

УДК 621.318.48:621.316

СИСТЕМА ЧИННИКІВ ФОРМУВАННЯ ФАКТОРНОГО ПРОСТОРУ Й ПРОЦЕС СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗАЛІЗОРУДНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ**О. М. Сінчук, І. О. Сінчук, А. М. Ялова, М. А. Віннік**

Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет»

вул. XXII Партз'їзду, 11, м. Кривий Ріг, 50027, Україна. E-mail: speet@ukr.net

Наведено результати досліджень аналізу споживання енергії вітчизняними гірничорудними підприємствами з підземним способом видобутку залізняку. Приведено структуру енергоспоживання, встановлено, що основним видом споживаної енергії є електрична. Показано зв'язок між об'ємами споживаної електричної енергії й собівартістю залізородної сировини, що добувається. Обґрунтовано необхідність управління процесом електро-споживання та планування обсягів споживання енергії підприємствами. Приведено класифікацію факторів, що впливають на ефективність системи нормування питомих витрат електричної енергії. Сформульовано методику створення факторної системи та інтегрального показника для здійснення управління енергопостачанням підприємств. Запропоновано обґрунтовану для реалізації методику ефективного керування процесом електроспоживання залізородних виробництв із підземними видами робіт, яка передбачає покрокову реалізацію цього процесу, а також дає можливість ефективно планувати діяльність підприємства.

Ключові слова: електроспоживання, залізородне виробництво, керування.**СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ФАКТОРНОГО ПРОСТРАНСТВА И ПРОЦЕСС ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ****О. Н. Синчук, И. О. Синчук, А. Н. Ялова, М. А. Винник**

Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет»

ул. XXII Партсъезда, 11, г. Кривой Рог, 50027, Украина. E-mail: speet@ukr.net

Приведены результаты исследований по анализу потребления энергии отечественными горнорудными предприятиями с подземными способами добычи железной руды. Представлена структура энергопотребления, установлено, что основным видом потребляемой энергии является электрическая. Показана связь объемов потребления электрической энергии предприятиями и себестоимости добываемого железорудного сырья. Обоснована необходимость управления процессом электропотребления и планирования объемов потребления энергии предприятиями. Представлена классификация факторов, которые влияют на эффективность системы нормирования удельных потерь электрической энергии. Сформулирована методика создания факторной системы и интегрального показателя для осуществления управления энергоснабжением предприятий. Предложена обоснованная для реализации методика эффективного управления процессом электропотребления железорудных производств с подземными видами работ, которая предусматривает пошаговую реализацию этого процесса, а также дает возможность эффективно планировать деятельность предприятия.

Ключевые слова: электропотребление, железорудное производство, управление.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Залізородна промисловість України є основним джерелом поповнення валютних запасів держави [1, 2].

Конкуентоспроможність на світовому ринку видобуваної на вітчизняних гірничорудних підприємствах залізородної сировини (ЗРС) значною мірою залежить від собівартості процесу її видобутку.

На жаль, з низки причин, у тому числі об'єктивних, цей показник на всіх без винятку вітчизняних залізородних підприємствах має стійку тенденцію до щорічного зростання, незалежно від способу видобутку – кар'єрний (відкритий) чи підземний (шахтний) [2, 3].

Так, виробнича собівартість руди, що добувається, по Публічному акціонерному товариству «Криворізький залізородний комбінат» (ПАТ «КЗРК») з 2005 по 2012 рік зросла більш ніж у 2,5 рази. Аналогічна або близька до цього ситуація й по інших залізородних комбінатах [2]. На рис. 1 наведено діаграму зміни собівартості залізної руди, що добувається на підприємствах України. Як бачимо, лише з 2011 по 2012 рік собівартість видобутку корисних копалин на вітчизняних залізородних підприємствах,

зокрема по Запорізькому залізородному комбінату (ЗЗРК), зросла на 18,1 %, по КЗРК – на 19,23 %, по ПАТ «Суша Балка» – на 12,71 %.

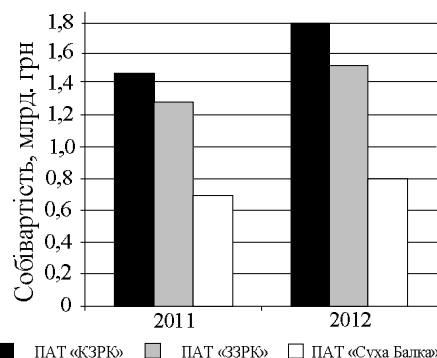


Рисунок 1 – Діаграма собівартості сирової руди, що добувається на підприємствах України з підземними способами видобутку залізородної сировини

Значною мірою, поряд з іншими об'єктивними (хоча й не завжди об'єктивними) чинниками, «прови-

на» в цій зростаючій прогресії – енерговитрати на 1 т руди, що добувається, і, що важливе, електроенерговитрати, оскільки вони, наприклад, для підземних комбінатів складають більше ніж 90 % від всього обсягу енерговитрат [2, 3]. Так, за останні п'ять років доля електроенерговитрат при видобутку 1 тонни сирової руди підземним способом збільшилася на 18 %.

