УДК 658.26:330.15:664
JEL Q41, L66, D24
DOI https://doi.org/10.32782/2786-765X/2026-15-21

Ладижинський І.В.
аспірант, здобувач ступеня доктора філософії (PhD),
Державний біотехнологічний університет
ORCID: https://orcid.org/0009-0009-1538-4776

ДО ПИТАННЯ ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНИХ ЗАСАД ТА ПРИНЦИПІВ ОЦІНКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КОНДИТЕРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ В ОСОБЛИВИХ ЕКОНОМІЧНИХ УМОВАХ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ВІЙНОЮ

У статті обґрунтовано теоретико-методологічні засади та принципи оцінювання енергоефективності кондитерських підприємств в особливих економічних умовах війни. Метою є систематизація підходів до оцінювання та формування моделі, що поєднує галузеве порівняння, аналіз значущих споживачів енергії й інвестиційний потенціал із виміром стійкості до перебоїв електропостачання. Аналіз праць науковців засвідчив, що наявні підходи розроблено для стабільних умов. Авторський внесок полягає в уточненні базових категорій і систематизації п'яти методологічних підходів. Наукова новизна: обґрунтовано категорію воєнної енергетичної стійкості підприємства та запропоновано п'ятирівневу модель із вісьмома принципами оцінювання. Практичне значення полягає в проєктуванні систем енергетичного менеджменту. Доведено потребу переходу від мінімізації витрат до логіки «витрати – стійкість».

Ключові слова: енергоефективність, енергетичний менеджмент, кондитерська промисловість, воєнна енергетична стійкість, значущі енергоспоживачі, енергоаудит, воєнна економіка.

Постановка проблеми. Енергоефективність та енергозбереження в економіці України перейшли з категорії технічного завдання «зниження витрат» у розряд стратегічного пріоритету національного розвитку. За даними Міжнародного енергетичного агентства, енергоємність ВВП України у 2022 р. у 2–2,5 раза перевищувала середній показник ЄС, ставлячи країну в один ряд із найбільш енергоємними економіками світу [9]. Статистика 2022–2024 рр. при цьому викривлена одночасним падінням обсягів виробництва й енергоспоживання внаслідок війни, тому довоєнні структурні показники 2019–2021 рр. залишаються надійнішим орієнтиром оцінки реального потенціалу енергозбереження.

Харчова промисловість забезпечує близько 30 % кінцевого світового споживання енергії [6], а кондитерська галузь належить до найбільш енергоємних її сегментів через специфічну технологічну послідовність теплоємних операцій – варіння за 105–175 °С, темперування з циклічним контролем температури, тунельне охолодження, сушіння. В умовах повномасштабного вторгнення (2022–2025 рр.) підприємства зіткнулися з відключеннями електроенергії до 18 годин на добу та подорожчанням резервного енергопостачання на 30–45 % [8], унаслідок чого управління енергетичним балансом трансформувалося з інструмента економії витрат у чинник операційного виживання.

Водночас чинні методологічні підходи до оцінки енергоефективності – засновані на стандартах серії ISO 50000 та BAT-BREF [10; 11; 12; 14] – розроблялися для стабільних мирних умов і не враховують факторів екстремальної нестабільності: непрогнозованих перерв постачання, цінових шоків резервної генерації, ризиків руйнування потужностей. Це створює теоретико-методологічну прогалину – відсутність систематизованого понятійного апарату та узгодженої системи принципів оцінки енергоефективності кондитерських підприємств, адаптованої до особливих економічних умов, пов'язаних із війною, що й визначає актуальність дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нормативну основу оцінювання становлять ISO 50001:2018 [10], ISO 50006:2014 [12], ISO 50002:2014 [11] та довідковий документ ЄС із найкращих доступних технологій [14], які не враховують нестабільності постачання. Концептуально M. G. Patterson [17] систематизував групи показників енергоефективності (термодинамічні, змішані й економічні) та показав, що агреговані економічні індикатори чутливі до структурних зрушень, а A. B. Jaffe і R. N. Stavins [13] показали, що розмір розриву між фактичним і «оптимальним» споживанням залежить від того, як визначено оптимум. Ці праці не адаптовані до умов, за яких оптимумом стає безперервність виробництва, а не мінімум витрат.

