

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 331.108.24

Мержинський Є.К., к. е. н.,
доцент кафедри економіки та інформаційних технологій
Запорізька державна інженерна академія

Костенко Д.П., магістр
кафедри економіки та інформаційних технологій
Запорізька державна інженерна академія

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОСПОЖИВАЮЧИХ СИСТЕМ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Мержинський Є.К., Костенко Д.П. Концептуальна модель розвитку енергоспоживаючих систем металургійного підприємства. У статті проаналізовано умови підвищення енергоефективності металургійного підприємства. Запропоновано концептуальну модель розвитку енергоспоживаючих систем металургійного підприємства в умовах реформування ринку електричної енергії, яка базується на комплексному управлінні перспективним енергоспоживанням для формування високої якості паливно-енергетичного балансу підприємства, що забезпечує приріст енергетичних та економічних результатів діяльності за рахунок використання системи економіко-математичних моделей аналізу і прогнозування енергоспоживання підприємства.

Ключові слова: енергоефективність, прогнозна модель енергоспоживання, енергоспоживаючі системи, реформа, паливно-енергетичний баланс.

Мержинский Е.К., Костенко Д.П. Концептуальная модель развития энергопотребляющих систем металлургического предприятия. В статье проанализированы условия повышения энергоэффективности металлургического предприятия. Предложена концептуальная модель развития энергопотребляющих систем металлургического предприятия в условиях реформирования рынка электроэнергии, которая базируется на комплексном управлении перспективным энергопотреблением для формирования высокого качества топливно-энергетического баланса предприятия, обеспечивает прирост энергетических и экономических результатов деятельности за счет использования системы экономико-математических моделей анализа и прогнозирования энергопотребления предприятия.

Ключевые слова: энергоэффективность, прогнозная модель энергопотребления, энергопотребляющие системы, реформа, топливно-энергетический баланс.

Merzhynskiy Ye.K., Kostenko D.P. Conceptual model of development of energy-consuming systems of the metallurgical enterprise. The article analyzes the conditions for increasing the energy efficiency of the metallurgical enterprise. A conceptual model for the development of energy-consuming systems of a metallurgical enterprise is proposed in the context of reforming the electricity market, which is based on the integrated management of perspective energy consumption for the formation of a high quality of the fuel and energy balance of the enterprise, provides an increase in energy and economic performance by using a system of economic and mathematical models for analyzing and forecasting energy consumption.

Keywords: energy efficiency, predictive model of energy consumption, energy-consuming systems, reform, energy balance.

Постановка проблеми. За оцінкою експертів, енергоемність вітчизняних підприємств та валового внутрішнього продукту країни у п'ять разів вище середньосвітового й у вісім разів вище, ніж у розвинених країнах, що пов'язано, головним чином, із надмірною ресурсною орієнтацією підприємств і неефективним енергетичним ринком держави [1]. Позитивний економічний і соціальний ефект за зни-

ження енергоемності валового внутрішнього продукту виникає тільки у разі стимулювання реального впровадження енергозберігаючих технологій в умовах ефективного реформування комплексної системи енергетичного ринку держави.

Актуальність теми дослідження зумовлена й тим, що поряд із підвищенням енергоемності виробництва відбувається радикальна зміна системи госпо-

дарювання, що пов'язана з упровадженням нової моделі ринку електричної енергії з 2017 р. [2]. Своєю чергою, це призведе до появи нових суб'єктів господарювання у сфері управління виробництвом, розподілу і споживання енергії та до нової структури економічних інтересів, які необхідно враховувати під час реалізації енергетичної політики країни на рівні промислового підприємства. У таких умовах у споживачів енергоресурсів з'явилася проблема – альтернатива вибору виробників палива та енергії. У зв'язку із цим назріла необхідність розроблення теоретико-методологічних підходів до управління перспективним енергоспоживанням промислових підприємств в умовах лібералізації енергетичних ринків з урахуванням економічних інтересів усіх суб'єктів, тим більше що ці питання не тільки представляють науковий інтерес, а й мають важливий прикладний характер.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню резервів енергозбереження і підвищення рівня енергоефективності виробничих процесів підприємств присвячені праці багатьох вітчизняних та зарубіжних учених: В. Ануфрієва [3], М.В. Афанасьєва, І.О. Башмаков, П.П. Безруких, М. Булгакова [4], В. Вершиніна [5], Ю.І. Галиновського, Р. Заріпова [6], А. Златопільського, Ю.А. Карякіна [7], В.І. Мельника, В.В. Микитенко, І.М. Мігас, В. Огорокова, Р. Огорокова [8], Б. Ратнікова [9], І.М. Сотник, В.Є. Тонкаль, М.М. Федорова [8].

