

ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION TRENDS BY FOOD INDUSTRY OF UKRAINE

Y. Onyshchenko

National University of Food Technologies

A. Zamulko

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Key words:

Energy efficiency

Fuel and energy

resources

Energy consumption

Technological process

Food industry

Article history:

Received 19.05.2022

Received in revised form

07.06.2022

Accepted 21.06.2022

Corresponding author:

Y. Onyshchenko

E-mail:

yaroslav_onyshchenko

@ukr.net

ABSTRACT

The article shows the modern use of rating evaluation as a marketing tool for analyzing and evaluating the efficiency of energy installations which take part in technological processes for the production of food products. Classification of rating methods was carried out, taking into account the levels of functioning of the investigated objects.

The use of rating assessment as a driving mechanism for further actions to identify effective management solutions aimed at increasing the efficiency of the use of fuel and energy resources at food industry enterprises.

In the paper, an analysis of indicators was carried out in terms of the main groups of research objects and a group of indicators was identified, which are recommended for use in the tasks of rating objects according to their functioning indicators.

Today, in the field of improving energy efficiency of Ukraine, it is important to develop a simple and accessible list of measures to create a comprehensive energy efficiency management system. The experience of European countries shows that the implementation of energy efficiency policy requires changes at the level of management decisions through the implementation of energy management systems in accordance with the ISO 50001 standard "Energy management systems: requirements and guidelines for application." However, the identified problems in the accounting and control of energy resources at food industry enterprises on the example of bakery enterprises, and the lack of simple algorithms for the analysis of complex technological processes, complicate and in some cases make it impossible to introduce ISO 50001 standards. Comparison the functioning of Ukrainian and European manufacturing enterprises in the conditions of the modern economy, is not expedient, since the latter are based on significant capital investments for the total (global) modernization of production facilities, and in some cases the construction of new ones, which is unattainable for Ukraine. Therefore, the search for experience in the development and implementation of effective management solutions aimed at increasing energy efficiency at food industry enterprises is relevant and in demand.

АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ХАРЧОВОЮ ПРОМИСЛОВІСТЮ УКРАЇНИ

Я. Д. Онищенко

Національний університет харчових технологій

А. І. Замулко

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

У статті розглянуто сучасне використання рейтингового оцінювання як маркетингового інструментарію для аналізу та оцінювання ефективності роботи енергетичних установок, які беруть участь у технологічних процесах виготовлення продуктів харчування. Здійснено класифікацію методів визначення рейтингу з урахуванням рівнів функціонування досліджуваних об'єктів.

Доведено використання рейтингової оцінки як рушійного механізму для подальших дій з виявлення ефективних управлінських рішень, спрямованих на підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів на підприємствах харчової промисловості.

Проведено аналіз показників у розрізі основних груп об'єктів дослідження та виявлено групу показників, які рекомендовані для використання в задачах рейтингування об'єктів за показниками їх функціонування.

На сьогодні для підвищення енергоефективності України важливо розробити простий і доступний перелік заходів щодо створення комплексної системи управління енергоефективністю. Досвід європейських країн свідчить, що впровадження політики енергоефективності вимагає змін на рівні управлінських рішень шляхом впровадження систем енергетичного менеджменту відповідно до стандарту ISO 50001 «Системи енергетичного менеджменту: вимоги та настанови щодо застосовування». Однак виявлені проблеми в частині обліку та контролю енергетичних ресурсів на підприємствах харчової промисловості на прикладі хлібопекарських підприємств і відсутність простих алгоритмів для аналізу складних технологічних процесів ускладнюють, а в деяких випадках унеможливають запровадження стандартів ISO 50001. Порівнювати функціонування виробничих підприємств України з європейськими в умовах сучасної економіки є недоцільним, оскільки останні базуються на вагомих капіталовкладеннях на тотальну (глобальну) модернізацію виробництва, а в деяких випадках будівництва нових, що є недосяжним для України. Тому пошук досвіду в розробці та запровадження дієвих управлінських рішень, спрямованих на підвищення енергоефективності на підприємствах харчової промисловості, є актуальним і за потребним.