2011 року за спожиту електричну енергію КЗРК сплатив 86,6 %, за газ – 10,16 % і за теплову енергію – 3,3 % від загальної плати за енергоносії. 2012 року – відповідно 89, 7 і 4 %. Очевидно, що основною складовою в оплаті енергоносіїв, споживаних залізородними шахтами, є електрична енергія – близько 90 % у грошовому еквіваленті від усієї суми плати за енергоносії.

За спожиту 2011 року електричну енергію КЗРК сплатив у 8,5 разів більше, ніж за газ, і у 27,5 разів більше, ніж за теплову енергію. Аналогічна ситуація спостерігалася і 2012 року – в 13,1 разів більше, ніж за газ, і у 23,3 рази – чим за теплову енергію.

При цьому доповнимо цю інформацію й тим, що обсяги споживання електричної енергії за проаналізовані роки практично залишилися без зміни, застигнувши на рівні 350 млн. кВт·год, а ось об'єми вжитку природного газу підприємствами КЗРК, починаючи з 2003 року, постійно щорічно зменшуються [2].

Продовжуючи аналіз собівартості ЗРС, відзначаємо факт, що рівень собівартості видобутку залізняку на підприємствах із підземними способами видобутку корисних копалин (як, втім, і з кар'єрним способом) має прямий зв'язок з обсягом споживаної

електричної енергії, тобто з матеріальними витратами на її оплату. Так, найвища собівартість видобутку сирової руди по ПАТ «Криворізький залізородний комбінат» належить шахті «Батьківщина», і розміри плати за електричну енергію тут найвищі зі всіх шахт комбінату (рис. 2).

Незважаючи на те, що залізородні шахти й комбінати належать до підприємств із безперервним циклом роботи, все ж коливання рівнів споживання електричної енергії тут носять різкозмінний і непередбачуваний характер. Так, по шахтах одного й того ж комбінату рівні споживання електричної енергії шахт із практично однаковими обсягами здобичі корисних копалин діапазон коливань досягає нерідко потрійних значень. При цьому цікавий і той факт, що в різні дні одного й того ж місяця коливання рівнів споживання електричної енергії навіть по одній шахті можуть досягати більш ніж двократних значень.

Таким чином, навіть в апріорній площині очевидно, що багато в чому не стільки зменшення обсягів споживання електричної енергії, скільки очікувана й необхідна керованість цього процесу на залізородних підприємствах є об'єктом дослідження й реальним потенціалом підвищення ефективності використання енергії [4–8].

На жаль, цей процес на залізородних підприємствах майже відсутній, як і відсутні дієві служби енергоменеджменту. Зазвичай процес підвищення ефективності використання електричної енергії на залізородних шахтах обмежується організаційними й малозначними заходами.