Незважаючи на широке дослідження проблем підвищення енергоефективності та енергозбереження, невирішеними залишаються проблеми аналізу і прогнозування енергоспоживання підпри-

ємства для практичного використання їх під час прийняття управлінських рішень.

Постановка завдання. Метою статті є розроблення концептуальної моделі розвитку енергоспоживаючих систем металургійного підприємства в умовах реформування ринку електричної енергії.

Виклад основних результатів. Управління енергоспоживанням металургійних підприємств на основі концепції комплексного управління перспективним енергоспоживанням в умовах ринкових відносин дає змогу: а) сформувати бізнес-стратегію підприємства у взаємозв'язку з енергоефективністю та енергозбереженням; б) оцінювати і досягати високої якості формування паливно-енергетичного балансу металургійного підприємства; в) визначати ефективність управління енергоспоживанням на рівні підприємства. Рішення проблеми енергоефективності вимагає створення й упровадження відповідних механізмів управління на рівні металургійного підприємства, що дають змогу координувати і регулювати процес енергоспоживання. Досвід країн Євросоюзу і США показав серйозні успіхи у цій галузі, які виражаються в нормативних актах і бюджетно-податковому регулюванні. Нині вкрай затребуване застосування таких механізмів у практиці управління енергоспоживанням.

Виходячи з наявних проблем під час прийняття управлінських рішень у процесі формування ефективного паливно-енергетичного балансу металургійного підприємства, нами запропоновано концептуальну модель розвитку енергоспоживаючих систем підприємства, яка включає блоки енергобалансів за видами палива та енергії (рис. 1).

