



УДК 338.45: 658.26: 519.86

МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СТРАТЕГІЇ БІЗНЕСУ В УМОВАХ ЗОВНІШНІХ ЗБУРЕНЬ

Назарій Лилак

*Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана,
Київ, Україна
ORCID: 0009-0008-7830-3120*

Резюме. Досліджено питання моделювання енергетичної стратегії підприємств в умовах воєнного стану України на прикладі ТОВ «Радехівський цукор». Зазначено, що зовнішні збурення спричинили необхідність переорієнтації стратегії бізнесу на енергоефективність і автономність. Попри наявність окремих наукових напрацювань щодо енергетичної стійкості та антикризового управління, потенціал використання виробничої функції Кобба–Дугласа для комплексного оцінювання й моделювання результативності підприємств через взаємодію капіталу та енергетичних ресурсів у специфічних умовах воєнного стану та ресурсних обмежень в Україні залишається недостатньо реалізованим, що й актуалізувало дане дослідження. Метою дослідження є кількісне оцінювання реалізованої антикризової енергетичної стратегії виробничого підприємства в умовах зовнішніх збурень. Отримані результати свідчать, що у структурі виробничих чинників капітал має вищу еластичність (0,699), ніж енергоресурси (0,301), що вказує на домінуючу роль капітальних інвестицій у забезпеченні відновлення підприємства. Встановлено, що у 2022 р. підприємство зіткнулося з піковим ресурсним навантаженням, спричиненим руйнуванням енергетичної інфраструктури та дефіцитом палива, однак у 2023 р. менеджмент зміг забезпечити підвищення сукупної ефективності до 1,39, що свідчить про успішність реалізованої антикризової стратегії та адаптивність до зовнішніх збурень. Доведено доцільність використання модифікованої функції Кобба–Дугласа як аналітичного інструменту для оцінювання результативності енергетичної стратегії підприємств. Результати дослідження можуть слугувати методологічною основою для розроблення антикризових сценаріїв та підвищення енергетичної стійкості підприємств. Зроблено висновок, що моделювання взаємозалежності між капіталом та енергоресурсами є ефективним підходом до прогнозування стійкості бізнесу за умов воєнних та економічних шоків. Запропонований підхід може бути застосований для удосконалення стратегічного управління та формування політики енергетичної безпеки підприємств різних галузей.

Ключові слова: антикризова стратегія, виробнича функція Кобба–Дугласа, капітал, енергоресурси, ефективність управління.

https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2025.06.169

Отримано 23.10.2025

UDC 338.45: 658.26: 519.86

MODELING THE BUSINESS ENERGY STRATEGY IN THE CONTEXT OF EXTERNAL SHOCKS

Nazariy Lylak

*Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman,
Kyiv, Ukraine*

Summary. This article investigates the modelling of enterprise energy strategy under the conditions of martial law in Ukraine, drawing on the case of LLC «Radekhiv Sugar». The analysis demonstrates that external disturbances have necessitated a strategic reorientation of business priorities towards energy efficiency and operational autonomy. Although certain scholarly contributions address aspects of energy resilience and crisis management, the potential of the Cobb–Douglas production function to provide an integrated evaluation and modelling of enterprise performance through the interaction of capital and energy resources under wartime conditions and resource constraints remains insufficiently explored, which substantiates the relevance of this research. The purpose of the study is to quantify the effectiveness of the anti-crisis energy strategy implemented by a manufacturing enterprise exposed to external shocks. The findings indicate that within the structure of production factors, capital displays higher elasticity (0.699) compared to energy resources (0.301), which confirms the dominant role of capital investment in securing enterprise recovery. It

was established that in 2022 the enterprise experienced peak resource pressure caused by the destruction of energy infrastructure and fuel shortages, whereas in 2023 the management succeeded in improving overall efficiency to 1.39, which evidences the effectiveness of the adopted anti-crisis strategy and the adaptability of the enterprise to external disturbances. The study substantiates the expediency of employing a modified Cobb–Douglas function as an analytical instrument for evaluating the effectiveness of enterprise energy strategy. The results obtained may serve as a methodological basis for the development of anti-crisis scenarios and the enhancement of energy resilience in enterprises. The research concludes that modelling the interdependence between capital and energy resources constitutes an effective approach to forecasting business resilience under conditions of military and economic shocks. The proposed approach may be utilised to strengthen strategic management and inform enterprise energy security policies across various industrial sectors.