© Ладижинський І.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

У дослідженнях кондитерського виробництва домінує вимірювання питомого споживання. J. Wojdalski зі співавторами [21] встановили для польського підприємства загальне питоме споживання 2,456–8,575 ГДж/т та питому електроенергію 195,2–353,5 кВт·год/т і показали залежність показників від місячного обсягу випуску, проте дослідили одне підприємство за стабільного постачання. Q. Ibrahim зі співавторами [7] визначили для йорданської фабрики потенціал економії електроенергії близько 30 тис. кВт·год на рік, обмежившись технічним рівнем без оцінки економічної та ризикової складових. A. Ladha-Sabur зі співавторами [15] узагальнили дані щодо харчової промисловості й виявили найвищу енергоємність продуктів зі значною часткою термічної обробки. Для України А. Волинець, Д. Черевашко та Н. Мєдвєдєва [1] на прикладі цукрової галузі встановили, що заводи споживають приблизно вдвічі більше енергії на тонну цукру, ніж підприємства ЄС, і виокремили модернізацію обладнання, використання відходів та енергетичний менеджмент як найефективніші заходи.

Серед управлінських і економічних праць K. Bunse зі співавторами [4] виявили розрив між потребами промисловості та науковою літературою щодо інтеграції показників енергоефективності в управління виробництвом, P. Thollander, J. Palm і P. Rohdin [20] запропонували міждисциплінарну класифікацію бар'єрів упровадження енергоефективних заходів, а E. Cagno та A. Trianni [5] на вибірці малих і середніх металообробних підприємств Італії показали, що бар'єри, залежні від втручання, суттєво різняться за технологіями та заходами. S. Sorrell [19] пояснив вибір аутсорсингу енергетичних послуг співвідношенням економії виробничих і транзакційних витрат, не наводячи емпіричної перевірки. В усіх цих працях основу становлять вартісні критерії та організаційні бар'єри, тоді як безперервність процесів за перебоїв постачання не є окремим критерієм вибору заходів.

Вплив війни на підприємства досліджено в кількох працях. Л. Лігоненко зі співавторами [16] за щомісячними опитуваннями 400–600 підприємств восьми галузей у 2022–2024 рр. з'ясували, що більшість підприємств і далі планує зростання попри енергетичні проблеми, а перебої електропостачання не були критичним чинником рішень про розширення у 81 % випадків. О. М. Довгорук [2] за мета-аналізом вторинних джерел пов'язав упровадження відновлюваних джерел і систем накопичення із зростанням енергоефективності й надійності постачання та назвав головними бар'єрами високі капітальні витрати й тривалі строки окупності.

Зіставлення розглянутих праць виявляє три невирішені аспекти. По-перше, дослідження кондитерського виробництва [7; 21] і вітчизняні розробки для харчової промисловості [1] ґрунтуються на питомих показниках і технічних заходах за стабільних умов та не пропонують системи оцінювання, яка поєднувала б галузевий бенчмаркінг, аналіз значущих споживачів і інвестиційний потенціал. По-друге, економічні та управлінські підходи [4; 5; 19; 20] обирають заходи за вартісними критеріями, тому не пояснюють, чому інвестиції в резервування критичних процесів можуть бути виправданими попри довший строк окупності. По-третє, воєнні дослідження [2; 16] виконано на рівні сукупності галузей або на вторинних даних, і вони не пов'язують енергетичну стійкість із методикою оцінювання енергоефективності конкретного кондитерського підприємства. Відтак у проаналізованих працях не сформовано понятійного апарату категорії «воєнна енергетична стійкість» та системи принципів, яка інтегрувала б тріаду «бенчмаркінг – значущі енергоспоживачі – інвестиційний потенціал» із виміром стійкості до умов війни. Саме ця невирішена частина загальної проблеми визначає напрям дослідження, якому присвячено подальший виклад.

Мета статті. Метою статті є узагальнення понятійно-категоріального апарату, систематизація методологічних підходів і формулювання системи принципів оцінки енергоефективності кондитерських підприємств в особливих економічних умовах, пов'язаних із війною. Завдання дослідження: уточнити зміст базових категорій оцінки енергоефективності; розглянути систему нормативних документів, що формують методологічну основу такої оцінки; систематизувати методологічні підходи до оцінки енергоефективності промислових підприємств; визначити галузеву специфіку кондитерського виробництва; показати вплив особливих економічних умов воєнного стану; запропонувати авторську теоретико-методологічну модель і систему принципів оцінки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Категорія «енергоефективність» визначається як відношення корисного економічного результату до обсягу спожитих паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) і відрізняється від суміжної категорії «енергозбереження» – сукупності заходів, спрямованих на скорочення споживання ПЕР без зниження обсягу чи якості випуску. Похідна категорія «енергоємність» – обернений

показник, що традиційно застосовується для міжкраїнових і міжгалузевих порівнянь [9].

