ISSN 2078-6115. Вісник Львівського університету. Серія економічна. 2024. Випуск 66. С. 106–116
Visnyk of the Lviv University. Series Economics. 2024. Issue 66. P. 106–116

DOI: http://dx.doi.org/10.30970/ves.2024.66.0.6609

УДК 338.3
JEL C51; Q32; Q40

МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЗМУ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Василь Антонів

Львівський національний університет імені Івана Франка,
79008, м. Львів, просп. Свободи, 18,
e-mail: Vasyl.Antoniv@lnu.edu.ua; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4259-4129

Анотація. *Стаття присвячена дослідженню механізмів підвищення енергоефективності промислових підприємств. Визначено, що основною проблемою моделювання енергоефективності є ідентифікація адекватної об'єктивної функції, заснованої на репрезентативному наборі параметрів та характеристик енергетичного ланцюга підприємства. Для цього застосовано аналітичний підхід для вивчення існуючих методів оцінки енергоефективності та запропоновано економіко-математичну модель підвищення ефективності виробничих процесів. За допомогою методу порівняльного аналізу обґрунтовано показники ефективності енергетичних систем промислових підприємств.*

Результати дослідження показують, що значний потенціал енергозбереження досягається завдяки впровадженню енергозберігаючих технологій у промислових спорудах та інфраструктурі. Моделювання дозволило виявити переваги інтегрованої модернізації та оцінити вплив різних факторів на цей процес. Зазначено, що зі збільшенням питомого споживання енергії, у контексті термічної модернізації, спостерігається скорочення терміну окупності капіталовкладень, що підтверджує пропорційний ефект цієї залежності.

Оптимізація енергоспоживання на підприємствах вимагає комплексного підходу, що враховує економічну доцільність проєктів та баланс між енергоефективністю і витратами. Аналіз літератури свідчить, що економічна ефективність таких заходів особливо виразна у межах масштабних програм модернізації.

Ключові слова: *енергоефективність, енергетичний проєкт, енергоспоживання, енергоменеджмент, промислове підприємство.*

Постановка проблеми. Постійно зростаюче енергоспоживання є наслідком швидкого економічного розвитку. Це явище характеризується додатковим навантаженням на промислову виробничу систему, вимагаючи підвищеної уваги до ефективного використання енергетичних ресурсів, які є ключовими для будь-якої економічної діяльності.

Розвинені країни вже давно впроваджують стратегії енергоефективності, тоді як для України ця тенденція лише починає набирати обертів. Проблеми високої енергетичної інтенсивності виробничих процесів та нераціонального використання

© Антонів Василь, 2024

ISSN 2078-6115. Вісник Львівського університету. Серія економічна. 2024. Випуск 66

енергоресурсів є актуальними для української промисловості. Основні причини низької енергоефективності інфраструктури промислових підприємств включають: значну зношеність основних засобів, недостатній моніторинг і контроль енергоспоживання, високі втрати у виробничих процесах та дефіцит кваліфікованих фахівців у галузі енергоменеджменту.

З огляду на те, що промисловий сектор споживає значну частину енергетичних ресурсів і є енергоємним, питання збереження енергії, враховуючи специфіку виробничої структури та кліматичні умови, є вкрай важливим. Вирішення цих проблем неможливе без встановлення чітких параметрів ефективності систем тепло- та енергопостачання промислових підприємств.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Велика кількість українських науковців, таких як Веремеєнко О.О. [11], Росинський А.В. [13], Січко Т.В, [14], Яснолоб І.О. [15] та інші, описують методи підвищення енергоефективності, проте їх практичне застосування залишається обмеженим.

Сучасні глобальні тенденції у сфері енергетики спрямовані на вирішення низки концептуальних проблем. Стрієлковський В. та Лісін Е. у [7] звертають увагу на те, що основні з цих тенденцій включають забезпечення надійного енергопостачання, доступності енергії за ціною та енергозбереженням, а також мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище.

Арванітіс С. та Лей М. у праці [1] досліджують питання раціонального споживання палива та енергетичних ресурсів, інтенсивність використання яких характеризує динаміку енергозбереження і передбачає впровадження заходів, спрямованих на підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів, електричної та теплової енергії. Енергоефективність розглядається як технічно доцільне та економічно виправдане використання енергетичних ресурсів на сучасному рівні технологічного розвитку.

