. Е. Кокин, Л. А. Семенова** // *Промышленная энергетика.* – 2010. – № 4. – С. 29-35.
11. **Федотов, А. И.** Оптимизация затрат на электроэнергию для производств с продолжительным режимом работы / **А. И. Федотов, Г. В. Вагапов** // *Промышленная энергетика.* – 2010. – № 10. – С. 2–6.
12. Постанова НКРЕ України № 921 від 12.09.2003 “Про затвердження Правил Оптового ринку електричної енергії України в редакції, затвердженій Радою ринку від 4 вересня 2003 р.” ДП “Енергоринок”.
13. Функціонування ОРЕ, Аналіз цін в ОРЕ. Електронний ресурс. Режим доступу: [www.er.gov.ua/doc.php?c=5](http://www.er.gov.ua/doc.php?c=5).
14. **Борукаев, З. Х.** Анализ взаимосвязи данных динамики энергорынка с изменением цен на рынках энергоносителей / **З. Х. Борукаев, К. Б. Остапченко, О. И. Лисовиченко** // *Міжвідомчий науково-технічний збірник «Адаптивні системи автоматичного управління»*, 2015, № 1(26). – С. 8-101.
15. **Стогній, Б. С.** Основні параметри енергозабезпечення національної економіки на період до 2020 року [текст] / **Б. С. Стогній, О. В. Кириленко, А. В. Праховник, С. П. Денисюк, В. О. Негодуйко, П. П. Пертко, І. В. Білінов** – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2011. – 275 с.

### Bibliography (transliterated)

1. **Shydlovskiy, A. K., Pivniak, H. H., Rohoza, M. V., Vypanasenko, S. I.** Heoekonomika ta heopolityka Ukrainy, [*Geo-economics and geopolitics of Ukraine*], Dnipro: Natsional'nyj hirnychyj universytet, 2002, Dnipro, 282.
2. **Sinchuk, O. M., Boiko, S. M., Sinchuk, I. O., Karamanyts, F. I., Kozakevych, I. A., Baranovska, M. I., Yalova A. M.** Aspects of the problem of applying distributed energy in iron ore enterprise electricity supply systems Multi-authored monograph. Warsaw, 2018, 77.
3. **Hachatrjan, V. S., Balabekjan, M. A.** To Theory of Optimization of Large Power-Transmission System Modes. *Electrical Technology Russia*, 1980, **10**, 55-57.
4. **Hachatrjan, V. S., Mnacakanjan, M. A., Hachatrjan, K. V., Grigorjan, S. Je.** Optimizing Operating Modes of Large Electric Power System in Terms of Active Powers at Power Station Nodes. *Electrical Technology Russia*, 2008, **2**, 10-22.
5. **Hachatrjan, V. S., Temurdzhjan, A. V.** Optimization of United Electric Power System Structure Using Decomposition Method. *Electrical Technology Russia*, 1983, **8**, 8-13.
6. **Gurskij, S. K., Domnikov, S. V.** Active Power Distribution Using Guaranty Comparable Level Method. *Electrical Technology Russia*, 1982, **9**, 10-16.
7. **Smirnov, K. A.** Power System Modes Optimization Taking Into Account Electric Potential Limit. *Electrical Technology Russia*, 1997, **6**, 8-12.
8. **Serebrjanikov, N. I., Shicman, S. E.** System of Material Encouragement Rationalization for Interconnection and Thermal Power Station Mode Optimization. *Power Technology and Engineering*, 1993, **5**, 5-9.
9. **Stohnij, B. S., Kyrlyenko, O. V., Prakhovnyk, A. V., Denysiuk, S. P.** Volution of intelligent electric networks and their prospects in Ukraine. *Tekhnichna elektrodynamika*, 2012, **5**, 52-67.
10. **Berdin, A. S., Kokin, S. E., Semenova, L. A.** Power System Optimization under Uncertainty. *Industrial Power Engineering*, 2010, **4**, 29-35.
11. **Fedotov, A. I., Vagapov, G. V.** Electric Power Cost Optimization With a View to Production with Continuous Running Duty. *Industrial Power Engineering*, 2010, **10**, 2-6.
12. Postanova NKRE Ukrainy № 921 (2003), “Pro zatverdzhennia Pravyl Optovoho rynku elektrychnoi enerhii Ukrainyv redaktsii, zatverdzenij Radoiu rynku vid 4 veresnia 2003, “DP “Enerhorynok”.
13. Funktsionuvannia ORE, Analiz tsin v ORE. Available at: [www.er.gov.ua/doc.php?c=5](http://www.er.gov.ua/doc.php?c=5)
14. **Borukaev, Z. Kh., Ostapchenko, K. B., Lysovychenko, O. Y.** Analysis of the relationship between the data of the dynamics of the energy market and changes in prices in the energy markets”, *Mizhvidomchyy naukovotekhnichnyj zbirnyk Adaptivni systemy avtomatichnoho upravlinnia*, 2015, **1(26)**, 8-101.
15. **Stohnij, B. S., Kyrlyenko, O. V., Prakhovnyk, A. V., Denysiuk, S. P., Nehodujko, V. O., Pertko, P. P., Blinov, I. V.** Osnovni parametry enerhozabezpechennia natsional'noi ekohomiky na period do2020 roku [The main parameters of energy supply for national chemistry for the period up to 2020], 2011, Kyiv: In-t elektrodynamiky NAN Ukrainy, 275.

### Відомості про авторів (About authors)

**Сінчук Ігор Олегович** – кандидат технічних наук, доцент, Криворізький національний університет, доцент кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті. м. Кривий Ріг. Україна; e-mail:beridzet2016@gmail.com.

**Sinchuk Igor** – Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, Kryvy Rih National University, Department of automated electromechanical systems in industry and transport, Kryvy Rih, Ukraine; e-mail:beridzet2016@gmail.com.

*Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

**Сінчук, І. О.** Аналіз формування вартісно-цільової стратегії електроспоживання підприємств залізничної галузі України / **І. О. Сінчук** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2018. – № 26 (1302). – Т. 1. – С. 63-67. – doi:10.20998/2413-4295.2018.26.09.

*Please cite this article as:*

**Sinchuk, I.** Analysis of formation of a highly-target strategy of electricity supply of enterprises of individual department of Ukraine. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2018, **26** (1302), 1, 63-67, doi:10.20998/2413-4295.2018.26.09.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Синчук, И. О.** Анализ формирования ценностно-целевой стратегии электропотребления предприятий железорудной отрасли Украины / **И. О. Синчук** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серія: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2018. – № 26 (1302). – Т. 1. – С. 63-67. – doi:10.20998/2413-4295.2018.26.09.

**АННОТАЦИЯ** Проанализированы методы моделирования стратегии рационального электропотребления для горнорудных предприятий железорудной отрасли Украины. Обоснованы новые подходы к использованию методов математико-статистического анализа, модифицированных в соответствии с отраслевыми особенностями. Для оценки неизвестных величин по результатам наблюдений, содержащих случайные ошибки, применялся метод наименьших модулей. Имплементация полученных результатов позволила провести всесторонний анализ потребления электроэнергии и предложить соответствующие мероприятия в направлении обеспечения энергоэффективности предприятий горнорудного комплекса.

**Ключевые слова:** электропотребление; энергоэффективность; горнорудное предприятие; стоимость; моделирование

*Поступила (received) 01.07.2018*