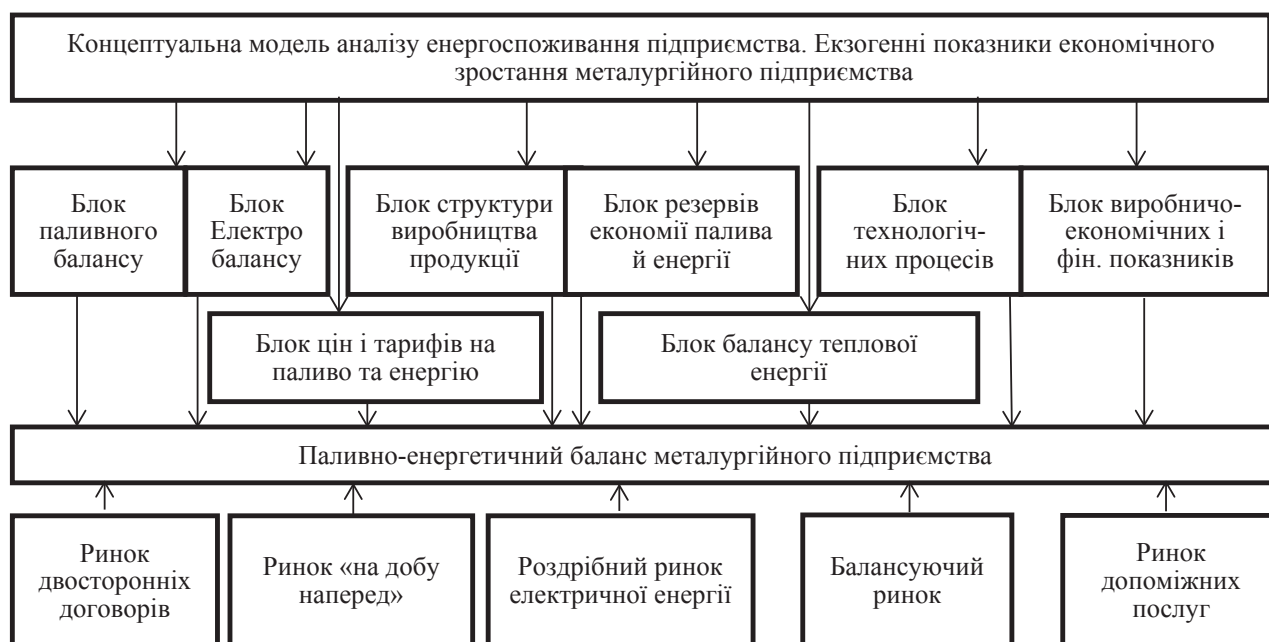


Рис. 1. Концептуальна модель розвитку енергоспоживаючих систем металургійного підприємства

Джерело: розроблено авторами на основі [1]

Кожний блок являє собою економіко-математичну модель, що описує найбільш суттєві технологічні закономірності енергоспоживання підприємства. Внутрішня структура блоків різна, але принципи формування кожного з них однозначні: ідентифікація взаємозв'язків енергоспоживання з економічним зростанням, ефективністю виробництва і підвищенням рівня електрифікації. При цьому в структурі енергоспоживання паливно-енергетичного балансу (ПЕБ) електроенергію розглядають спільно з конкуруючими енергоносіями. Як екзогенні змінні в моделях прийняті економічні показники відповідно до особливостей процесу виробництва на підприємстві. Енергоспоживаючу систему підприємства представлено в агрегованому вигляді, що відповідає особливостям довгострокового прогнозування на період 20–30 років. Такий прогноз доцільний для перспективних оцінок кардинальних структурних зрушень в енергосистемі металургійного підприємства і пояснюється високою інерційністю генеруючих галузей ПЕБ. У моделях окремих блоків присутні основні енергоносії, які мають відносну взаємозамінність у рамках підприємства.

У розглянутій схемі в структуру енергоспоживання підприємства, відповідно до господарської спеціалізації, включені електрична і теплова енергія, кокс, вугілля, топковий мазут, природний газ. Паливо прямого спалювання розподіляється на енергетичне і технологічне. У схемі такі взаємозв'язки реалізуються безпосередньо в ПЕБ, між виробництвом і споживанням. Таким чином, змінюючи екзогенні змінні в допустимих межах, можна сформувати деяку сферу перспективних варіантів енергоспоживання. Потреба в тепловій енергії покривається за рахунок місцевих джерел тепlopостачання: великих районних котельень та теплоелектроцентралей (ТЕЦ). Електричне навантаження покривається двома джерелами: генеруючими потужностями електроенергетики регіону, власними генеруючими потужностями підприємства та передачею електроенергії з інших регіонів. За заданого обсягу між-регіонального транспорту електроенергії виникає завдання опрацювання низки варіантів розвитку електроенергетики регіону.

У найзагальнішому випадку варіанти можуть відрізнятися структурами генеруючих потужностей і паливоспоживання. Щодо електроенергетики коло варіантів обмежений в силу визначального впливу на галузь регіональних факторів. Формування варіантів виробництва електричної та теплової енергії моделюються за допомогою структурних і техніко-економічних параметрів, що вводяться екзогенно. Так, через перспективні оцінки укрупнених питомих нормативів визначають потребу в капітальних вкладеннях і трудових ресурсах в електро- та теплоенергетиці, витрати енергетичного палива, у тому числі за видами, залежно від заданої структури типів електростанцій, джерел тепlopостачання і паливос-

поживання. За зіставлення отриманих показників з обмеженнями по відповідних ресурсах виявляють відносно вузьку сферу варіантів енергопостачання. Очевидно, що структуру енергетики можна варіювати лише в певних для кожного значення межах, тому необхідно мати на перспективу обмеження щодо палива, що споживається, на технологічні і транспортні потреби [10].