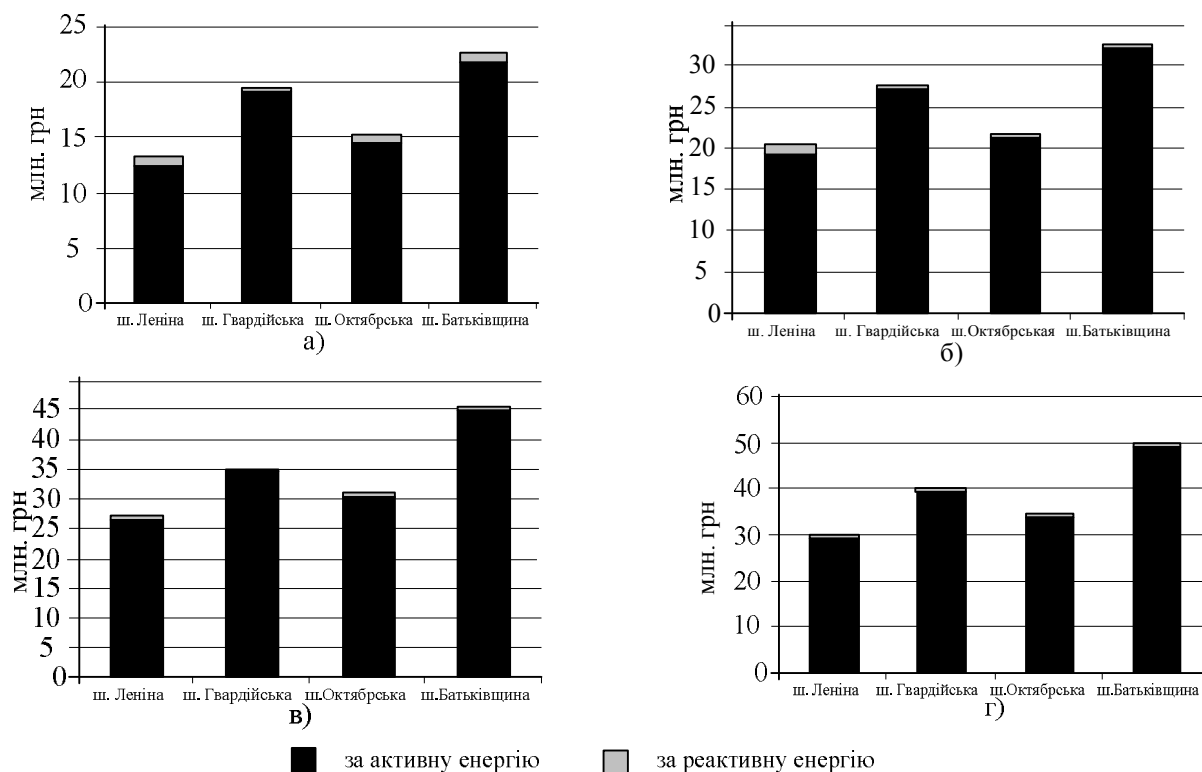


Рисунок 2 – Діаграма оплати за споживану електроенергію по шахтах ПАТ «Криворізький залізородний комбінат»: а) за 2009 р.; б) за 2010 р.; в) за 2011 р.; г) за 2012 р.

Більше того, обсяги споживання норми питомого електроспоживання, що плануються самими ж таки підприємствами, та фактичні майже ніколи не співпадають у своїх значеннях. Тому задача визначення чинників, що впливають на процес споживання електричної енергії, нормування та контроль її питомих витрат є однією з першочергових задач управління залізничним підприємством у цілому.

Ефективне вирішення проблеми щодо якості роботи апарату керування вищеприведеними процесами залежить від обсягу отриманої та обробленої інформації щодо діяльності конкретного залізничного комбінату. Водночас значна кількість вихідних даних збільшує розмірність задачі та створює труднощі щодо оперативних розрахунків та якісного прийняття рішень [9–11].

Метою роботи є встановлення базових принципів керування якістю прийняття рішень щодо процесу електроспоживання та розробки методології керування цим процесом.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Базові принципи управління полягають у прийнятті рішень на основі фактів, що вирішуються методом моделювання процесів інструментаріями математичної статистики [12–14]:

- виявлення значимих інформативних чинників найбільш точно може бути встановлено при системному підході етапного одержання експертних оцінок [12, 13];

- визначення форми проведення опитування (по анкетах, анонімно);

- формування експертної групи, до якої входять фахівці в галузі енергозбереження та електроспоживання на гірничодобувних комбінатах, оскільки результативність опитування буде залежати від їх компетентності;

- формування правил і порядку роботи експертної групи, заснованих на принципах системи експертних оцінок при дотриманні повної інформованості експерта про результати оцінок, зроблених іншими експертами, незалежності кожного експерта при обробці результатів анкет опитувань і збереження анонімності оцінок.

Ефективна робота системи нормування питомих витрат електричної енергії вимагає обліку техніко-економічних факторів, нормативно-правового забезпечення, матеріального стимулювання тощо. При цьому кожний з інформативних чинників може, у свою чергу, характеризуватися ще декількома показниками (обмежене використання Інтернет-технологій, недосконала система ціноутворення на енергоносії та ін.).

Все різноманіття чинників, що впливають на ефективність системи нормування питомих витрат електроенергії (ЕЕ), розділимо на низку характерних груп за основними для них факторами: правові, організаційні, інформаційно-освітні, методологічні та економічні засади.

1. Правові засади, пов'язані з недостатнім забезпеченням нормативно-правової бази контролюючих державних органів у роботі підприємств, у тому

числі комбінатів, відсутністю обґрунтованих правових санкцій за порушення норм питомих витрат ЕЕ, відсутністю нормативно-правових актів щодо стимулювання підприємств у разі виконання норм питомих витрат та запропонування їм пільг різного призначення. Прийняття цілої низки нормативно-законодавчих актів, регулюючих відносини у сфері енергозбереження для практичного використання на підприємствах, у господарствах, на місцевому, галузевому та державному рівнях, не сприяло суттєвому пожевланню процесів енергозбереження в країні.

2. Організаційні засади, в основному пов'язані з відсутністю уніфікованої системи документообігу щодо ефективного використання ЕЕ та низьким рівнем інформування щодо можливостей енергозбереження для транспортної сфери. Інтенсифікація енергозбереження неможлива без створення системи надійного та ефективного управління цим процесом в усіх секторах економіки, за якими енергозбереження та прибутковість підприємств стануть найважливішою метою виробництва навіть при високому рівні витрат на впровадження енергозберігаючих технологій та обладнання.

3. Інформаційно-освітні засади, пов'язані з недостатнім рівнем освіченості працівників гірничодобувних комбінатів у сфері енергозбереження про можливості економії енергії, наявності енергозберігаючого обладнання, а також обмеженість інформаційних центрів щодо розробки системи норм питомих витрат ЕЕ інформаційним забезпеченням.

4. Економічні засади, пов'язані з нестабільною системою ціноутворення на енергоносії в країні та слабким матеріальним стимулюванням відповідних фахівців підприємства, відсутністю системи виявлення та використання резервів енергозбереження (аналіз, планування, моніторинг), створення внутрішньогосподарських фондів енергозбереження.