Вілар Д. та інші в праці [9] описують діяльність у галузі енергозбереження такими показниками як:

- обсяг фактичної економії палива та енергетичних ресурсів,
- зменшення втрат, зокрема через оптимізацію робочих параметрів енергоспоживання,
- зниження енергетичної інтенсивності.

Згідно з класичною теорією соціотехнічних систем, Шан З. у [6] пояснює зниження енергоінтенсивності економіки різними факторами технологічного прогресу, такими як науково-дослідницькі та дослідно-конструкторські роботи, придбання нових технологій, до яких Вердоліні Е. та Босетті В. у [8] ще додають ефект взаємодії технологій тощо.

Розглянуті дослідження вказують на важливість розуміння та оптимізації енергоефективності промислових підприємств. Зокрема, Стрієлковський В. та Лісін Е. у праці [7] та Крішнан В. у [3] вказують на те, що для досягнення довгострокового стійкого зростання необхідно мати чітке уявлення про структуру енергозбереження та враховувати різноманітні параметри, такі як етапи паливо-енергетичного балансу, економічні та технологічні аспекти, типи енергетичних ресурсів, серед яких слід приділити увагу ресурсам відновлювальної енергетики.

Лутчин Н. та Осташова А. [12] пропонують розробляти стратегічні карти використання енергетичних джерел на основі збалансованої системи показників, яка дає можливість систематизувати і концентрувати зусилля на виконання довгострокової стратегії управління енергоефективністю промислових підприємств.

В праці [5] Озінскі Ф. та Груджень Л. окрему увага приділяють проблемам модернізації та їх взаємозв'язку з енергоефективністю, що, як правило, розглядаються окремо від проблем енергоефективної модернізації. Це вказує на необхідність розглядати їх як взаємопов'язані підсистеми, які спрямовані на створення комфортного та енергоефективного робочого середовища промислових підприємств.

Загалом, дослідження підкреслюють складність та важливість оптимізації енергоефективності промислових підприємств, а також потребу у комплексному підході до вирішення цих питань. Проте, більшість публікацій зосереджуються на оптимізації тільки окремих підсистем або їх елементів.

Постановка завдання. Метою дослідження є побудова моделі механізму підвищення енергоефективності промислових підприємств, яка б описувала структурну та часову послідовність управління нею, що є актуальним для українських підприємств.

Виклад основного матеріалу дослідження. Модель механізму підвищення енергоефективності ґрунтується на аналізі початкових параметрів системи (S_0). Вона включає багатоступеневий процес послідовної зміни станів (S_1, S_2, ... S_m) через реалізацію інтегрованих енергетичних проєктів (P_1, P_2, ... P_m)Ці проєкти ініціюються заходами для підвищення енергоефективності: X_1 – джерел тепла, X_2 – теплових мереж, X_3 – споживачів тепла.

Таким чином, загальну концептуальну модель підвищення енергоефективності промислового підприємства можемо відобразити за допомогою рисунку 1, яка містить такі складові елементи як:

CCRP –поточні умови реалізації проєктів, які включають: *EF* –зовнішні фактори; *RC* –обмеження у виборі проєктів; *PP* – проєктні властивості; *PDSM* – процедура проєктування та вибору проєктів, елементами якої є: *EB* – енергетичний баланс; *CE* – причинні ефекти; *ME* – моделі ергономіки; *CP* – вибір проєкту з врахуванням обмежень; *X* – заходи для підвищення енергоефективності.