Ключовим операційним поняттям на рівні підприємства є питоме енергоспоживання (Specific Energy Consumption, SEC), унормоване ISO 50006:2014 [12] і незалежне від масштабу виробництва. Поняття значущого енергоспоживача (Significant Energy User, SEU), закріплене в ISO 50001:2018 [10], охоплює енергетичне навантаження з часткою понад 5 % загального споживання або потенціалом економії понад 15 % і є базовою одиницею аналізу в системі енергетичного менеджменту (EnMS).

Похідним є показник розриву енергоефективності (Energy Efficiency Gap, EEG) – відхилення фактичного споживання від бенчмарку, яке пропонується розглядати не лише як індикатор технічного відставання, а і як міру операційного ризику підприємства в нестабільному середовищі. За глибиною і точністю виявлення потенціалу ISO 50002:2014 [11] виокремлює чотири рівні енергоаудиту – попередній (±35–50 %), стандартний (±10–20 %), інвестиційного класу (±5–10 %) і симуляційний (±3–8 %), що принципово для коректної інтерпретації подібних оцінок.

Методологічну основу оцінки формує ієрархічна система нормативних документів. На стратегічному рівні це стандарт ISO 50001:2018 [10], що визначає вимоги до EnMS через циклічну модель безперервного вдосконалення (Plan-Do-Check-Act). На тактичному рівні – ISO 50006:2014 [12], що унормовує визначення базових показників SEC. Операційний рівень діагностики забезпечує ISO 50002:2014 [11] з чотирирівневою типологією енергоаудитів.

Для галузевого бенчмаркінгу застосовується Довідник найкращих доступних технологій ЄС (BAT-BREF) [14], що встановлює референтні діапазони питомого споживання для харчової промисловості; ці норми адаптуються для підприємств середнього класу коригувальними коефіцієнтами, які відображають типовий стан обладнання й відсутність формалізованої EnMS. В Україні зазначені стандарти впроваджено через гармонізовані національні аналоги серії ДСТУ ISO 50000. Водночас жоден із цих документів не регламентує оцінку енергоефективності в умовах збройного конфлікту чи різкого подорожчання резервного живлення, що визначає потребу в теоретичному розширенні нормативної бази додатковим – воєнним – виміром оцінки.

Систематизація наукової літератури дає змогу виокремити п’ять методологічних підходів. Індикаторно-бенчмарковий підхід зіставляє фактичні показники питомого споживання (WP, WTE, WZ) із галузевими нормами та BAT-BREF через показник EEG [14]; його перевага – висока порівнюваність, обмеження – нечутливість до структури технологічного процесу конкретного підприємства. Підхід з орієнтацією на основні засоби підприємства (SEU-аналіз) деталізує оцінку до рівня окремих одиниць обладнання за критеріями ISO 50001:2018 [10] (потужність, режим роботи, частка споживання, потенціал економії); він забезпечує операційну конкретність, проте за відсутності інструментального аудиту точність обмежена рівнем попереднього (walk-through) обстеження.

Ланцюгово-вартісний підхід [18] локалізує енергетичні витрати в ланках виробничого ланцюга та визначає точки максимального важеля впливу. Інвестиційно-економічний підхід оцінює доцільність заходів за критерієм простого строку окупності $T = \frac{I}{\Delta C}$, доповненого аналізом чутливості до тарифів і завантаження потужностей; на роль транзакційних витрат у рішеннях щодо енергетичних контрактів звертає увагу S. Sorrell [19]. Економетричний підхід на панельних даних з фіксованими ефектами [3; 22] кількісно пов’язує питоме споживання й наявність EnMS із собівартістю продукції, інтегруючи фізичний і фінансовий виміри енергетичного менеджменту. Кожен підхід окремо розкриває лише часткову картину; методологічна цінність полягає в їх інтеграції в єдину багаторівневу модель, обґрунтовану нижче.

Кондитерська галузь – один із найбільш енергоємних сегментів харчової промисловості через поєднання кількох теплоємних операцій у межах одного циклу: варіння за 105–175 °С, темперування з точним циклічним контролем температури, тунельне охолодження, підтримання суворих кліматичних параметрів приміщень. За даними [21], питоме сукупне енергоспоживання підприємств з виробництва карамелі, м’яких цукерок і пресованих виробів коливається в межах 2,456–8,575 ГДж/т; для шоколадного профілю ключовими значущими енергоспоживачами є коншування й темперування (14–22 % споживання електроенергії).

Специфіку типових товарних ліній кондитерського виробництва та відповідних значущих енергоспоживачів узагальнено в табл. 1.