5. Методологічні засади, пов'язані з використанням спрощеної методики визначення норм питомих витрат ЕЕ для гірничодобувних комбінатів, що може призвести до неточних результатів системи нормування. Існуюча система нормування питомих витрат ЕЕ базується на застарілому – «радянському» – підході. Розрахункові формули наводяться лише у загальному вигляді та не завжди використовуються у подальшому виконанні практичних розрахунків.

Експертиза проводилася за спеціально розробленою опитувальною анкетною, в яку на підставі теоретичного аналізу включені 20 інформативних факторів. До експертної групи були залучені фахівці в галузі енергетики Міністерств та відомств, науководослідних інститутів.

Отримання в результаті анкетного опитування інформації залежить великою мірою від якості складених анкет, організації та проведення опитування [4, 5, 11]. Виходячи з цього, при складанні анкет слід керуватись такими правилами:

- включати в опитування всі або хоча б основні фактори, що впливають на досліджувану результативну ознаку;

- вживати назви факторів, тільки загальноприйнятті для досліджуваного процесу;
- за можливістю вказувати для факторів інтервали;
- анкети складати невеликими за розміром, лаконічними та такими, що не потребують багато часу на їх читання та заповнення;
- питання в анкеті формувати чітко, не припускати двоякого тлумачення;
- опитувати таких фахівців (експертів), які чітко уявляють собі досліджуваний процес;
- до опитування залучати фахівців різних споріднених спеціальностей;
- опитування проводити так, щоб забезпечити незалежність думки опитуваного фахівця;
- кількість опитуваних фахівців повинна значно перевищувати кількість факторів, включених у дослідження.

При заповненні анкет застосовують метод апріорного ранжирування, який потребує розміщення факторів у порядку зменшення ступеня її впливу на результативний показник.

Підготовлені анкети вручають фахівцям для заповнення. Результати зводять у табл. 1.

Таблиця 1 – Результати анкетування

Експерти	Ранги факторів, включених в опитування				
	X ₁	X ₂	X ₃	X _n

Цифри у стовпці «ранги» повинні відповідати місцю (номеру), відведеному даному фактору (число «1» приписується найзначнішому за впливом фактору й т.ін.). Якщо ви вважаєте, що ступінь впливу кількох факторів однаковий, то їм надається однаковий номер-ранг.

Попередній економічний аналіз повинен довести, що між ознаками, які обрані для дослідження, існує причинний зв'язок.

Аналіз експертних оцінок було проведено із застосуванням методу парних порівнянь, у результаті якого отримали ранжування впливу досліджуваних характеристик для поставленої задачі. Порівняння здійснювалось трьома ступенями вагомості характеристик: більш впливова, менш впливова та рівнозначимі з відповідною символікою та кількісним видом: “>”, “<”, “=”. Пріоритет характеристики визначався за виразом

$$k_{pr} = \frac{\sum_{i=1}^{m-1} k_i}{n(n-1)}, \quad (1)$$

де $\sum_{i=1}^{m-1} k_i$ – сума середньої кількісної оцінки порівняння факторів експертами; n – кількість порівняльних характеристик.

У табл. 2 зведено дані порівняльного аналізу характеристик експертами.

Таблиця 2 – Пріоритет характеристик

	F1	F2	F3	F4	F5	Сума	Визначення пріоритету	Пріоритет характеристики
F1	–	1,1	1	0,9	0,9	39,9	0,195	2
F2	0,9	–	1,3	1,1	0,8	33,3	0,165	4
F3	1	0,7	–	0,9	0,5	31,1	0,155	5
F4	1,1	0,9	1,1	–	0,8	39,9	0,195	3
F5	1,1	1,2	1,5	1,2	–	43,1	0,25	1

За результатами експертних оцінок, найбільш вагомими факторами впливу на ефективність системи нормування питомих втрат енергетичних ресурсів для гірничодобувних комбінатів стали економічний фактор, правові засади та методологічне забезпечення.

Останнім часом у літературі [12, 13] висловлюється думка про те, що при визначенні інтегральних показників щодо обґрунтування ефективності системи нормування питомих втрат енергетичних ресурсів необхідно використовувати абсолютні показники діяльності підприємства: обсяг виробництва й реалізації продукції, витрати, прибуток, активи тощо. Але абсолютних показників, так само як і відносних, дуже багато, тому при формуванні факторної системи можна керуватися, на наш погляд, наступними принципами:

- обмеженість числа показників у факторній моделі;
- багатофункціональність факторів повинна компенсувати їх невелике число;
- динамізм, який дозволить оцінити ситуацію в русі;
- запобігливість, оскільки показники повинні сигналізувати про виникнення критичних ситуацій;
- співставленість чинників.

При розробці інтегрального показника для управління енергопостачанням підприємств необхідно враховувати наступні умови.