Ключові слова: енергетична ефективність, паливно-енергетичні ресурси, енергоспоживання, технологічний процес, харчова промисловість.

Постановка проблеми. Харчова промисловість одна з досить енергоємних галузей України, яка має значні резерви з енергозбереження. На території України практика будівництва нових підприємств переробної галузі не користується

популярність через велику вартість нового обладнання, складнощі його ввозу, навчанням персоналу тощо. Надається перевага вже існуючим підприємствам з морально та технічно застарілим технологічним обладнанням з виготовлення продуктів харчування. Запровадження міжнародних стандартів, передбачених в стандарті ISO 50001, потребує розробки простих методів аналізу, які з мінімальними зусиллями виявлять, серед існуючих об'єктів, впроваджені технології, що реально підвищують енергоефективність виробництва, для подальшого їх використання на інших, схожих за технологією виробництва підприємствами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання, пов'язані з розвитком систем енергетичного менеджменту, запровадження міжнародних стандартів ISO 50001 висвітлюються в наукових працях вітчизняних і зарубіжних науковців. Так, у праці (Миснік, 2014) обґрунтовано доцільність використання кластерного аналізу для рейтингового оцінювання галузей національного господарства та запропоновано характеристику етапів комплексної рейтингової оцінки. У (Мельник, 2011) запропоновано принципові засади для відбору груп показників, якими слід керуватись при побудові рейтингових систем оцінювання машинобудівних підприємств, що слід враховувати на всіх етапах формування узагальненої рейтингової оцінки. Дослідження (Cooper, Seiford & Tone, 2000) присвячені роз'ясненню особливостей роботи методу «DEA-Solver», який дає змогу проводити порівняльний аналіз різноманітних об'єктів, що займаються різними видами діяльності. Метод DEA надає можливість виконувати аналіз «оболонки» даних для визначення ефективності роботи управлінських рішень, спрямованих на покращення роботи досліджуваного об'єкта.

Мета статті: дослідження практичних шляхів використання методу рейтингового оцінювання як механізму для підвищення енергоефективності підприємств харчової промисловості.

Матеріали і методи. Застосовано системний підхід та методології економічного, статистичного та економіко-математичного аналізу для вивчення тенденцій, динаміки макроекономічних показників харчової промисловості України.

Викладення основних результатів дослідження. Під рейтингом слід розуміти комплексну характеристику підприємств галузі, яка проводиться згідно з певною шкалою. Рейтингова оцінка проводиться на основі кластерного аналізу (присвоєння рангів) впливу різних факторів (Вітлінський, 2003). Кластерний аналіз проводиться за таким алгоритмом:

1. Формулювання проблеми.
2. Вибір критеріїв оцінювання.
3. Вибір методу рангування.
4. Прийняття рішення про якість кластерів.
5. Інтерпретація і профілювання кластерів.
6. Оцінка достовірності кластерів.

З метою виконання рейтингом функції комплексного діагностичного індикатора, він повинен базуватися на ретельно відібраному та адекватно опрацьованому наборі показників і критеріїв їх оцінювання, що найвиразніше відображають результативність об'єкта рейтингування в усіх сферах його функціонування. Саме тому показниково-критеріальне наповнення має вирішальне значення у рейтингуванні, адже саме від підходів щодо вибору та особливостей узагальнення індикаторів енергоефективного, виробничо-інноваційного, технологічного й

маркетингового характеру залежить успішність рейтингової процедури та об'єктивність рейтингових оцінок.

Використання такого підходу є цілком виправданим в ринкових умовах господарювання, адже кожен промисловий виробник прагне за всіма ключовими показниками бути найуспішнішим, випереджаючи провідних конкурентів.