Key words: anti-crisis strategy, Cobb–Douglas production function, capital, energy resources, management efficiency.

https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2025.06.169

Received 23.10.2025

Постановка проблеми. Сучасні умови воєнного стану в Україні докорінно змінили характер функціонування вітчизняного бізнесу, актуалізувавши нові виклики у сфері енергетичної стійкості підприємств. Перебої в постачанні електроенергії, зростання вартості енергоресурсів та необхідність пристосування до високої турбулентності середовища змушують компанії переглядати свої стратегічні орієнтири, акцентуючи увагу на енергоефективності, автономності та раціоналізації використання ресурсів. За таких обставин моделювання економічної діяльності з урахуванням енергетичних чинників набуває статусу визначального інструменту для розроблення оптимальних стратегій, що забезпечують безперервність виробничо-господарських процесів і підвищення результативності бізнесу. Серед науково-прикладних підходів особливого значення набуває використання виробничої функції Кобба-Дугласа, яка дає можливість оцінити взаємодію та внесок капіталу й енергетичних ресурсів у формування результативності підприємства. Її адаптація до специфіки воєнних умов (як це продемонстровано на прикладі ТОВ «Радехівський цукор») дозволяє не лише кількісно визначити вплив відповідних факторів, але й динамічно оцінити ефективність управлінських рішень щодо використання ресурсів через коефіцієнти річної ефективності. Таким чином, дослідження потенціалу функції Кобба-Дугласа для кількісного моделювання та оцінювання реалізованої антикризової енергетичної стратегії бізнесу в період воєнних випробувань є важливим науково-практичним завданням та передумовою збереження конкурентоспроможності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання забезпечення енергетичної стійкості та адаптації бізнесу до умов невизначеності, спричинених воєнним станом, стало предметом активних наукових дискусій. Зокрема, дослідження М. Кіржецької та Ю. Кіржецького [1] зосереджені на виявленні ключових загроз економічній безпеці підприємств в умовах війни та обґрунтуванні необхідності впровадження антикризових стратегій, що включають заходи з диверсифікації енергопостачання та підвищення енергоефективності [1].

Значний внесок у розуміння важливості енергоефективності як стратегічного пріоритету зробив О. Ємельянов та співавтори, які у своїх працях акцентують на економічних перевагах впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій та їхньому впливі на зниження собівартості продукції та підвищення конкурентоспроможності в умовах зростання цін на ресурси [2].

Щодо застосування економіко-математичних методів для моделювання економічної діяльності, зокрема з урахуванням енергетичного чинника, варто виділити напрацювання Аугрес Роберт та співавторів, що досліджували адаптацію класичних виробничих функцій, включаючи функцію Кобба-Дугласа, для оцінювання впливу різних факторів виробництва в умовах обмежених ресурсів, обґрунтовуючи доцільність включення енергії як самостійного чинника до моделі, оскільки енергія пояснює ВВП приблизно так само добре, як і праця [3]. St. Keen, розглядає досвід використання модифікованої функції Кобба-Дугласа з

трьома змінними (капітал, праця, енергія) для оцінювання енергетичної еластичності виробництва та її ролі у формуванні національних енергетичних стратегій, що актуалізує порівняльний аналіз для українського бізнесу [4]. Касьянова Н. акцентує на стратегічному плануванні, наголошуючи на необхідності системного, формалізованого підходу до управління енергоефективністю, де стратегія енергозбереження реалізується через оптимізацію витрат та постійний контроль за допомогою інструменту енергетичного балансу [5].