1. Недостатність початкової інформації. Для визначення комплексного показника енергопостачання потрібна інформація про різноманітні показники діяльності. При цьому необхідно проводити облік витрат, збирати інформацію про фінансові потоки, трудові й матеріальні ресурси, облік робочого часу тощо. Проте зазвичай облік відповідних показників на підприємстві поставлений недостатньо й багато хто складає тільки необхідну звітність. Тому для використання пропонованого нами інтегрального показника для управління енергопостачанням підприємства необхідно розробити не тільки методики його розрахунку, але й запропонувати відповідну базу для підготовки початкової інформації.

2. Необхідність повноти вивчення енергопостачання, на яке впливають усі показники виробничої діяльності підприємства, тобто вивчення протя-

гом усього життєвого циклу підприємства.

3. Облік взаємопов'язаності показників між собою. При вивченні енергопостачання всі показники, що його характеризують, пов'язані між собою й витікають один з одного, виходячи з принципів їх формування.

4. Однакова спрямованість дії на енергопостачання. Для коректного розрахунку інтегрального показника енергопостачання в набір чинників не включаються показники, що негативно впливають на нього. Вплив таких чинників ураховується за допомогою інших показників діяльності підприємства, через які вони виражаються.

Ступінь взаємопов'язаності чинників між собою можна оцінити за допомогою кореляційно-регресійного аналізу, на підставі якого вибрати такі показники, які є ключовими, а всі останні можна виразити через них. Суть методу кореляційно-регресійного аналізу розглянута багатьма фахівцями [7, 8] і полягає в наступному.

1. Визначаються результуючий показник і чинники, що на нього впливають. До факторних ознак може бути віднесений набір змінних, які міняються в деяких межах. Математична формула, яка виражає реальні зв'язки між аналізованими чинниками, у спрощеному вигляді може бути надана виразом (2)

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (2)$$

де y – результуюча ознака; x_i – факторні ознаки.

2. Проводиться кореляційний аналіз, у процесі якого встановлюється наявність зв'язку між чинником і результуючим показником, а також оцінюється тіснота даного зв'язку. Коефіцієнт парної кореляції по модулю міняється в межах від 0 до 1; чим ближче до 1, тим тісніше зв'язок. При прямолінійній формі зв'язку коефіцієнт парної кореляції розраховується за рівнянням (3)

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (3)$$

де r_{xy} – коефіцієнт кореляції між двома випадковими змінними; x, y – незалежний чинник і результуюча змінна, які є випадковими величинами; \bar{x}, \bar{y} – середні значення незалежного чинника й результуючої змінної.

У деяких випадках для визначення тісноти зв'язку між досліджуваними параметрами розраховують коефіцієнт детермінації (R^2), який є квадратом коефіцієнта кореляції. Застосовуючи коефіцієнт детермінації, дослідник має справу тільки з двома результатами дослідження: є залежність – коефіцієнт детермінації вище 0,5, немає залежності – коефіцієнт детермінації менше 0,5. Крім того, значення коефіцієнта детермінації безпосередньо вказує на ступінь впливу незалежного чинника на результати-

вий показник.

Проте багатофакторна система вимагає вже не одного, а безліч показників тісноти зв'язку. У цьому випадку основою вимірювання зв'язків є матриця парних коефіцієнтів кореляції. На основі матриці можна судити про тісноту зв'язку чинників із результуючою ознакою й між собою.

Після проведення кореляційного аналізу у факторну модель включаються ті показники, які мають найбільш тісний зв'язок із результуючим показником і найменш тісний між собою.

3. Проводиться регресійний аналіз для визначення виду залежності між факторами й результуючим показником. При цьому передбачається, що незалежні фактори є невідповідними величинами; а результуючий показник має постійну, не залежну від чинників дисперсію й стандартне відхилення.

Проста лінійна регресійна модель, що пов'язує між собою результуючий параметр Y і деякий незалежний фактор X , виглядає таким чином (4):

$$Y(X) = a + b(X). \quad (4)$$

Прямолінійне рівняння регресії показує рівномірну зміну результуючої ознаки із збільшенням факторної. Коефіцієнт регресії a є основним показником у рівнянні регресії. Він показує, на скільки одиниць у середньому змінюється результуюча ознака Y із зміною на одну одиницю факторної ознаки X . Для знаходження чисельного значення коефіцієнта регресії й вільного члена застосовується метод найменших квадратів [12].

4. Часто зв'язок між показниками може бути описаний не як прямолінійний, а як криволінійний. Дані про значення показників за допомогою комп'ютерних програм, заснованих на сучасних статистичних методах, піддаються аналітичній обробці: 1) для того, щоб визначити, чи є даний зв'язок криволінійним або прямолінійним; 2) для оцінки параметрів криволінійної залежності. Після того, як оцінки параметрів залежності найбільш відповідного типу знайдено, їх можна використовувати для прогнозування перспективного рівня показника за заданим прогнозним значенням обсягу реалізації.

При рішенні поставленої задачі початкову інформацію розглядають як багатофакторну модель залежності енергопостачання підприємства від декількох факторів. У цьому випадку задачу вирішують за допомогою багатовимірної регресійної моделі [13]. Тоді модель, що описує цю залежність, виглядає таким чином (5):

$$\bar{y} = X * \bar{a} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n, \quad (5)$$

де y – результуючий показник; a – вектор параметрів показників діяльності (коефіцієнти рівняння регресії); X – матриця показників діяльності.