Процес розвитку енергетичної складової, яка витрачається на виробництво продуктів харчування, має низку характерних особливостей, якими не можна нехтувати в процесі розроблення критеріїв оцінювання.

По-перше, це певна унікальність кожної виробничої системи, адже до складу виробничих операцій може входити досить суттєва кількість різноманітного обладнання різної потужності. З огляду на цю особливість як критерії оцінювання необхідно використовувати відносні чи питомі показники.

По-друге, непереривність розвитку, оновлення та вдосконалення рецептур виробництва і технологічних ліній, що забезпечується виконанням планових ремонтних робіт окремих вузлів та агрегатів, з їх частковою або повною заміною, науковою розробкою та впровадженням прогресивних технологічних і технічних рішень, удосконаленням методів управління. Для врахування цієї особливості рекомендується така періодичність визначення рейтингу: на рівні підприємства (серед підприємств) — один раз на квартал; на рівні галузі (з індивідуальним перебіком критеріїв) — один раз на рік.

Тобто об'єктом оцінювання в таких задачах можуть виступати як структурні підрозділи підприємства (за умови спорідненості технологічних процесів), так і підприємства зі спорідненими виробництвами.

Однак питання вибору критеріїв оцінювання (табл. 1) є неєдиним, необхідно також враховувати ступінь їх значущості та можливість їх отримання в реальних умовах підприємства (цеху).

Таблиця 1. Аналіз доцільності застосування параметрів у розрізі рівнів об'єктів оцінювання

Параметр	Рівень		
	цех	підприємство	галузь
Енергоємність ВВП	○	✓	✓
Питомі витрати енергоносіїв на одиницю основних видів виробленої продукції	✓	○	✗
Витрати основних видів енергоресурсів та води	○	✓	○
загальний обсяг споживання паливно-енергетичних ресурсів	✓	✓	○
обсяг споживання енергоресурсів за видами економічної діяльності	○	✓	✓
обсяг випуску основних видів продукції	✓	✓	○
енергоємність ВВП за видами ПЕР	✗	✓	✓
енергоємність валової доданої вартості	✗	○	✓
обсяг економії основних видів енергоресурсів	○	○	○
обсяг коштів, залучених на фінансування	✓	✓	✓
кількість встановлених приладів обліку споживання енергоресурсів та води	✓	✗	✗

Примітка: «✓» — рекомендовано; «○» — доцільно; «✗» — не доцільно.

Математичну постановку задачі рейтингування даних пропонується сформулювати таким чином: множина об'єктів оцінювання $\overline{U_i}, i = 1, m$, описується з використанням критеріїв $K_k, k = 1, n$, що разом утворюють зведену двовірну матрицю X показників a_{ik} :

$$X = \|a_{ik}\|, \quad (1)$$

де $i = 1, m$, — номери об'єктів оцінювання; $k = 1, n$, — номери критеріїв оцінювання K_k ; a_{ik} — значення k -го показника для кожного i -го об'єкта оцінювання. Рейтингування полягає в агрегуванні показників a_{ik} для кожного об'єкта оцінювання і формуванні одномірної матриці Y рейтингів RE_i :

$$Y = \|RE_i\|. \quad (2)$$

Отже, рейтинг — це комплексна оцінка стану аналізованого об'єкта, яка надає можливість віднести його до певного класу чи категорії. Рейтингова оцінка є універсальною, адже вона визначається шляхом розроблення інтегрального показника, який дає змогу врахувати як кількісні, так і якісні характеристики досліджуваного об'єкта, а також має властивості динамічності та коректування.

Модель оцінювання результатів діяльності підприємств харчової промисловості на рівні торговельної марки зображено на рис. 1.