Прийняття нового Закону України [11], який відповідає третьому енергетичному пакету ЄС та покликаний реформувати ринок електричної енергії, призведе до суттєвих змін у паливно-енергетичному балансі металургійного підприємства. Відповідно до нового Закону України, з 01 липня 2017 р. ринок електричної енергії набуде рис цільової моделі та працюватиме за новими правилами, розпочнуть функціонування нові складники: ринок двосторонніх договорів, ринок на «добу наперед», балансуєчий ринок, що відображено у запропонованій концепції. У таких умовах для ефективного аналізу і прогнозування енергоспоживання підприємства запропоновано відповідну систему економетричних моделей. Система моделей дає змогу проводити розрахунки на кожен рік прогнозного періоду і формувати різні тенденції енергоспоживання, володіє динамічними властивостями [12; 13]. Система моделей має такий вигляд:

- рівняння продуктивності праці:

$$P = o_1 h_{EN}^T + o_2 h_c^T + o_3 EN_W^C + o_4 l^n \pm o_5;$$

- рівняння технологічного електроспоживання:

$$EN_T = o_6 P + o_7 d_{\text{ЭС}} \pm o_8 l^n \pm o_9;$$

- рівняння силового електроспоживання:

$$EN_c = o_{10} P + o_{11} d_p + o_{12} d_{\text{ЭС}} \pm o_{13} l^n \pm o_{14};$$

- визначення продуктивності праці:

$$P = \frac{d}{hPP};$$

- визначення силової електроозброєності праці:

$$EN_W^C = \frac{EN_c}{hPP};$$

- визначення коефіцієнта електрифікації технологічних процесів:

$$h_{EN}^T = \frac{0,123 EN_T}{V_p \varphi_E};$$

- визначення коефіцієнта газифікації технологічних процесів:

$$h_c^T = \frac{\overline{Q_{pe}^H} W_c}{V_p \varphi_{mon}};$$

- рівняння споживання корисної енергії:

$$V_p = o_{15} d_u \pm o_{16} l^n \pm o_{17};$$

- балансове рівняння корисної енергії:

$$V_p = C_{\overline{\varphi}_c} + 0,123EN_T\overline{\varphi}_E + \left(\frac{Q_G^H \cdot W_G}{7000} + \frac{Q_M^H \cdot W_M}{7000} + \frac{Q_Y^H \cdot W_Y}{7000} \right) \overline{\varphi}_{mon};$$

- рівняння споживання мазуту:

$$W_M = o_{18}d - o_{19}W_e - o_{20}EN_T \pm o_{21}l^n \pm o_{22};$$

- рівняння споживання вугілля:

$$W_y = o_{23}d - o_{24}W_e - o_{25}EN_T \pm o_{26}l^n \pm o_{27};$$

- рівняння споживання коксу:

$$W_h = o_{28}d_c - o_{29}W_e \pm o_{30}l^n \pm o_{31};$$

У модель введені ендогенні змінні:

P – продуктивність праці на металургійному підприємстві;

hPP – чисельність промислово-виробничого персоналу;

EN_T – технологічне електроспоживання;

EN_c – силове електроспоживання;

EN_W^c – силова електроозброєність;

h_E^T – коефіцієнт електрифікації технологічних процесів по корисній енергії;

h_G^T – коефіцієнт газифікації технологічних процесів по корисній енергії;

V_p – корисне споживання енергії в високотемпературних процесах;

W_G – споживання природного газу в технологічних процесах;

W_M – споживання мазуту в технологічних процесах;

W_y – споживання вугілля в технологічних процесах;

W_h – споживання коксу в технологічних процесах.

Екзогенні змінні:

d – обсяг металургійного виробництва;

d_{EC} – обсяг виплавки електросталі;

d_p – обсяг випуску прокату чорних металів;

d_c – обсяг виплавки чавуну;

l^n – тимчасової тренд, де n може приймати значення 0,5; 1,0; 2,0; 3,0. Коефіцієнти:

0,123 – теоретичний паливний еквівалент електроенергії;

φ_E – середній ККД енергоспоживаючих установок, що використовують електроенергію на технологічні потреби;

$\overline{\varphi}_{mon}$ – середній ККД енергоспоживаючих установок, що використовують органічне паливо на технологічні потреби;

$\overline{\varphi}_c$ – середній ККД енергоспоживаючих установок, що використовують кокс;

Q_G^H, Q_M^H, Q_Y^H – середня нижча робоча теплота згоряння відповідно природного газу, топкового мазуту, вугілля;

$o_{1, \dots, o_{31}}$ – коефіцієнти в рівняннях регресії.