Економіко-математична модель, яка встановлює кількісну залежність між показниками стану системи до та після впровадження енергетичних проєктів, капітальними витратами (K), зовнішніми впливами, критеріями вибору проєктів (CP) та періодом рахунку (n), подана за формулою:

$$V = f\left(S_i, S_{i+1}, K, EF_i, EF_{i+1}, CP, n\right). \quad (1)$$

Розглядаючи економіко-математичні моделі, слід ділити їх на елементарні та інтегровані. Елементарні демонструють технічні та економічні особливості одного енергозберігаючого процесу, який належить до однієї з підсистем підприємства. Інтегровані ж, в свою чергу, дозволяють координувати основні характеристики елементарних проєктів, які належать до підсистем різних підприємств. Значення

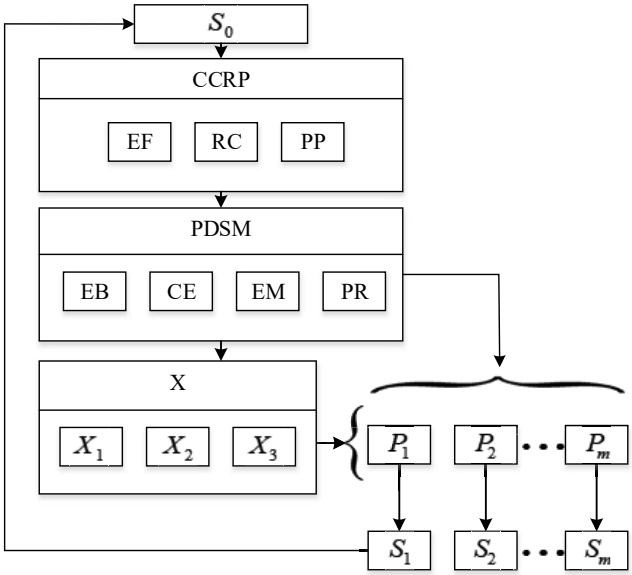

Рис. 1. Загальна концептуальна модель підвищення енергоефективності промислового підприємства
Джерело: складено автором

економії палива, при цьому, є одним із аспектів енергоефективності, що досягається під час переходу від однієї схеми до іншої за умови, що потужність та теплові можливості для споживачів залишаються рівні.

Проаналізуємо доцільність підключення віддаленого споживача (промислового підприємства) до централізованої термічної електростанції з потужністю холостого ходу. Значення щорічної економії еквіваленту палива ΔP застосуємо як критерій енергоефективності:

$$\Delta P = \Delta p_E - Q(p_{Et} p_E + p_{Ec}), \tag{2}$$

де Δp_E– економія еквіваленту палива; E – виробництво енергії на рік; p_{Et} – втрати електроенергії під час перевезення енергетичного носія; p_E– специфічні втрати паливного еквівалента під час виробництва електроенергії після підключення віддаленого споживача; p_{Ec} – специфічні втрати еквіваленту палива, пов'язаного з компенсацією втрат тепла; Q – генерація тепла на рік.

Встановлюючи ємності джерел тепла базового навантаження (Q_b) та пікових (Q_p) джерел тепла. пропонуємо використовувати критерій мінімізації сукупних витрат:

$$Z = k_b Q_b + k_p Q_p + n\left(\frac{C_b E_b + A_b}{\alpha_b} + \frac{C_p E_p + A_p}{\alpha_p}\right) \to \min, \tag{3}$$

де k_b, k_p – специфічні капітальні витрати для базового навантаження та пікових джерел тепла; C_b, C_p – ціна первинного джерела енергії в базовому та піковому станах; E_b, E_p

– кількість теплової енергії на рік в базовому та піковому станах; α_b, α_p – коефіцієнти перетворення первинного джерела енергії в тепло; A_b, A_p – додаткові витрати у базовому та піковому станах.

Слід зауважити, що співвідношення між потужностями Q_b та Q_p буде залежати від кінцевої температури атмосферного повітря. Якщо тем Q_b ература вище визначеної межі (t_p), то джерело тепла базового навантаження використовується для нагрівання. У випадку, коли температура нижче межі, тоді базові та пікові джерела тепла разом застосовуються для нагрівання (див. рис. 2).