5. Відбувається перевірка моделі на адекватність. У процесі такої перевірки або підтверджується, або не підтверджується відповідність розробленої моделі реальному процесу. З метою перевірки моделі на адекватність розроблено декілька методів (вони на-

зиваються критеріями згоди, наприклад, критерій Ст'юдента, критерій Фішера тощо).

Наприклад, критерій Ст'юдента служить для перевірки приналежності двох середніх значень із нормально розподілених вибірок (експериментальною й теоретичною) одній генеральній середній за умови, якщо дисперсії цих вибірок рівні (або близькі), хоча й невідомі. Для перевірки гіпотези розраховується критерій Ст'юдента за виразом

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{(n_x - 1)s_x + (n_y - 1)s_y}} \sqrt{\frac{n_x n_y (n_x + n_y - 2)}{n_x - n_y}}. \quad (6)$$

Із статистичних таблиць по t -розподілу для вибраного рівня значущості й відомих мір свободи (міра свободи – це кількість елементів у вибірці без одного) знаходиться табличне значення t -критерія ($t_{табл}$). У тому разі, якщо розраховане значення t -критерія більше за табличний (за абсолютною величиною), тобто $|t| > t_{табл}$, то гіпотеза про рівність двох вибірок відкидається. Якщо ж $|t| < t_{табл}$, то гіпотеза підтверджується, значить, наша випадкова величина розподілена за нормальним законом. Інші критерії перевірки моделі на адекватність засновані на тому ж принципі, що й критерій Ст'юдента.

При адаптації приведеного методу до дослідження енергопостачання підприємства необхідно відзначити, що завданням проведення кореляційно-регресійного аналізу є формування факторної моделі, на підставі якої ми визначимо інтегральний показник для управління енергопостачанням підприємства до й після проведення реінжинірингу.

Застосування інтегрального показника, що розробляється, дозволить вирішити проблему множинності показників і їх співвідношення. При цьому він дозволить проводити визначення рівня енергопостачання, стадії життєвого циклу розвитку підприємства й здійснювати прогнозування зміни його рівня до й після проведення реінжинірингу.

Пропонується здійснювати управління енергоспоживанням підприємства за наступними кроками.

1. Формування бази факторної системи чинників впливу на енергопостачання.
2. Розрахунок інтегрального показника для управління енергопостачанням підприємства.
3. Вимірювання рівня ефективності енергопостачання підприємства, оцінка його відповідності життєвому циклу на основі інтегрального показника.

Кожен крок містить низку послідовних дій, які реалізують побудову інтегрального показника.

1 крок. Проведення моніторингу управління енергопостачанням підприємства на основі економічного аналізу з урахуванням життєвого циклу підприємства. Мета даного аналізу – оцінити фінансові ресурси підприємства. Економічний аналіз дозволить оцінити здатність підприємства досягти певного рівня ефективного використання енергоресурсів і визначити зовнішні й внутрішні чинники, що впли-

вають на управління енергопостачанням підприємства, прогнозувати зміни показників енерговитрат підприємства.

2 крок. Формування факторної системи й облікової бази для розрахунку інтегрального показника. Для підготовки початкової інформації формується облікова база, яка дозволяє враховувати впливові чинники.

3 крок. Розрахунок інтегрального показника для управління енергопостачанням підприємства. Інтегральний показник управління енергопостачанням підприємства – число, що дозволяє оцінити рівень ефективності енергопостачання при обліку всіх основних показників діяльності підприємства. Зміна інтегральних показників у часі дозволяє визначити динаміку зміни управління енергопостачанням підприємства.

Розрахунок інтегрального показника є найважливішим етапом. При його проведенні можна задати таку послідовність операцій.

1. Набір виявлених показників розглядається як багатовимірний простір. У даному випадку можна говорити про п'ятимірний простір, оскільки виявлених чинників, що впливають на управління енергопостачанням підприємства, п'ять. Зміна параметрів із часом характеризує траєкторію руху системи в даному п'ятимірному просторі, тобто траєкторію зміни управління енергопостачанням підприємства.

2. Якщо припустити, що в процесі еволюції траєкторії зміни параметрів можуть заповнювати весь простір, тоді в кожній точці траєкторії обчислюється її похідна за часом (аналог темпу зростання), отже, маємо векторний простір. При цьому в просторі траєкторії можуть бути трьох типів:

- що розходяться (коли в процесі еволюції траєкторії все далі віддалятимуться від початкової точки, що відповідає ефективному управлінню енергопостачання підприємства);
- граничний цикл (траєкторія беззбиткової) – коли в процесі еволюції система повертається в початковий стан, що відповідає рівноважному стану системи;
- що сходяться (коли в процесі еволюції система наближається до початкової точки, що відповідає неефективному управлінню енергопостачання підприємства).