Теоретично значущим є те, що енергоємність кондитерського виробництва істотно диференційована за товарними лініями: шоколадні вироби найбільш енергоємні через тривалість коншування (до 72 годин) і багатоступеневе темперування, тоді як вироби

Таблиця 1

Виробничий профіль і типові значущі енергоспоживачі (SEU) за товарними лініями кондитерського виробництва

Товарна лінія	Ключові технологічні стадії	Основне SEU-обладнання	Питома електроенергія, кВт·год/т
Формований/ литий шоколад	Меляжування → коншування → темперування → формування → охолодження → пакування	Кульовий млин/ рефайнер; конш-машина; темперувальна машина; охолоджувальний тунель	280–480 (коншування 250–480; темперування 150–280)
Цукерки, трюфелі, праліне	Формування корпусу / one-shot депонування → наповнення → охолодження → глазурування → пакування	Депозитори; глазурувальна машина; охолоджувальний тунель; фасувальна лінія	220–380
Мармелад (фруктово-ягідний)	Приготування пектинової маси → варіння за 105–110 °C → депонування → сушіння → обсипання цукром → пакування	Вакуум-варильний апарат; могул-система; сушильна камера; депозитор	150–280 (+ теплова 200–320)
Енергетичні батончики	Змішування інгредієнтів → пресування/екструзія → різання → глазурування → пакування	Промисловий міксер; формувач/екструдер; глазурувальний тунель	90–160
Турецькі солодощі (лукум)	Варіння цукрово-крохмального сиропу за 120–130 °C → охолодження → різання → обсипання пудрою → пакування	Варильний котел; охолоджувальний стіл; різальна машина	120–200 (+ теплова 180–260)

Джерело: узагальнено автором за [7; 21] та технічною документацією профільного обладнання

без термічної обробки понад 100 °C мають найнижчу питому енергоємність. Це формує теоретичне підґрунтя для розгляду асортиментної диверсифікації як самостійного енергоефективного важеля управління сукупним споживанням, а не лише маркетингового інструменту.

Особливі економічні умови війни доцільно розглядати як принципово новий тип інституційного середовища, що характеризується різкою, а не поступовою трансформацією зовнішніх параметрів: руйнуванням енергетичної інфраструктури, непрогнозованими перервами електропостачання (4–18 годин на добу), переходом на резервну дизельну генерацію, яка підвищує ефективну вартість електроенергії у 2,5–4 рази, та загальним подорожчанням енергопостачання на 30–45 % [8].

Це вимагає застосування концепції організаційної стійкості (resilience) – здатності зберігати функціональність і швидко відновлюватися після деструктивних впливів, – недостатньо інтегрованої в теорію енергетичного менеджменту підприємства. Пропонується розглядати воєнну енергетичну стійкість підприємства як здатність забезпечувати безперервність критичних технологічних процесів (зокрема темперування й охолодження, порушення яких спричиняє незворотну втрату якості продукції) за умов перерв електропостачання з прийнятним рівнем додаткових витрат.

Ключовий теоретичний наслідок: традиційна логіка мінімізації строку окупності стає недостатньою критеріальною основою рішень в умовах війни – інвестиція в резервування критичного ланцюга (наприклад, система накопичення енергії) може мати формально довший строк окупності, але забезпечувати вищу цінність через уникнення ризику зупинки виробництва. Дослідження бар'єрів упровадження енергоефективних заходів [5; 20] підтверджують, що такі рішення систематично відхиляються від формально оптимальних через організаційні й поведінкові бар'єри, що додатково обґрунтовує перехід від одновимірної (витратної) до багатоцільової (витратно-стійкісної) цільової функції оцінки, яка враховує економію витрат, ризик перерви виробництва та «запас енергетичної стійкості» підприємства відносно песимістичних тарифних сценаріїв.

На основі систематизації, здійсненої вище, пропонується авторська теоретико-методологічна модель оцінки енергоефективності кондитерського підприємства, яка розширює традиційну трирівневу структуру (бенчмаркінг – SEU-аналіз – інвестиційний потенціал) двома додатковими рівнями – воєнної енергетичної стійкості та економетричної чутливості собівартості, інтегруючи в такий

спосіб технічний, управлінський, інвестиційний, інституційний і фінансово-економічний виміри оцінки в єдину систему (табл. 2).

Запропонована модель має не лінійний послідовний, а системний, вкладений характер: рівні 1–3 формують «мирну» методологічну основу, значною мірою узгоджену зі стандартами серії ISO 50000; рівень 4 виконує функцію наскрізного інституційного коригувального фактора, що застосовується до рівнів 1–3 в умовах війни; рівень 5 забезпечує фінансово-економічну верифікацію сукупного ефекту попередніх рівнів.