Варіанти прогнозу формуються шляхом зміни екзогенних змінних моделі. Залежно від конкретних умов, в яких проводиться прогнозування, набір екзогенних змінних може змінюватися.

Отже, запропонована система моделей дає змогу проводити розрахунки на кожний рік прогнозного періоду і формувати різні тенденції енергоспоживання, що необхідно для оцінки якості ПЕБ металургійного підприємства.

Пропонований інструментарій цілком забезпечує пошук оптимальної траєкторії енергоспоживання в багатовимірному просторі параметрів і обмежень ПЕБ металургійного підприємства. Однак точного прогнозу може і не бути, але буде визначено кількість варіантів розвитку, які є можливими з погляду зору вибору напряму формування вектора стратегічного прогнозування.

Висновки. Таким чином, ключова ідея нової концепції управління енергоспоживанням полягає у тому, щоб забезпечувати сталий соціально-економічний розвиток металургійного підприємства, адаптувати діяльність підприємства на ринку електричної енергії до норм ЄС, що можливо тільки на основі реалізації бізнес-моделі енергоефективності, а також узгодження економічних інтересів із державними під час здійснення енергетичної політики підприємства.

Список літератури:

1. Кокшаров В.А. Комплексное управление перспективным энергопотреблением металлургических предприятий : дис. ... докт. экон. наук : спец. 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» / В.А.Кокшаров. – Екатеринбург, 2016. – 387 с.
2. Про затвердження Звіту про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www3.nerc.gov.ua/?id=11197>.
3. Ануфриев В.П. Эколого-экономическая оценка рационального использования энергетических ресурсов в системе Киотского протокола : дис. ... д-ра экон. наук / В.П. Ануфриев. – Новосибирск, 2006. – 314 с.
4. Булгакова М. Энергобережения в Украине: правовые аспекты и практическая реализация / М. Булгакова, М. Приступа. – Рівне : О. Зень, 2011. – 56 с.
5. Вершинин В.П. Научные принципы прогнозирования уровня конкурентоспособности фирм глобального рынка высокотехнологических энергосберегательных систем / В.П. Вершинин // Вестник Поволжского государственного университета сервиса. Серия «Экономика». – 2013. – № 1. – С. 105–109.
6. Зарипов Р.Х. Разработка и реализация современных методов организации, управления и технологий бережливого производства на промышленных предприятиях Республики Татарстан / Р.Х. Зарипов. – Набережные Челны : Академия менеджмента, 2015. – 344 с.
7. Карякин А.М. Энергетическая безопасность России в условиях рыночных отношений в электроэнергетике / А.М. Карякин, А.В. Байтов, В.В. Великороосов. – М. : Книжный Мир, 2012. – 224 с.

8. Федоров М.П. Энергетические технологии и мировое экономическое развитие: прошлое, настоящее, будущее / М.П. Федоров, В.Р. Огороков, Р.В. Огороков. – СПб. : Наука, 2010. – 412 с.
9. Гительман Л. Реформа электроэнергетики: ревизия или продолжение курса / Л. Гительман, Б. Ратников // Энергорынок. – 2011. – № 9(92). – С. 34–40.
10. Поспелова Т.Г. Основы энергосбережения / Т.Г. Поспелова. – Минск : Техпринт, 2000. – 353 с.
11. Проект Закону про ринок електричної енергії України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_2?id=&pf3516=4493&skl=9.
12. Linares P. Energy efficiency: Economics and policy / P. Linares, X. Labandeira // Journal of Economic Surveys. – 2010. – № 24(3). – P. 573–592.
13. Anatomy of a paradox: Management practices, organizational structure and energy efficiency / R. Martin, M. Muûls, L. B. De Preux, U. J. Wagner // Journal of Environmental Economics and Management. – 2012. – № 63(2). – P. 208–223.
14. Пармендер Д. Ключевые показатели эффективности. Разработка, внедрение и применение решающих показателей / Д. Пармендер. – М. : Олимп-Бизнес, 2008. – 230 с.