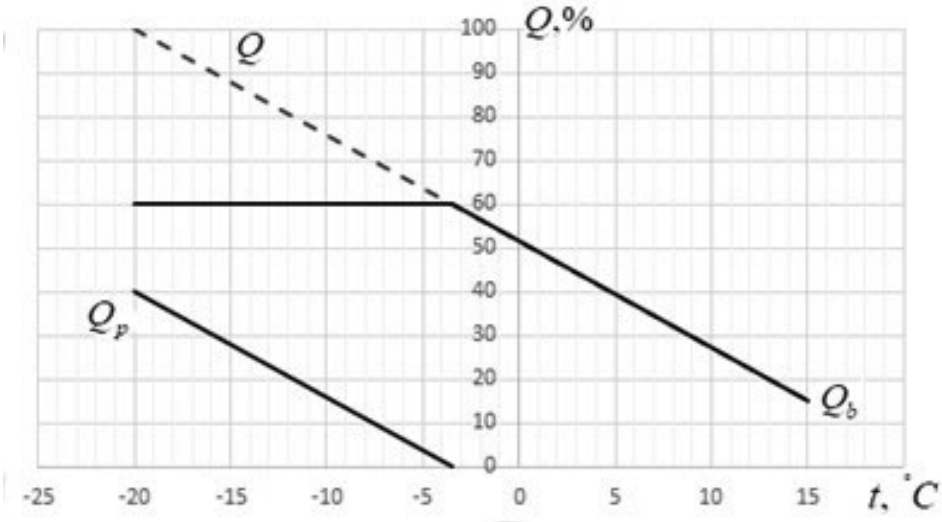

Рис. 2. Зміни потужностей Q_b та Q_p залежно від температури атмосфери кожного проєкту
Джерело: складено автором на основі даних [3]

Розглянута модель обґрунтовує використання комбінованих джерел тепла в базових навантаженнях та пікових одиницях. Це пояснюється тим, що джерело тепла базового навантаження має високу енергоефективність та великі початкові капітальні витрати, у той час як пікове джерело тепла має відносно низьку енергоефективність та помірні початкові капітальні витрати.

Тоді, математично проблема економії палива та ефективного енергозбереження визначається формулою:

$$E = \sum_{i=1}^{m} e_i x_i \to \max, \quad x \in D, \tag{4}$$

де E – загальне заощадження, отримане завдяки впровадженню енергоефективних проєктів; x_i – доставка проєкту; e_i – специфічні (пов'язана з доставкою) річні заощадження, що виробляються за рахунок впровадження відповідного проєкту.

Набір ж допустимих альтернатив D формується наступною системою обмежень:

ISSN 2078-6115. Вісник Львівського університету. Серія економічна. 2024. Випуск 66

$$\sum_{i=1}^{n} k_i x_i \le K, \tag{5}$$

$$x_i \le X_i, \quad i = \overline{1,n}, \tag{6}$$

$$x_i \ge 0, \quad i = \overline{1,n}, \tag{7}$$

де k_i – специфічні (пов'язаними з доставкою) витрати, які несе підприємство при впровадженні проєкту; x_i – максимально можлива доставку проєкту; K – кількість наявних ресурсів, які будуть використані для реалізації всього набору розглянутих проєктів.

Розглянута проблема має сенс, якщо наявні ресурси менші, ніж необхідні для впровадження всіх проєктів у повній мірі:

$$\sum_{i=1}^{n} k_i x_i > K. \tag{8}$$

Для посилення діапазону критеріїв для вибору енергоефективних проєктів, цільова функція (4) може бути перетворена на всебічний критерій корисності;

$$EC = \sum_{i=1}^{m} \frac{e_i k_i}{R_{ip}} \to \max, \tag{9}$$

де R_{ip} – середній ранг i-го проєкту, в основі якого є критерії j.

$$R_{ip} = \frac{\sum_{j=1}^{p} R_{ij}}{p}, \quad i = \overline{1,n}, \tag{10}$$

де R_{ij} – ранг проєкту i, заснованим на критерії j.

Цей метод дозволяє проаналізувати вплив основних факторів на технічну та економічну енергоефективність.

Провівши порівняльний аналіз за загальним критерієм витрат різних джерел тепла: природного газу, скрапленого газу, твердого палива, електричного опалення та рідкого палива, можна помітити, що конденсуючі нагрівальні блоки та когенераційні одиниці виявилися найбільш економічно ефективними. Таким чином, розглянута економічна модель дає змогу аналізувати технічні та економічні аспекти модернізації системи теплопостачання промислових підприємств.