Ілюстративним прикладом застосування першого (бенчмаркового) рівня моделі може слугувати позиціонування типового кондитерського підприємства середньої категорії відносно галузевої норми та BAT-бенчмарку (табл. 3): фактичне питоме споживання перевищує норму EU BAT на 14–32 %, що відповідає верхній середині галузевого ранжування 180 українських кондитерських підприємств і є типовою ситуацією для підприємств без сертифікованої EnMS.

Запропонована модель має статус теоретичного організаційного каркасу (heuristic framework), а не остаточно операціоналізованого інструменту, і потребує подальшої емпіричної апробації, про що йдеться у висновках.

На основі викладеного вище сформульовано систему принципів оцінки енергоефективності кондитерських підприємств в особливих економічних умовах, пов'язаних із війною:

1. Принцип системності – оцінка енергоефективності підприємства має здійснюватися

Таблиця 2

Авторська п'ятирівнева теоретико-методологічна модель оцінки енергоефективності кондитерського підприємства в особливих економічних умовах, пов'язаних із війною

Рівень	Зміст оцінки	Ключові індикатори / інструментарій	Методологічна основа
1. Галузеве бенчмаркінгове позиціонування	Зіставлення фактичного питомого споживання підприємства з галузевими та референтними нормами	WP, WZ, WTE; показник розриву енергоефективності (EEG)	[12; 14]
2. SEU-аналіз значущих енергоспоживачів	Ідентифікація й ранжування обладнання із найбільшою часткою споживання чи потенціалом економії	Встановлена потужність; частка споживання (≥ 5 %); потенціал економії (≥ 15 %)	[10]
3. Інвестиційно-потенційний рівень	Оцінка економічної доцільності заходів з підвищення енергоефективності	Простий строк окупності $T = \frac{I}{\Delta C}$; аналіз чутливості до тарифу й завантаження	[11; 19]
4. Рівень воєнної енергетичної стійкості (авторський)	Оцінка здатності підприємства зберігати безперервність критичних технологічних процесів в умовах перерв електропостачання	Тривалість і частота відключень; частка резервної генерації; коефіцієнт тарифного подорожчання; запас енергетичної стійкості; ризик втрати якості продукції	Концепція резилієнтності; [8; 16]
5. Економетричний рівень фінансової чутливості (авторський)	Кількісна оцінка зв'язку між питомим споживанням, наявністю EnMS і собівартістю продукції	Панельна регресія з фіксованими ефектами	[3; 22]

Джерело: розроблено автором

Таблиця 3

Ілюстративний приклад позиціонування кондитерського підприємства відносно галузевої норми та BAT-бенчмарку (рівень 1 авторської моделі)

Показник	Од. вим.	Фактичне значення (приклад)	Норма EU BAT (шоколадний профіль, ×1,25)	Відхилення (EEG)
Теплова енергія (WTE)	Гкал/т	0,38	0,30–0,40	у межах норми
Електроенергія (Wep)	кВт·год/т	523	380–480	+43–143 кВт·год/т
Сукупні ПЕР (WZ)	кВт·год ум. п./т	971	700–850	+121–271 кВт·год ум. п./т
Місце в галузевій вибірці	з 180 підприємств	42	–	верхня середина

Джерело: розроблено автором на основі власного практичного дослідження та бенчмарку [14]

як цілісний аналіз взаємопов'язаних рівнів (галузевого, обладнаннєвого, інвестиційного, інституційного, фінансового), а не як ізольований розрахунок окремих показників.

2. Принцип порівняльності (бенчмаркінгу) – результати оцінки мають зіставлятися з галузевими та міжнародними нормативними орієнтирами (BAT-BREF, національна база норм ПЕР), що забезпечує об'єктивність висновків щодо позиції підприємства в галузі.

3. Принцип пріоритетності значущих енергоспоживачів – управлінські та інвестиційні рішення мають концентруватися передусім на SEU, що формують основну частку споживання, відповідно до критеріїв ISO 50001:2018.

4. Принцип економічної обґрунтованості – кожен захід з підвищення енергоефективності має супроводжуватися розрахунком строку окупності та аналізом чутливості до зміни зовнішніх параметрів (тарифу, завантаження).

5. Принцип адаптивності та стійкості (резилієнтності) – в умовах війни критерієм прийняття інвестиційних рішень має бути не лише мінімізація строку окупності, а й забезпечення безперервності критичних технологічних процесів та наявність запасу енергетичної стійкості.

6. Принцип фінансово-економічної комплексності – оцінка фізичних (кВт·год) показників енергоефективності має доповнюватися аналізом їх впливу на собівартість продукції та фінансову стійкість підприємства.