Траєкторія, що розходиться, буде, якщо в досліджуваній точці векторного поля є джерело, за рахунок якого відбувається його розбіжність. Якщо джерело відсутнє, то траєкторія буде сходиться.

Динамічна характеристика ефективного управління енергопостачанням підприємства за рахунок усіх чинників визначається за допомогою єдиного рівняння, утворюючого вектор стану системи:

$$W_i = \sum_j (a_{ij})^2. \quad (7)$$

Даний вектор характеризує систему в i -ому стані, j -ий момент часу, тобто він характеризує систему як ціле за вказаний період часу. При цьому він є «ди-

намічною» характеристикою системи у вказаний період часу.

Знаходження похідної за рівнянням полінома визначає динамічний рівень ефективного управління енергопостачанням підприємства за вибраними чинниками:

$$Div(t) = \sum_{n=1}^k W_n n t^{n-1}. \quad (8)$$

Оскільки розрахунок інтегрального показника ґрунтується на поліномі, то за допомогою його можна зробити прогноз зміни рівня ефективного управління енергопостачанням підприємства на наступний період.

ВИСНОВКИ. Отриманий інтегральний показник дозволяє ефективно управляти процесом енергоспоживання залізорудного підприємства, визначити його рівень, стадію життєвого циклу й скласти прогноз на наступний – планований період. При цьому перевагою пропонуємого метода є відсутність строго нормативного значення. При вирішенні практичних задач конкретне число рівня стійкості системи не є значимим, а цікава загальна динаміка. При цьому нормальний рівень стійкості для кожного підприємства свій і пристосований до умов його функціонування.

Можливості отриманого інтегрального показника не обмежуються моніторингом зміни структури та обсягів енергоспоживання залізорудного підприємства, а й визначенням його рівня ефективності на певний момент часу, визначенням стадії розвитку й складанням прогнозу на наступний період. За його допомогою також можливо ефективно планувати діяльність підприємства, а змінюючи показники факторної системи, заздалегідь оцінювати, як це вплине на діяльність підприємства в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шидловський А.К., Віхорев Ю.О., Гінайло В.О. та ін. Енергетичні ресурси та потоки / Під ред. А.К. Шидловського. – К.: УЕЗ, 2003. – 472 с.
2. Бабец Е.К., Штанько Л.А., Салганик В.А. и др. Сборник технико-экономических показателей горнодобывающих предприятий Украины в 2009–2010 гг. Анализ мировой конъюнктуры рынка ЖРС 2004–2011 гг. – Кривой Рог: Видавничий дім, 2011. – 329 с.

3. Азарян А.А., Вілкул Ю.Г., Капленко Ю.П. и др. Комплекс ресурсо- і енергозберігаючих геотехнологій видобутку та переробки мінеральної сировини, технічних засобів їх моніторингу із системою управління і оптимізації гірничорудних виробництв. – Кривий Ріг: Мінерал, 2006. – 219 с.

4. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Праховник А.В. та ін. Основні параметри енергозабезпечення національної економіки на період до 2020 року. – К.: Вид-во Ін-ту електродинаміки НАН України, 2011. – 275 с.

5. Качан Ю.Г., Дьяченко В.В. Об оценке потенциала энергосбережения в системах электроснабжения // Интегрированные технологии та энергосбережения: щоквартальний наук.-практ. журн. – Харків: НТУ «ХП», 2005. – Вип. 2. – С. 154–156.

6. Железко Ю.С., Артемьев А.В., Савченко О.В. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. – М.: Изд. НЦ НАС, 2004. – 278 с.

7. Качан Ю.Г., Дьяченко В.В. О формировании энергоэффективной схемы цеховой электрической сети // Интегрированные технологии та энергосбережения: щоквартальний наук.-практ. журн. – Харків: НТУ «ХП». – 2006. – Вип. 2. – С. 21–26.

8. Праховник А.В., Калінчик В.П. Управление электрическим навантаженням // Управление энергоснабжения: збірник доповідей «Альянс за збереження енергії». – К., 2001. – С. 225–230.

9. Киреева Э.А., Юнес Т., Айюби М. Автоматизация и экономия электроэнергии в системах промышленного электроснабжения: справочные материалы и примеры расчетов. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 120 с.

10. Кузнецов В.Г., Тугай Ю.І. Тенденції розвитку систем електропостачання // Електротехніка та електроенергетика. – 2000. – Вип. 2. – С. 73–74.

11. Ричард Ньютон. Управление проектами от А до Я / Пер. с англ. А. Кириченко. – М.: Альпина Паблишер, 2011. – 192 с.

12. Уилкс С. Математическая статистика. – М.: Наука, 1967. – 632 с.

13. Гаек Я., Шидак З. Теория ранговых критериев. – М.: Наука, 1971. – 375 с.

14. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрии. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 1022 с.