Таким чином, хоча окремі аспекти енергетичної стійкості та антикризового управління висвітлені, потенціал функції Кобба-Дугласа для комплексного моделювання внеску капіталу й енергетичних ресурсів у результативність підприємств саме в специфічних умовах воєнного стану та ресурсних обмежень в Україні залишається недостатньо дослідженим, що й зумовлює актуальність даної роботи.

Метою дослідження є кількісне оцінювання реалізованої антикризової енергетичної стратегії виробничого підприємства в умовах зовнішніх збурень.

Постановка завдання. Для досягнення поставленої мети визначено такі наукові завдання: сформуванню адаптовану виробничу функцію (на базі моделі Кобба-Дугласа) та проаналізувати коефіцієнти ефективності параметрів цієї моделі. Для вирішення поставлених завдань використано такі методи: економіко-математичне моделювання (функція Кобба-Дугласа), аналіз та синтез (для опрацювання статистичних даних), метод найменших квадратів (для оцінювання базових параметрів), градієнтний спуск (для оцінювання коефіцієнтів ефективності капіталу й енергоресурсів).

Виклад основного матеріалу. Теоретична концепція дослідження ефективності функціонування виробничого підприємства: ТОВ «Радехівський цукор», базується на виборі класичної моделі, що передбачає врахування щонайменше трьох ключових чинників, які мають найбільший вплив на результати його діяльності. Для цукровиробничих підприємств частка витрат на працю є незначною, тоді як енергоресурси, як ключовий фактор функціонування бізнесу, відіграють набагато важливішу роль і виступають суттєвим обмежувальним чинником виробництва, на відміну від праці, яка виконує переважно управлінську функцію. Саме тому, спираючись на результати дослідження Ayres Robert та співавторів [5] до основних чинників функціонування ТОВ «Радехівський цукор» віднесемо: обсяги реалізованої продукції, капітал та енергетичні ресурси. Моніторинг вибраних абсолютних показників показав, що у період із 2019–2024 рр (табл. 1). спостерігався поступовий розвиток підприємства з елементами прискореного зростання в окремі періоди.

Таблиця 1. Основні показники діяльності ТОВ «Радехівський цукор», тис. грн

Роки	Дохід	Капітал	Енергоресурси
2019	3255206	1715392	23477
2020	3004448	1684006	17627
2021	4053601	1860765	26619
2022	6989607	1899743	162179
2023	10662734	2162836	44837
2024	11677879	3577333	51668

Джерело: офіційна фінансова звітність ТОВ «Радехівський цукор» [6].

У динаміці показників простежується поступове зростання доходу та капіталу, що свідчить про підвищення результативності та інвестиційного потенціалу підприємства. Аномальне зростання вартості енергетичних ресурсів у звітності підприємства у 2022 р. зумовлено збільшенням витрат на паливо та енергію, внаслідок системного знищення рф виробничих об'єктів енергетичної сфери та дефіцитом палива. Це об'єктивно підвищило ресурсне навантаження і відобразилося у структурі енергетичних витрат цього періоду. Надалі спостерігалася стабілізація параметрів і формування тенденції до збалансованого розвитку в межах енергетично-економічної рівноваги (рис. 1).