На рисунку 3 показано вплив специфічного споживання тепла промислових будівель при термічній модернізації на період окупності капітальних витрат [10]. Споживання тепла промисловими будівлями коливається від 100 до 350 кВт/год/м^2 [4].

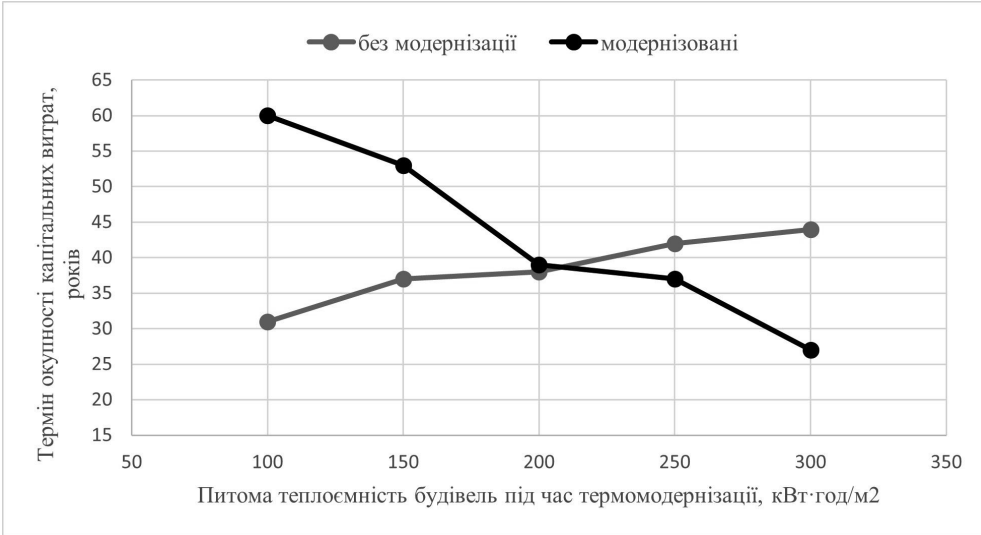

Рис. 3. Вплив специфічного споживання тепла промислових будівель при термічній модернізації на період окупності капітальних витрат
Джерело: складено автором на основі даних [4, 10]

Еколого-економічна ефективність залежить від збільшення теплового навантаження, річного періоду використання теплової енергії та ціни на енергетичні ресурси. Проте діапазон економічної доцільності є вужчим у порівнянні з енергетичною доцільністю.

Моделювання дозволяє обчислити економічну ефективність, виходячи з припущення, що заощадження та капітальні витрати безпосередньо пропорційні для доставки проєкту. Широкий спектр потенційних енергоефективних проєктів пояснюється можливістю вибору типу палива та енергетичних ресурсів. Він також пов'язаний з рівнем централізації системи тепла та живлення, ступенем теплової модернізації промислових будівель та структур тощо. Так, на рисунку 4 представлено порівняльний аналіз витрат на опалення промислових будівель, використовуючи різні джерела енергії.

Даний порівняльний аналіз здійснюється з розрахунку, що номінальна потужність нагріву становить 1000 кВт, що дозволяє нагрівати промислову будівлю площею 12000–15000 м^2 з середньою ізоляцією стін та стелі до втрат тепла 95–105 Вт/м^2 в помірному кліматі. Середня віддача системи опалення під час опалювального періоду (180 днів на рік) становить близько 500 кВт. Тоді, для всього опалювального періоду система опалення промислового підприємства повинна забезпечувати 2200000 кВт*год тепла. Для будівель більшої площі потрібно відповідно збільшити потужності та фінансові витрати [2, 10].

В холодний період року, коли приміщення не використовуються, можливе пониження температури повітря в них, але перед повторним використанням її слід нормалізувати. Така стратегія дозволяє зберегти тепло. Температурні зміни в будівлях можуть бути регульовані математично або емпірично.