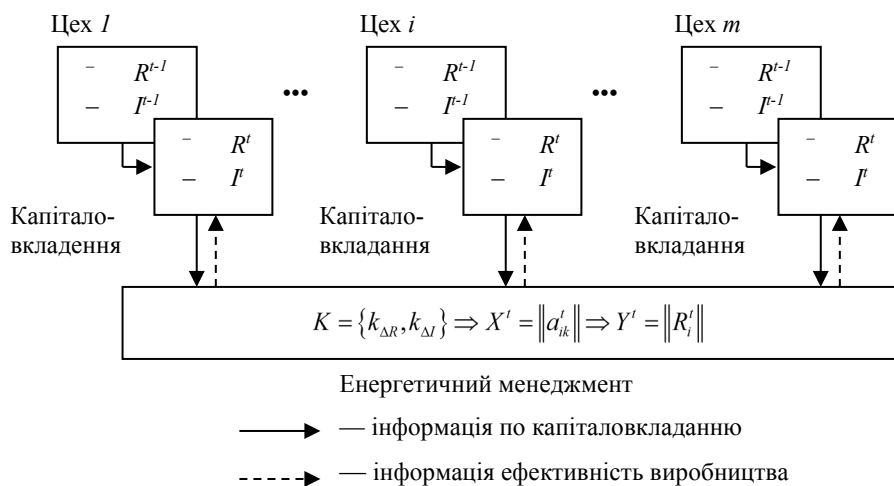


Рис. 1. Модель оцінювання енергоефективності роботи об'єктів харчової промисловості за видом економічної діяльності (де R — обсяг випущеної продукції, I — обсяг спожитої енергії)

Важливо зазначити, що на рівні окремого цеху можливе застосування аналогічної моделі оцінювання, оскільки система розподілу електроенергії, як правило, має у складі агрегати, які також є енергетичними об'єктами зі своїми характеристиками.

Для встановлення цільових значень $\{R^*, I^*\}$ можуть бути використані: по-перше, методи групового оцінювання (або рейтингування), засновані на порівнянні результатів роботи аналогічних об'єктів, представлених у сфері переробної промисловості; по-друге, методи формування індивідуальних узагальнених показників ефективності, що передбачають розроблення моделі еталонного або «ідеального» підприємства.

З метою наочного відображення реалізації комплексного рейтингування об'єктом дослідження обрано групу промислових підприємств, розташованих на території великого міста, діяльність яких зосереджена у сфері виробництва хлібо-булочних виробів.

Остаточний вибір критеріїв оцінювання в цьому дослідженні зумовлений практичною умовою — наявними вихідними даними (для цього використано показники роботи п'яти цехів хлібокомбінатів). На об'єктах, які брали участь у дослідженні, використовується комерційна система обліку, яка передбачає встановлення приладів обліку безпосередньо на виводах 0,4 кВ на підприємство. Облік електричної енергії ведеться тільки в загальному вигляді, що унеможлиблює отримання даних по вузловому енергоспоживанню, а тим паче отримати вибірку показників за досліджуваний період часу безпосередньо з технологічних агрегатів. Однак встановлені лічильники електричної енергії відрізняються, на деяких підприємствах використовують зонні тарифи.

В основі оцінки енергоефективності цехів лежить процедура побудови межі енергоефективності, яка має форму опуклої оболонки, і вивчення розташування об'єктів дослідження відносно цієї межі. Мірою енергоефективності неенергоефективного об'єкта є віддаленість точки від межі (Cooper, Seiford, 2000). Результатом DEA-аналізу є ранжування цехів за рівнем енергоефективності. Установку цілей для неенергоефективних цехів щодо досягненню певних значень показників наведено в табл. 2.

Об'єкти, у яких показник енергоефективності дорівнює одиниці, є лідерами. Аналіз структури вхідних і вихідних змінних об'єктів бенчмаркінгу свідчить, що кращими об'єктами є ті, які мають низький рівень втрат і значення питомого електроспоживання на фоні високого рівня реалізації продукції.

У процесі збору даних для дослідження через недосконалу систему контролю та обліку виявилось неможливим розділити параметри критеріїв оцінювання для цехів *B* та *C*, через що ці цехи довелося об'єднати в один.