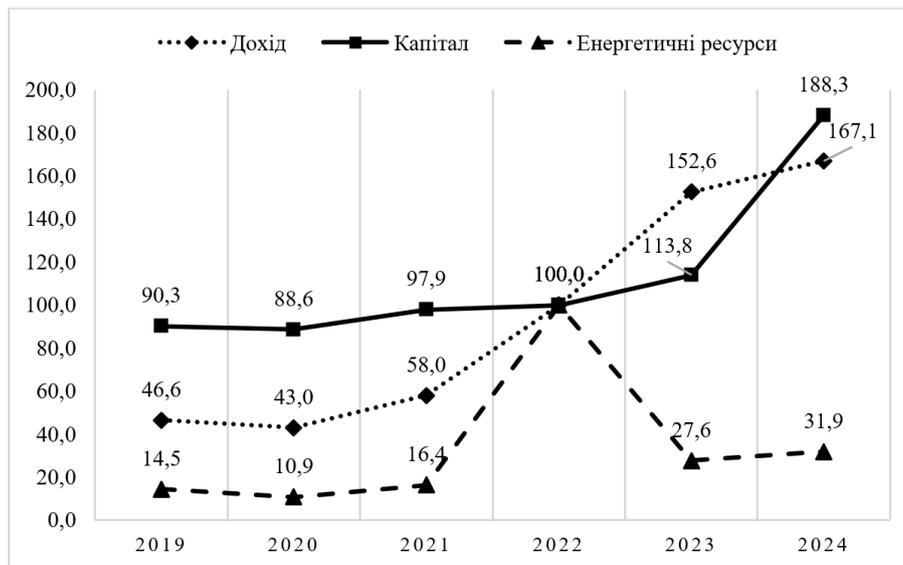


Рисунок 1. Основні відносні показники функціонування ТОВ «Радехівський цукор» у 2019–2024 рр. (2022 р. взято за базу)

Джерело: розраховано автором за даними табл. 1.

Детальніший аналіз показників використання капіталу і енергоресурсів для виробництва продукції ТОВ «Радехівський цукор» (рис. 2) показав, що війна суттєво вплинула на операційні показники підприємства у 2022 р., спричинивши різке зниження капіталоемності продукції: співвідношення «капітал/продукція» впало на 40,7% (з 0,459 у 2021 р. до 0,272 у 2022 р.). Це падіння свідчить про недозавантаження потужностей або втрату капіталу, що не було компенсовано обсягами виробництва. Водночас, енергоефективність (коефіцієнт «продукція/енергетичні ресурси») також зменшилася на 26,2% (з 152,28 до 112,41), відображаючи проблеми з енергопостачанням.

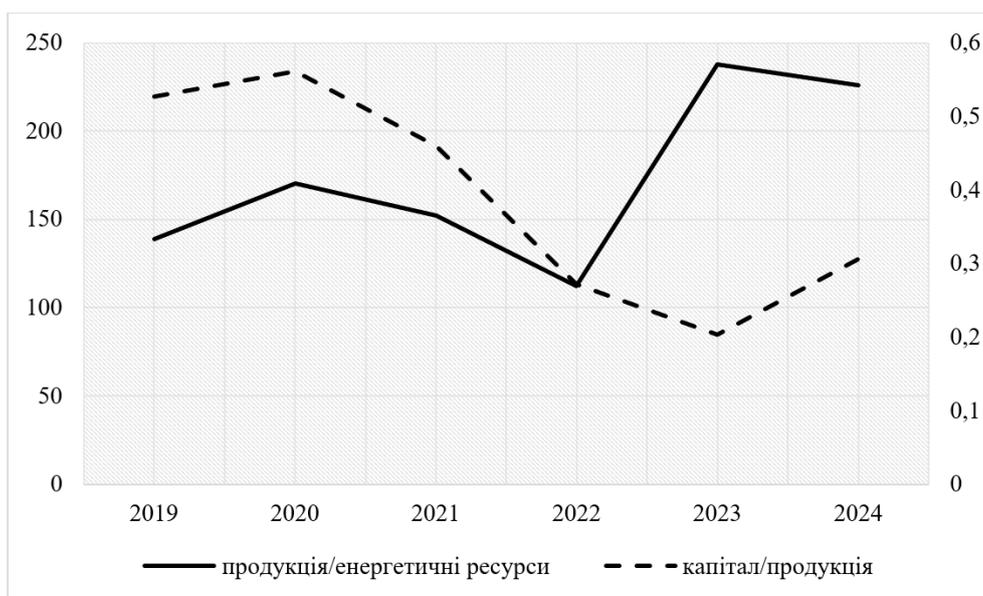


Рисунок 2. Динаміка показників ефективності забезпечення капіталом та енергоресурсами ТОВ «Радехівський цукор» у 2019–2024 рр.

Джерело: розраховано автором за даними табл. 1.