7. Принцип поетапності та безперервності – впровадження заходів і моніторинг результатів мають здійснюватися відповідно до циклічної моделі безперервного вдосконалення (PDCA), закладеної в ISO 50001:2018.

8. Принцип консервативності оцінок в умовах невизначеності – за відсутності інструментального енергетичного аудиту результати оцінки слід інтерпретувати з урахуванням похибки, притаманної попередньому (walk-through) рівню аудиту (орієнтовно ±35–50 % за ISO 50002:2014), що вимагає обережності при прийнятті остаточних інвестиційних рішень і рекомендації проведення аудиту вищого рівня точності перед деталізованим інженерним проєктуванням.

Висновки. Проведене теоретичне дослідження дало змогу систематизувати понятійно-категоріальний апарат оцінки енергоефективності промислового підприємства (енергоефективність, енергозбереження, енергоємність, питоме енергоспоживання, значущий енергоспоживач, розрив енергоефективності, енергетичний аудит) та розглянути ієрархічну систему нормативних документів (ISO 50001:2018, ISO 50006:2014, ISO 50002:2014, BAT-BREF), що формують методологічну основу такої оцінки. Систематизовано п'ять методологічних підходів – індикаторно-бенчмарковий, обладнаннєво-орієнтований (SEU), ланцюгово-вартісний, інвестиційно-економічний та економетричний, – і показано, що методологічна цінність полягає саме в їх інтеграції. Розкрито галузеву специфіку кондитерського виробництва, зумовлену поєднанням теплоємних операцій і диференціацією енергоємності за товарними лініями.

Теоретично обґрунтовано, що особливі економічні умови війни формують новий тип інституційного середовища, який вимагає доповнення традиційної методологічної тріади четвертим виміром – воєнної енергетичної стійкості, – та переходу від одновимірної (витратної) до багатоцільової (витратно-стійкісної) логіки інвестиційних рішень. На цій основі запропоновано авторську п'ятирівневу модель і систему з восьми принципів оцінки енергоефективності кондитерських підприємств в особливих економічних умовах, пов'язаних із війною.

Перспективи подальших досліджень: емпірична апробація моделі, зокрема четвертого (воєнного) рівня, на розширеній вибірці підприємств; розробка композитного індексу воєнної енергетичної стійкості; інтеграція запропонованих принципів у національну базу галузевих норм ПЕР-споживання; теоретичне опрацювання повоєнної рекалібрації енергетичних нормативів кондитерської галузі.

Бібліографічний список

1. Волинець А., Черевашко Д., Мєдвєдєва Н. Шляхи підвищення енергоефективності підприємств харчової промисловості. *Біоресурси і природокористування.* 2018. Т. 10, № 1–2. С. 115–128.
2. Довгорук О. М. Наслідки впровадження ВДЕ та ESS на промислових підприємствах України. *Економічний вісник НТУУ «КПІ».* 2025. № 35. DOI: https://doi.org/10.20535/2307-5651.35.2025.352375
3. Baltagi B. H. Econometric Analysis of Panel Data. 6th ed. Cham : Springer, 2021. 476 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-53953-5
4. Bunse K., Vodicka M., Schönsleben P., Brülhart M., Ernst F. O. Integrating energy efficiency performance in production management. *Journal of Cleaner Production.* 2011. Vol. 19, № 6–7. P. 667–679. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.011
5. Cagno E., Trianni A. Evaluating the barriers to specific industrial energy efficiency measures: An exploratory study in small and medium-sized enterprises. *Journal of Cleaner Production.* 2014. Vol. 82. P. 70–83. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.057

6. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of Food and Agriculture 2024: Energy Use in Agrifood Systems. Rome : FAO, 2024. URL: https://openknowledge.fao.org/items/5c02d590-5016-4cde-90f3-44619864d221 (дата звернення: 12.09.2026).
7. Ibrahim Q., Akbarzadeh R., Jen T.-C., Madyira D. M. Case study and energy analysis of power system management of confectionery factory in Jordan. 2019 5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies (PGSRET), Istanbul, 26–27 Aug. 2019. IEEE, 2019. Art. 8882688. DOI: https://doi.org/10.1109/PGSRET.2019.8882688
8. International Energy Agency. Ukraine 2023 Energy Policy Review. Paris : IEA, 2023. URL: https://www.iea.org/reports/ukraine-2023 (дата звернення: 12.09.2026).
9. International Energy Agency. World Energy Balances and Energy Intensity Indicators 2024. Paris : IEA, 2024. URL: https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-balances (дата звернення: 12.09.2026).
10. International Organization for Standardization. ISO 50001:2018. Energy management systems – Requirements with guidance for use. Geneva : ISO, 2018.
11. International Organization for Standardization. ISO 50002:2014. Energy audits – Requirements with guidance for use. Geneva : ISO, 2014.
12. International Organization for Standardization. ISO 50006:2014. Energy management systems – Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI). Geneva : ISO, 2014.
13. Jaffe A. B., Stavins R. N. The energy-efficiency gap: What does it mean? *Energy Policy.* 1994. Vol. 22, № 10. P. 804–810. DOI: https://doi.org/10.1016/0301-4215(94)90138-4
14. Joint Research Centre, European Commission. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Food, Drink and Milk Industries. Luxembourg : Publications Office of the EU, 2022.
15. Ladha-Sabur A., Bakalis S., Fryer P. J., Lopez-Quiroga E. Mapping energy consumption in food manufacturing. *Trends in Food Science & Technology.* 2019. Vol. 86. P. 270–280. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.034
16. Ligonenko L., Andriichuk V., Chukhraieva N., Oliinyk Y., Svistun A. Assessing the state of business energy resilience in the context of crisis management tasks in wartime. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2025. Vol. 4, № 13 (136). P. 70–78. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.336529
17. Patterson M. G. What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues. *Energy Policy.* 1996. Vol. 24, № 5. P. 377–390. DOI: https://doi.org/10.1016/0301-4215(96)00017-1
18. Porter M. E. Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. New York : Free Press, 1985. 557 p.
19. Sorrell S. The economics of energy service contracts. *Energy Policy.* 2007. Vol. 35, № 1. P. 507–521. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.12.009
20. Thollander P., Palm J., Rohdin P. Categorizing barriers to energy efficiency – An interdisciplinary perspective. Energy Efficiency / ed. by J. Palm. Rijeka : InTech, 2010. P. 49–62. DOI: https://doi.org/10.5772/9828
21. Wojdalski J., Grochowicz J., Dróżdż B. et al. Energy efficiency of a confectionery plant – Case study. *Journal of Food Engineering.* 2015. Vol. 146. P. 182–191. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.08.019
22. Wooldridge J. M. Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data. 2nd ed. Cambridge, MA : MIT Press, 2010. 1096 p.

References

1. Volynets A., Cherevashko D., Miedviedieva N. (2018) Shliakhy pidvyshchennia enerhoefektyvnosti pidpryiemstv kharchovoi promyslovosti [Ways to improve energy efficiency of food industry enterprises]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia – Biological Resources and Nature Management,* vol. 10, no. 1–2, pp. 115–128. (in Ukrainian).
2. Dovhoruk O. M. (2025) Naslidky vprovadzhennia VDE ta ESS na promyslovykh pidpryiemstvakh Ukrainy [Consequences of implementing renewable energy sources and ESS at industrial enterprises of Ukraine]. *Ekonomichnyi visnyk NTUU "KPI" – Economic Herald of NTUU "KPI",* no. 35. DOI: https://doi.org/10.20535/2307-5651.35.2025.352375 (in Ukrainian).
3. Baltagi B. H. (2021). Econometric analysis of panel data (6th ed.). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-53953-5
4. Bunse K., Vodicka M., Schönsleben P., Brülhart M. & Ernst F. O. (2011). Integrating energy efficiency performance in production management. *Journal of Cleaner Production,* vol. 19, no. 6–7, pp. 667–679. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.011
5. Cagno E. & Trianni A. (2014). Evaluating the barriers to specific industrial energy efficiency measures: An exploratory study in small and medium-sized enterprises. *Journal of Cleaner Production,* vol. 82, pp. 70–83. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.057
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2024). The state of food and agriculture 2024: Energy use in agri-food systems. FAO. Available at: https://openknowledge.fao.org/items/5c02d590-5016-4cde-90f3-44619864d221