Таблиця 2. Результат оцінки енергоефективності цехів хлібокомбінату та еталону

№ з/п	Назва цеху	Показник енергоефективності, θ	Ранг	Питомі витрати кВт·год/т	Відмінність від еталону	Еталонний цех
1	Цех <i>A</i>	0,57527	4	129,7	1,686	Цех <i>E</i>
2	Цех <i>B—C</i>	0,73235	3	101,9	1,393	Цех <i>E</i>
4	Цех <i>D</i>	0,88204	2	84,59	0,726	Цех <i>E</i>
5	Цех <i>E</i>	1,00000	1	74,61	1,000	Цех <i>E</i>

Реалізація DEA-аналізу забезпечує автоматичне формування переліку бенчмарків для неенергоєфективних об'єктів ($\theta < 1$). Цех E є енергоєфективним порівняно з іншими і слугує орієнтиром для інших цехів. Показник відмінності показує в кільки разів відрізняється енергоєфективність інших цехів від еталонного. Також видно, що питання енергозбереження гостро стоїть для цеху A , тому що його показник енергоєфективності $\theta = 0,57$ найгірший. Оскільки досліджувані цехи є спорідненими за типом продукції, яка виробляється, перш за все слід детально проаналізувати процеси на еталонному об'єкті. Це дасть змогу відносно швидко виявити ефективні управлінські рішення, які вже працюють у цехові E та використати їх у цехові A .

Загальний алгоритм з рейтингування об'єктів дає змогу в спрощеному форматі реалізувати складні задачі в умовах невизначеності шляхом проведення порівнянь за окремими показниками і встановлення планів розвитку об'єкту досліджень.

Метод DEA забезпечує встановлення цілей щодо підвищення рівня енергоєфективності не енергоєфективних об'єктів, які полягають у пропорційному скороченні їх вхідних факторів на величину θ при збереженні вихідних значень на початковому рівні. Рекомендовані значення показників:

$$x_i^{\text{рекомендоване}} = \theta_i \cdot x_i, \quad (3)$$

де θ_i — показник ефективності i -го (не енергоєфективного) об'єкта; x_i — вектор значень вхідних змінних для i -го об'єкта.

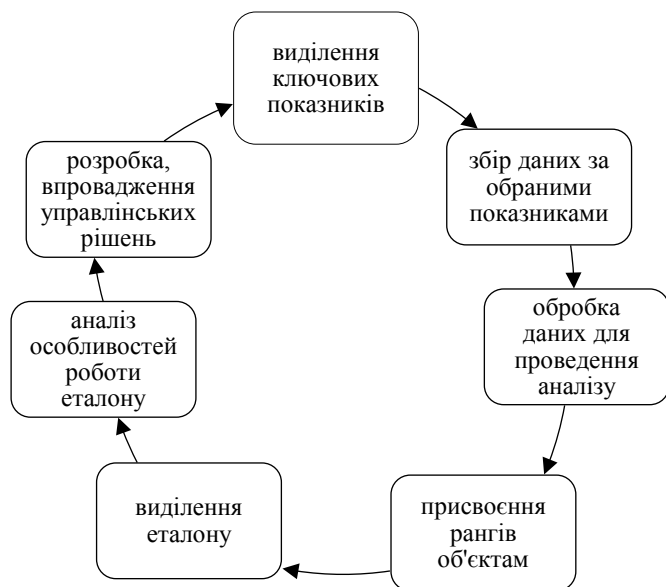


Рис. 2. Алгоритм проведення рейтингового оцінювання

Якщо неенергоефективні цехи хлібокомбінату досягнуть рекомендованих значень показників, то вони вийдуть на межу енергоефективності. Для енергоефективних цехів рекомендовані значення показників збігаються з вихідними значеннями. Отже, однією з переваг використання DEA-аналізу є можливість визначити, які саме входи та виходи слід змінити кожному неенергоефективному об'єкту, а також на скільки їх необхідно зменшити.