Починаючи з 2023 р., менеджмент ТОВ «Радехівський цукор» продемонстрував вражаючу адаптацію в умовах зовнішніх збурень, підвищивши індекс енергоефективності до 237,81 (зростання на 111,5%). Це зростання могло бути викликано оптимізацією процесів або переходом на ефективніші автономні джерела. Проте капіталоємність відновлювалася повільніше, почавши зростати лише у 2024 р. (до 0,306), що вказує на поступове відновлення або залучення капіталу. Загалом, дані підтверджують значний кризовий вплив з подальшим асиметричним відновленням (швидке відновлення енергоефективності при повільному відновленні капіталоємності).

Для оцінювання реалізованої антикризової енергетичної стратегії ТОВ «Радехівський цукор» в умовах зовнішніх збурень, застосуємо методи математичного моделювання, зокрема, використання капіталу та енергетичних ресурсів проводитиметься за виробничою формулою Кобба-Дугласа (формула 1).

$$P = k \times K^a \times E^\beta \quad (1)$$

$$a + \beta = 1,$$

де P – дохід від реалізації;

K – обсяг задіяного капіталу;

E – обсяг спожитих енергетичних ресурсів;

a, β – коефіцієнти моделі Коба-Дугласа, які відображають інтенсивність використання капіталу й енергії для виробництва продукції.

Для знаходження невідомих k, a, β використано метод лінеаризації та метод найменших квадратів, який є більш стійким для оцінювання базової моделі. В результаті отримано таке представлення виробничої функції для ТОВ «Радехівський цукор» (формула 2):

$$P = 9,057 \times K^{0,699} \times E^{0,301}. \quad (2)$$

Це пояснює, що у діяльності ТОВ «Радехівський цукор» капітал $a = 0,699$ має високу еластичність, збільшення капіталу на 1% призводить до зростання доходу на 0,7%, а енергетичні ресурси мають помірну еластичність $\beta = 0,301$. Збільшення витрачання енергії на 1% призводить до зростання доходу на 0,3%. Тобто, основним двигуном зростання та засобом виходу з кризи є капітальні інвестиції, тобто, стратегія має бути сфокусована на нарощуванні та модернізації основних засобів для збільшення масштабу та потужностей бізнесу.

Для дослідження динаміки, відхилень від розрахованої моделі та оцінювання річної ефективності менеджменту в умовах зовнішніх збурень використано динамічний розширений функціонал з нормуванням для згладжування змін (формула 3).

$$F = \sum_{j=1}^J (P_j - k \times (\zeta_j \times K_j)^a \times (\eta_j \times E_j)^\beta)^2 + \chi \times \sum_{j=1}^{J-1} [(\zeta_{j+1} - \zeta_j)^2 + (\eta_{j+1} - \eta_j)^2] + \dots \rightarrow \min \quad (3)$$

де, ζ_j – ефективність капіталу;

η_j – ефективність енергії.

Скориговані коефіцієнти, розраховані за формулою 3, які відображають фактичний розподіл річної ефективності між капіталом та енергією, дають змогу кількісно оцінити успішність реалізованої антикризової енергетичної стратегії в конкретному році (табл. 2).

Таблиця 2. Щорічний розподіл річної ефективності між капіталом та енергією

Рік	ζ_j Ефективність капіталу	η_j Ефективність енергоресурсів	$\zeta^{\alpha}\eta^{\beta}$ Сукупна ефективність
2019	0,78	0,95	0,81
2020	0,76	0,94	0,79
2021	0,88	0,98	0,90
2022	1,15	1,10	1,14
2023	1,40	1,35	1,39
2024	1,12	1,20	1,14

Джерело: розраховано автором.