ISSN 2078-6115. Вісник Львівського університету. Серія економічна. 2024. Випуск 66

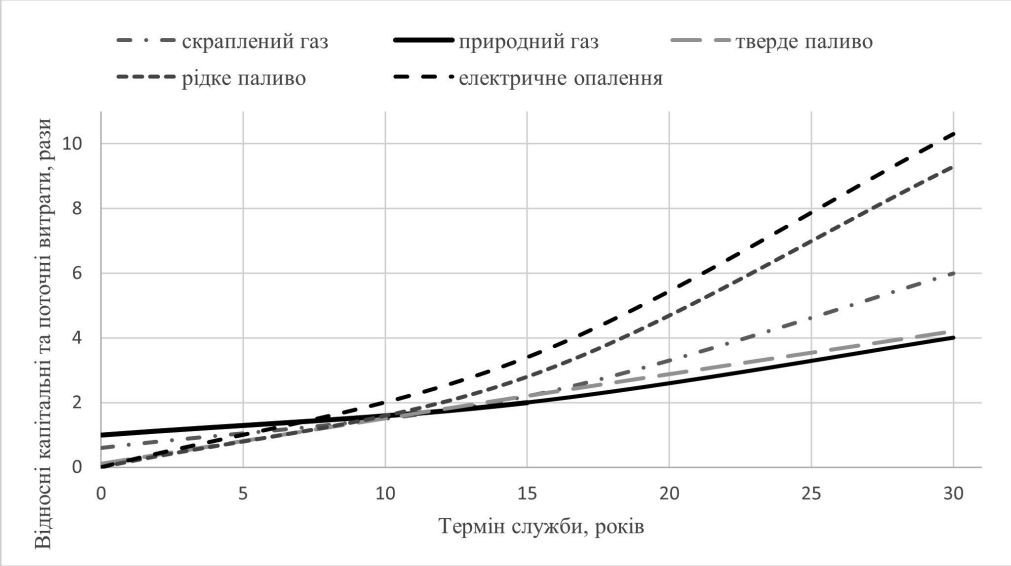

Рис. 4. Порівняння витрат на опалення промислових будівель при використанні різних джерел палива та енергії
Джерело: складено автором на основі даних [2, 4, 10]

Моделювання енергоефективного споживання промислових підприємств показує, що найбільша частка економії палива пов'язана з впровадженням енергоефективних проєктів у будівлях. Вони спричиняють зменшення підключеного теплового навантаження та впливають на характеристики проєктів щодо енергоефективної модернізації джерел тепла та мереж.

У той же час, слід зауважити, що енергоефективність не повинна прирівнюватись до економічної ефективності споживання енергії.

Навіть найбільш енергоефективний проєкт може виявитися не найбільш економічним через великі інвестиції, які не завжди можна окупити протягом розумного періоду. Оптимальна енергоефективність повинна бути збалансованою з відповідними витратами. Таким чином, важливо аналізувати та порівнювати вироблення енергозбереження з витратами, щоб визначити оптимальний баланс.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Енергоефективність промислових підприємств має великий потенціал для покращення.

Специфічність енергоефективності промислових підприємств є необхідною умовою їх ефективного інноваційного розвитку. Дослідження енергетики промислових підприємств та їх оцінка, свідчать про те, що найбільша частина потенційної економії енергії є наслідком впровадження енергоефективних проєктів у промислових будівлях та структурах.

Зазначено, що потенціал підвищення енергоефективності теплової модернізації промислових будівель та структур є значно вищим, ніж для підвищення енергоефективності окремих чи комплексних джерел тепла та мереж (теплового ланцюга підприємства).