7. Ibrahim Q., Akbarzadeh R., Jen T.-C. & Madyira D. M. (2019). Case study and energy analysis of power system management of confectionery factory in Jordan. In 2019 5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies (PGSRET), art. 8882688. IEEE. DOI: https://doi.org/10.1109/PGSRET.2019.8882688
8. International Energy Agency (IEA). (2023). Ukraine 2023 energy policy review. IEA. Available at: https://www.iea.org/reports/ukraine-2023
9. International Energy Agency (IEA). (2024). World energy balances and energy intensity indicators 2024. IEA. Available at: https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-balances
10. International Organization for Standardization (ISO). (2018). ISO 50001:2018 – Energy management systems – Requirements with guidance for use. ISO.
11. International Organization for Standardization (ISO). (2014). ISO 50002:2014 – Energy audits – Requirements with guidance for use. ISO.
12. International Organization for Standardization (ISO). (2014). ISO 50006:2014 – Energy management systems – Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI). ISO.
13. Jaffe A. B. & Stavins R. N. (1994). The energy-efficiency gap: What does it mean? *Energy Policy,* vol. 22, no. 10, pp. 804–810. DOI: https://doi.org/10.1016/0301-4215(94)90138-4
14. Joint Research Centre (JRC), European Commission. (2022). Best available techniques (BAT) reference document for the food, drink and milk industries. European Commission.
15. Ladha-Sabur A., Bakalis S., Fryer P. J. & Lopez-Quiroga E. (2019). Mapping energy consumption in food manufacturing. *Trends in Food Science & Technology,* vol. 86, pp. 270–280. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.034
16. Ligonenko, L., Andriichuk, V., Chukhraieva, N., Oliinyk, Y., & Svistun, A. (2025). Assessing the state of business energy resilience in the context of crisis management tasks in wartime. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies,* vol. 4, no. 13 (136), pp. 70–78. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.336529
17. Patterson, M. G. (1996). What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues. *Energy Policy,* vol. 24, no. 5, pp. 377–390. DOI: https://doi.org/10.1016/0301-4215(96)00017-1
18. Porter M. E. (1985). Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance. Free Press.
19. Sorrell S. (2007). The economics of energy service contracts. *Energy Policy,* vol. 35, no. 1, pp. 507–521. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.12.009
20. Thollander P., Palm J. & Rohdin P. (2010). Categorizing barriers to energy efficiency – An interdisciplinary perspective. In J. Palm (Ed.), Energy efficiency (pp. 49–62). InTech. DOI: https://doi.org/10.5772/9828
21. Wojdalski J., Grochowicz J., Dróżdż B. et al. (2015). Energy efficiency of a confectionery plant – Case study. *Journal of Food Engineering,* vol. 146, pp. 182–191. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.08.019
22. Wooldridge J. M. (2010). Econometric analysis of cross section and panel data (2nd ed.). MIT Press.

Illia Ladyzhynskyi
Postgraduate Student, PhD Candidate,
State Biotechnological University
ORCID: https://orcid.org/0009-0009-1538-4776

TOWARDS THE THEORETICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS AND PRINCIPLES OF ENERGY EFFICIENCY ASSESSMENT OF CONFECTIONERY ENTERPRISES UNDER THE SPECIAL ECONOMIC CONDITIONS OF WAR

The article substantiates the theoretical and methodological foundations and principles for assessing the energy efficiency of confectionery enterprises under the special economic conditions of war in Ukraine. Energy management at food-industry enterprises has shifted from a cost-reduction instrument to a precondition of operational survival, as power outages of up to eighteen hours a day and a thirty to forty-five per cent rise in the cost of backup supply make the continuity of technological processes decisive. Assessment approaches based on international standards and the European reference document on best available techniques were designed for stable peacetime conditions. The purpose of the study is to systematize the methodological approaches and to formulate an original theoretical model and a system of principles for confectionery enterprises operating in wartime. The review of previous research, covering conceptual works, case studies of confectionery and food plants, studies of barriers to energy efficiency investment and recent Ukrainian studies of business energy resilience, shows that existing works measure specific energy consumption in stable conditions and evaluate measures by cost criteria. None of the reviewed works combines benchmarking, analysis of significant energy users and investment appraisal with a resilience dimension. The

author's contribution consists in clarifying the categories of specific energy consumption, significant energy user and energy efficiency gap, and in systematizing five methodological approaches: indicator-benchmarking, equipment-oriented, value-chain, investment-economic and econometric. The scientific novelty lies in substantiating the category of wartime energy resilience of an enterprise and in extending the traditional triad of benchmarking, analysis of significant energy users and investment potential with two original levels, which yields a five-level model and eight principles of assessment. The model is illustrated by an example of benchmarking a medium-sized enterprise. The practical significance lies in the design of energy management systems at food-industry enterprises in wartime and post-war reconstruction. The main conclusion is that assessment under war conditions requires a shift from cost minimisation to the multi-objective logic of cost and resilience; further research should validate the model empirically on an extended sample of enterprises.

Keywords: energy efficiency, energy management, confectionery industry, wartime energy resilience, significant energy users, energy audit, war economy.

Дата надходження статті: 16.09.2026
Дата прийняття статті до публікації: 15.10.2026
Дата публікації статті: 18.11.2026