THE SYSTEM OF INDICATORS OF THE FORMATION OF THE FACTOR SPACE AND THE PROCESS OF ELECTRICITY CONSUMPTION OF IRON ORE ENTERPRISES

O. Sinchuk, I. Sinchuk, A. Yalovaya, M. Vinnik

State Institution of Higher Education «Kryvyi Rih National University»

vul. XXII Partyzyzdu, 11, Krivyi Rih, 50027, Ukraine. E-mail: speet@ukr.net

Results of researches of the analysis of energy consumption of the domestic mining enterprises with underground methods of mining iron ore are given. The structure of energy consumption is presents. It was found that the main type of energy use is electricity. The relationship is shown between the consumption of electric power enterprises and the cost of mined iron ore. The need for process control energy consumption and planning of energy consumption enterprises is justified. The authors present a classification of factors that influence the effectiveness of the regulation system of electric energy specific losses. A method of creating factor system and integral indicator for controlling the energy supply companies have formulated. Proposed is reasonable to implement the technique of effective process power con-

sumption control of iron ore production from underground activities, which provides step-by-step implementation of that process, and also gives the possibility to plan the activities of the enterprise.

Key words: power consumption, iron ore production, control.

REFERENCES

1. Shidlovskiy, A.K., Vihorev, Yu.O. and Gnajlo, V.O. (2003), *Enerhetychni resursy ta potoky* [Power resources and streams], UEZ, Kyiv. (in Ukrainian)
2. Babets, E.K., Shtanko, L.A. and Salganik, V.A. (2011), *Sbornyk tekhniko-ekonomycheskykh pokazateley gornodobivaiushchykh predpriyatiy Ukrainy v 2009–2010 gg. Analiz myrovoy koniuktury rinka ZhRS 2004–2011 gg.* [Collection of technical and economic indexes of mining enterprises of Ukraine in 2009–2010. Analysis of world situation at the market of iron-ore raw material in 2004–2011], Vidavnychiy Dim, Kryviy Rih. (in Russian)
3. Azaryan, A.A., Vilkul, Yu.G., Kaplenko, Yu.P. and others (2006), *Kompleks resurso- i enerhozberihaiuchykh heotekhnologii vydobutku ta pererobky mineralnoi syrovyny, tekhnichnykh zasobiv yikh monitorynhu iz systemoyu upravlinnia i optymizatsii hirnychorudnykh vyrobnytstv* [A complex of resources and energykeeping geotechnologies of booty and processing of mineral raw material, technical equipments of their monitoring is from a system management and optimization of mining productions], Mineral, Kryviy Rih. (in Ukrainian)
4. Stogniy, B.S., Kirilenko, O.V., Prakhovnik, A.V. and Denisyuk, S.P. (2011), *Osnovni parametry enerhozabezpechennia natsionalnoi ekonomiky na period do 2020 roku* [Basic parameters of providing of national economy energy on a period 2020 to], Vid. Institutu Elekyrodinamiki NAN Ukraini, Kyiv. (in Ukrainian)
5. Kachan, Yu.G. and Dyachenko, V.V. (2005), “On the assessment of energy saving potential in energy supply systems”, *Intehrovani tekhnologii ta nerhozberezhennya*, no. 2, pp. 154–156. (in Russian)
6. Zhelezko, Yu.S., Artemyev, A.V. and Savchenko, O.V. (2004), *Raschet, analiz i normirovanie poter elektroenergii v elektricheskikh setyah* [Calculation, analysis and valuation of losses of electric energy in electric networks], NC NAS, Moscow. (in Russian)
7. Kachan, Yu.G. and Dyachenko, V.V. (2006), “On the formation of energy-efficient schemes Guild electric network”, *Intehrovani tekhnologii ta enerhozberezhennia*, no. 2, pp. 21–26. (in Russian)
8. Prakhovnyk, A.V. and Kalinchyk, V.P. (2001), “Control of electric load”, *Upravlinnya enerhovykorystannya: zbirnyk dopovidey*, Kyiv, pp. 225–230. (in Ukrainian)
9. Kireeva, E.A., Yunes, T. and Ayyubi, M. (1998), *Avtomatizatsiya i ekonomiya elektroenergii v sistemah pro-myishlennogo elektrosnabzheniya: spravochnyie materialy i primery raschetov* [Automation and energy saving in systems of industrial power: Reference and examples of calculations], Energoatomizdat, Moscow. (in Russian)
10. Kuznyetsov, V.H. and Tuhai, Yu.I. (2000), “Trends in development of power supply systems”, *Elektrotekhnik ta elektroenerhetyka*, no. 2, pp. 73–74. (in Ukrainian)
11. Nyuton, R. (2011), *Upravlenie proektami ot A do Ya* [Project management from A to Z], Alpina Publisher, Moscow.
12. Gaek, Ya. and Shidak, Z. (1971), *Teoriya rangovyih kriteriev* [Theory of grade criteria], Nauka, Moscow. (in Russian)
13. Wilks, S. (1997), *Matematicheskaya statistika* [Mathematical statistics], Nauka, Moscow. (in Russian)
14. Ayvazyan, S.A. and Mhitaryan, V.S. (1998), *Prikladnaya statistika i osnovy ekonometrii* [Applied statistics and bases of econometres], UNITY, Moscow. (in Russian)

Стаття надійшла 21.01.2015.