Список використаних джерел

1. Arvanitis S., Ley M. Factors determining the adoption of energysaving technologies in Swiss firms: An analysis based on micro data. *Environmental and Resource Economics*, 2013. 54(3), 389–417.
2. Harvey L. D. D. Recent Advances in Sustainable Buildings: *Review of the Energy and Cost Performance of the State-of-the-Art Best Practices from Around the World*. Rochester, New York: Social Science Research Network. 2013.
3. Krishnan V., Ho, J., Hobbs B. F., Liu A. L., McCalley J. D., Shahidehpour M., Zheng Q. P. Co-optimization of electricity transmission and generation resources for planning and policy analysis: *Review of concepts and modeling approaches. Energy Systems*, 2016. 7(2), 297–332.
4. Livchak V. I. Degree-day of the heating period as a tool for comparing the level of energy efficiency of buildings in other countries. *Energy Conservation*, 2015. 6, 20–25.
5. Osiński F., Grudzień Ł. Polish SME energy efficiency in the years 2014-2016. In: Machado J., Soares F., Veiga G., editors. *Innovation, Engineering and Entrepreneurship. HELIX 2018*. Lecture Notes in Electrical Engineering. 2019. Vol. 505. Cham: Springer.
6. Shan Z., Qin S., Liu Q., Liu F. Key manufacturing technology and equipment for energy saving and emissions reduction in mechanical equipment industry. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 2012. 13(7), 1095–1100.
7. Strielkowski W., Lisin E., Astachova E. Economic sustainability of energy systems and prices in the EU. *Entrepreneurship and Sustainability*, 2017. 4(4), 591–600.
8. Verdolini E., Bosetti V. Environmental policy and the international diffusion of cleaner energy technologies. *Environmental and Resource Economics*, 2017. 66(3), 497–536.
9. Villar J.R., de la Cal E., Sedano J. Energy saving by means of fuzzy systems. In: Yin H., Tino P., Corchado E., Byrne W., Yao X., editors. *Intelligent Data Engineering and Automated Learning-IDEAL 2007*. IDEAL 2007. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 4881. Berlin, Heidelberg: Springer. 2007.
10. Антонів В. Стандартизація в системі управління промисловою енергоефективністю в країнах Європейського Союзу. *Вісник Львівського університету. Серія економічна.* 2023. № 65. С. 250–260.
11. Веремеєнко О. О. Оцінка енергоефективності підприємств машинобудування та розроблення проектів з її підвищення. *Науковий вісник Ужгородського національного університету: серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. 2018. Вип. 19. Ч. 1. С. 43–46.
12. Лутчин Н., Осташова А. Статистичний інструментарій моніторингу стану та розвитку відновлюваної енергетики в Україні. *Вісник Львівського університету. Серія економічна*. 2023. № 65. С. 79–86.
13. Росинський А. В., Онофрійчук І. І. Енергоефективність будівельного виробництва як інструмент розвитку економічного потенціалу девелоперської компанії. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2020. № 44. С. 31–39.
14. Січко Т. В., Попадинець Н. П. Оцінка ефективності енергоощадної системи підприємства. *Агросвіт*. 2018. № 9. С. 52–59.
15. Яснолоб І. О., Березницький Є. В., Радіонова Я. В. Енергоефективність та енергонезалежність як перспективні напрями розвитку інноваційних енерго-зберігаючих систем. *Інфраструктура ринку*. Вип. 47. 2020, С. 143–146 URL: http://www.market-infr.od.ua/journals/2020/47_2020_ukr/29.pdf (дата звернення: 24.02.2024)