На основі результатів розрахунків (табл. 2) можна зробити висновок, що ефективність стратегії ТОВ «Радехівський цукор» в умовах зовнішніх збурень мала низьку сукупну ефективність у 2019–2021 рр., що свідчить про те, що менеджмент не використовував весь потенціал як капіталу, так і енергетичних ресурсів бізнесу. Війна змінила підходи до управління підприємством, зокрема, менеджмент почав доволі ефективно перерозподіляти інвестиції та ресурси з метою забезпечення безперервності виробництва, незважаючи на руйнування централізованої енергосистеми бачимо підвищення енергетичної стійкості та зростання доходу. Аналіз чутливості моделі ТОВ «Радехівський цукор» до параметра регуляризації χ (від 10^3 до 10^{10}) показав, що оптимальний баланс між точністю апроксимації даних досягається при $\chi \approx 10^5 - 10^6$. Саме цей діапазон забезпечує відображення реалістичної сукупної ефективності (близько 1.14–1.75), що не спотворюється надмірним згладжуванням. Порівняння з галузевими бенчмарками [7-9] підтверджує, що ТОВ «Радехівський цукор» перевищує середні показники цукрової промисловості України: за аналізований період дохід зріс на 259% (з 3.26 млрд грн у 2019 р. до 11.68 млрд грн у 2024 р.) проти галузевого коливання $\pm 30\%$, ефективність капіталу (ζ_j від 0.78 до 1.40) і енергії (η_j від 0.95 до 1.35), що перевищує за середньоринкові значення, а частка ринку 25,53% випереджає конкурентів (ТОВ «Фірма «Астарта-Київ»: 21,17%) [8]. Аномальне зростання споживання енергії у 2022 р. збігається з галузевим, але швидке відновлення енергоефективності свідчить про успішну адаптацію менеджменту до зовнішніх збурень.

Висновки. Результати проведеного дослідження засвідчили, що капітал виступає головним рушієм відновлення та зростання підприємства (еластичність 0,699), тоді як енергетичні ресурси мають суттєвий, але допоміжний ефект (еластичність 0,301), що підкреслює необхідність стратегічного фокусування на модернізації основних засобів і удосконаленні технологічних процесів. Водночас підвищення коефіцієнтів ефективності після 2022 р. демонструє адаптивність менеджменту до зовнішніх збурень, зокрема завдяки диверсифікації джерел енергії, впровадженню автономних систем та оптимізації енергоспоживання. Побудована модель із використанням динамічного функціоналу з регуляризацією дала змогу не лише описати реакцію підприємства на зовнішні збурення, але й кількісно оцінити реалізацію антикризової енергетичної стратегії, що підтверджується зростанням сукупної ефективності до 1,39 у 2023 році. Це свідчить про наявність потенціалу для сталого розвитку навіть за умов високої турбулентності зовнішнього середовища.

Conclusions. The results of the study indicate that capital serves as the primary driver of the enterprise's recovery and growth (elasticity 0.699), whereas energy resources exert a significant but secondary effect (elasticity 0.301), emphasising the necessity for a strategic focus on the modernization of fixed assets and the improvement of technological processes. Simultaneously, the increase in efficiency coefficients after 2022 demonstrates the management's adaptability to external shocks, particularly through the diversification of energy

sources, the implementation of autonomous systems, and the optimization of energy consumption. The constructed model, employing a dynamic functional with regularisation, allowed not only for the description of the enterprise's response to external disturbances but also for a quantitative assessment of the implementation of the anti-crisis energy strategy, as evidenced by the rise in aggregate efficiency to 1.39 in 2023. This demonstrates the potential for sustainable development even under conditions of high environmental turbulence.