Висновки

Отже, під рейтингом слід розуміти комплексну характеристику підприємств галузі, яка проводиться згідно з певними визначеними критеріями та правилами оцінювання. Визначено, що рейтингова оцінка проводиться на основі DEA аналізу впливу різних факторів. Досліджено алгоритм проведення рейтингового аналізу. Це простий циклічний алгоритм, що передбачає аналіз показників функціонування енергетичних об'єктів з подальшим виявленням найкращого з ефективною роботою обладнання та формуванням управлінських рішень, які дають змогу підвищити показники енергоефективності обладнання на об'єктах, що цього потребують.

Запропоновано диференційований перелік за рівнем оцінювання критеріїв оцінювання показників енергоефективності досліджуваних об'єктів з урахуванням їх рівнів функціонування.

Література

Бойко, О. В., Шендрик, В. В., Парфененко, Ю. В., Шендрик, С. О. (2019). Багатокритеріальний підхід до оцінки альтернативних варіантів гібридних енергетичних систем. *Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України*. Харків: ХНТУСГ, 204, 81—83. <http://dspace.khntusg.com.ua/handle/123456789/10329>.

Вітлінський В. В. (2003). *Модельовання економіки*. Навчальний посібник. Київ: КНЕУ.

Гаприндашвілі Б. В. (2014). Енергозбереження як чинник підвищення конкурентоспроможності промислових підприємств. Харків: Інжек, 8, 213—217.

Денисюк С. П. (2013). Формування політики підвищення енергетичної ефективності сучасні виклики та європейські орієнтири. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. Київ: НТУУ «КПІ», 2(33), 7—21.

Ладанюк А. П. (2004). *Основи системного аналізу*. Навчальний посібник. Вінниця: Нова книга.

Мельник О. Г. (2010). *Системи діагностики діяльності машинобудівних підприємств: Полікритеріальна концепція та інструментарій*. Монографія. Львів: Львівська політехніка.

Мельник О. Г. (2011). *Принципи добору показників для побудови системи рейтингового оцінювання діяльності машинобудівних інноваційних структур*. Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції, Проблеми формування та розвитку інноваційної інфраструктури. Львів: Львівська політехніка.

Мельник О. Г. (2012). Методи рейтингування діяльності підприємств, *Актуальні проблеми економіки*. http://nbuv.gov.ua/UJRN/ape_2012_12_12.

Миснік С. І. (2010). *Концептуальні положення щодо моделювання рейтингового оцінювання та управління на підприємстві*. Економіка: проблеми теорії та практики: Збірник наукових праць. Дніпропетровськ: ДНУ.

Миснік С. І. (2014). *Моделювання економічного ризику та рейтингове оцінювання в системі моніторингу підприємства*. Проблеми моделювання структури і процесів економічних систем: Зб. тез доповідей учасників Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси: СУЕМ.

Шулле Ю. А. (2015). АСКОВЕ як інструмент ефективного енергоменеджменту на підприємствах АПК. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України»*, 165, 25—27.

Cooper W. W., Seiford L. M., Tone K. Data (2000). *Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software*. Boston : Kluwer Academic Publishers. https://www.researchgate.net/publication/32047675_Data_Envelopment_Analysis_A_Comprehensive_Text_with_Models_Applications_References_and_DEA-Solver_Software.

García-Vera, Y. E., DufoLópez R. & Bernal-Agustín, J. L. (2020). Techno-economic feasibility analysis through optimization strategies and load shifting in isolated hybrid microgrids with renewable energy for the non-interconnected zone (NIZ) of Colombia. *Energies*. 13. <https://doi.org/10.3390/en13226146>.

Ogunjuyigbe, A. S. (2016). Optimal allocation and sizing of PV/Wind/Splitdiesel/Battery hybrid energy system for minimizing life cycle cost, carbon emission and dump energy of remote residential building. *Applied Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.03.051>.