References

1. Arvanitis, S., Ley, M. (2013). Factors determining the adoption of energysaving technologies in Swiss firms: An analysis based on micro data. *Environmental and Resource Economics*, 54(3), 389–417. [in English].
2. Harvey, L.D.D. (2013). Recent Advances in Sustainable Buildings: *Review of the Energy and Cost Performance of the State-of-the-Art Best Practices from Around the World*. Rochester, New York: Social Science Research Network. [in English].
3. Krishnan, V., Ho, J., Hobbs, B.F., Liu, A.L., McCalley, J. D., Shahidehpour, M., Zheng, Q. P. (2016). Co-optimization of electricity transmission and generation resources for planning and policy analysis: *Review of concepts and modeling approaches. Energy Systems*, 7(2), 297–332. [in English].
4. Livchak, V.I. (2015). Degree-day of the heating period as a tool for comparing the level of energy efficiency of buildings in other countries. *Energy Conservation*, 6, 20–25. [in English].
5. Osiński, F., Grudzień, Ł. (2019). Polish SME energy efficiency in the years 2014–2016. In: Machado, J., Soares, F., Veiga, G., editors. *Innovation, Engineering and Entrepreneurship.* HELIX 2018. Lecture Notes in Electrical Engineering. Vol. 505. Cham: Springer. [in English].
6. Shan, Z., Qin, S., Liu, Q., Liu, F. (2012). Key manufacturing technology and equipment for energy saving and emissions reduction in mechanical equipment industry. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 13(7), 1095–1100. [in English].
7. Strielkowski, W., Lisin, E., Astachova, E. (2017). Economic sustainability of energy systems and prices in the EU. *Entrepreneurship and Sustainability*, 4(4), 591–600. [in English].
8. Verdolini, E., Bosetti, V. (2017). Environmental policy and the international diffusion of cleaner energy technologies. *Environmental and Resource Economics*, 66(3), 497–536. [in English].
9. Villar, J.R., de la Cal, E., Sedano, J. (2007). Energy saving by means of fuzzy systems. In: Yin, H., Tino, P., Corchado, E., Byrne, W., Yao, X., editors. *Intelligent Data Engineering and Automated Learning-IDEAL 2007*. IDEAL 2007. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 4881. Berlin, Heidelberg: Springer. [in English].
10. Antoniv V. (2023). Standardization in the industrial energy efficiency management system in the countries of the European Union. *Visnyk of the Lviv University. Series Economics*. № 65. С. 250–260. [in Ukrainian].
11. Veremeenko O. (2018). Evaluation of energy efficiency of machine-building enterprises and development of projects from its increases. *Uzhorod National University Herald. Series: International Economic Relations and World Economy*. № 19. P. 1. P. 43–46. [in Ukrainian].
12. Lutchyn N., Ostashova A. (2023). Statistical tools for monitoring the state and development of renewable energy in Ukraine. *Visnyk of the Lviv University. Series Economics*. № 65. С. 79–86. [in Ukrainian].
13. Rosynskyi A., Onofriichuk I. (2020). Energy efficiency of construction processes as an instrument for economic potential growth of real estate development company. *Ways of improving the efficiency of construction in the conditions of formation of market relations*. Coll. Sciences. works. KNUBA. № 44. P. 31–39.
14. Sichko T., Popadinets N. (2018). Estimation of efficiency of the energy saving system of the enterprise. *Agrosvit*. 2018. № 9. P. 52–59. [in Ukrainian].
15. Yasnolob I., Bereznytskyi I., Radionova Y. Energy efficiency and energy independence as

the perspective directions for development of energy saving systems. *Market infrastructure*. 47. P. 143–146. URL: http://www.market-infr.od.ua/journals/2020/47_2020_ukr/29.pdf (Last accessed on 2024 February 24) [in Ukrainian].

SIMULATION OF THE ENERGY EFFICIENCY INCREASE MECHANISM OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Vasyl Antoniv

Ivan Franko National University of Lviv,
18 Svobody Ave., Lviv, 79008,
e-mail: Vasyl.Antoniv@lnu.edu.ua; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4259-4129

Abstract. The article is devoted to researching the mechanisms of increasing the energy efficiency of industrial enterprises and detailing the structural and temporal sequence of its management. It is noted that reducing costs related to production and energy consumption is one of the key aspects of energy-efficient management of industrial enterprises. It was determined that the main problem of energy efficiency modeling is the identification of an adequate objective function based on a representative set of parameters and characteristics of the enterprise's energy chain. For this, an analytical approach was applied to study the existing methods of energy efficiency assessment and an economic-mathematical model for increasing the efficiency of production processes was proposed. Using the method of comparative analysis, the indicators of the efficiency of the energy systems of industrial enterprises are substantiated.

The results of the study show that significant energy-saving potential is achieved through the implementation of energy-saving technologies in industrial buildings and infrastructure. Modeling made it possible to reveal the benefits of integrated modernization and to assess the impact of various factors on this process. It is noted that with an increase in specific energy consumption, in the context of thermal modernization, there is a reduction in the payback period of capital investments, confirming this dependence's proportional effect.

Optimizing energy consumption at enterprises requires a comprehensive approach that takes into account the economic feasibility of projects and the balance between energy efficiency and costs. The literature analysis shows that the economic efficiency of such measures is particularly pronounced within the framework of large-scale modernization programs.

Keywords: energy efficiency, energy project, energy consumption, energy management, industrial enterprise.

Стаття надійшла до редакції 27.03.2024
Прийнята до друку 25.04.2024