Список використаних джерел

1. Kirzhetska M., Kirzhetskyu Y. Financial sustainability of the digital enterprise under the conditions of uncertainty. *Marketing and logistics: innovations, strategies, society: collective monograph* / In Hlynskyu, N. (Ed.), Tallinn: Teadmus, 2024. P. 246–258
2. Yemelyanov O., Petrushka T., Koleshchuk O., Petrushka K., Havras D. Modelling and assessment of obstacles to energy saving technological changes: the case of Ukrainian industrial enterprises. *Procedia Computer Science*. 2025. Vol. 253. P. 922–931. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.01.154>
3. Ayres R. U., Savin I., van den Bergh J., Hao Lu. Exergy versus Labor in Aggregate Production Functions: Estimates for Ten Large Economies. *International Journal of Exergy*. 2021. Vol. 38. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJEX.2022.124175>
4. Keen S., Ayres R. U., Standish R. A note on the role of energy in production. *Ecological Economics*. 2019. Vol. 157. P. 40–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.11.002>
5. Касьянова Н. В. Впровадження стратегії енергозбереження на промислових підприємствах. *Електронний журнал «Ефективна економіка»*. 2017. № 2. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5916> (дата звернення: 20.09.2025).
6. Фінансова звітність ТОВ «Радехівський цукор». *Radsugar*: веб-сайт. URL: <https://radsugar.com/reports> (дата звернення: 01.10.2025).
7. Commodity Board Europe GmbH. Ukraine sugar sector 2025/26. *Outlook darkens as EU access shrinks* : веб-сайт. URL: <https://commodity-board.com/ukraine-sugar-sector-2025-26-outlook-darkens-as-eu-access-shrinks> (дата звернення: 20.09.2025).
8. Костецька Н., Лотиш О. Оцінювання рівня концентрації цукрової промисловості України. *Галицький економічний вісник*. 2024. Том 90. № 5. С. 24–36. DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2024.05.024
9. Кіржецька М. С. Економічна безпека підсистем харчової промисловості України: проблеми та пріоритети зміцнення : монографія. Львів : Ліга-Прес, 2018. 214 с.

References

1. Kirzhetska M., Kirzhetskyu Y. (2024). *Financial sustainability of the digital enterprise under the conditions of uncertainty*. In: Hlynskyu, N. (Ed.), *Marketing and logistics: innovations, strategies, society: collective monograph*. Tallinn: Teadmus, pp. 246–258.
2. Yemelyanov O., Petrushka T., Koleshchuk O., Petrushka K., Havras D. (2025) *Modelling and assessment of obstacles to energy saving technological changes: the case of Ukrainian industrial enterprises*. *Procedia Computer Science*, vol. 253, pp. 922–931. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.01.154>
3. Ayres R. U., Savin I., van den Bergh J., Hao L. (2021). *Exergy versus Labour in Aggregate Production Functions: Estimates for Ten Large Economies*. *International Journal of Exergy*, vol. 38. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJEX.2022.124175>
4. Keen S., Ayres R. U., Standish R. (2019). *A note on the role of energy in production*. *Ecological Economics*, vol. 157, pp. 40–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.11.002>
5. Kasianova N. V. (2017) *Vprovadzhennia stratehii enerhozberezhennia na promyslovykh pidpriemstvakh* [Implementation of the energy saving strategy at industrial enterprises]. *Efektivna ekonomika [Efficient economy]*, no. 2. Available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5916> (accessed: 20 September 2025).
6. *Finansova zvitnist TOV "Radehivskiy tsukor"* [Financial statements of LLC "Radehiv Sugar"]. *Radsugar: website*. Available at: <https://radsugar.com/reports> (accessed: 1 October 2025).
7. Commodity Board Europe GmbH. (2025). *Ukraine sugar sector 2025/26. Outlook darkens as EU access shrinks*. Available at: <https://commodity-board.com/ukraine-sugar-sector-2025-26-outlook-darkens-as-eu-access-shrinks> (accessed: 20 September 2025).
8. Kostetska N., Lotysh O. (2024) *Otsiniuvannia rivnia kontsentratsii tsukrovoi promyslovosti Ukrainy* [Assessment of the concentration level of Ukraine's sugar industry]. *Halyskyi ekonomichnyi visnyk [Galician Economic journal]*, vol. 90, no. 5, pp. 24–36. DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2024.05.024
9. Kirzhetska M. S. (2018). *Ekonomichna bezpeka pidsystem kharchovoi promyslovosti Ukrainy: problemy ta priorytety zmitsnennia: monohrafiia* [Economic security of subsystems of the food industry of Ukraine: problems and priorities for strengthening: monograph]. Lviv: Liha-Pres, 214 p.