

TECHNICAL SCIENCES

Використання техноценологічного підходу для формування ієрархії заходів енергетичної ефективності на підприємствах харчової промисловості України

Я. Д. Онищенко*, А. І. Замулко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна
HERZ Україна, Київ, Україна

*Corresponding author. E-mail: yaroslav_onyshchenko@ukr.net

Paper received 30.08.21; Accepted for publication 22.09.21.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2021-262IX33-06>

Анотація: переглянуті характерні риси виконання рангового аналізу з метою моніторингу енергоспоживання підприємств харчової промисловості України. Для спрощення відбору з подальшим проведенням рангування в межах окремих груп пропонується використати техноценологічний підхід. Перевагами використаного методу, для формування переліку заходів за ступенем впливу на показники енергоспоживання підприємств харчової промисловості України, є оптимальний опис прогнозованих процесів роботи об'єктів техноценозу, з урахуванням змін які можуть відбутися у процесі виробництва, споживання чи перехід на інший вид виробленої продукції.

Ключові слова: харчова промисловість, енергетична ефективність, техноценоз, заходи впливу.

Вступ. Енергозбереження є складним процесом, який впливає як на проміжні, так і на кінцеві результати виробничо-господарської діяльності, та займає перше місце серед пріоритетів державної політики енергетичної стратегії України до 2035 року. Зменшення витрат енергетичних ресурсів призводить до покращення економічного становища об'єкта виробництва, що в свою чергу дозволяє підвищити економічну привабливість підприємства для залучення інвестицій, які будуть задіяні для розширення виробництва та утворенню нових робочих місць, що позитивно відобразиться на економіці країни. Енергетична стратегія України [1] передбачає завершення реформування енергетичного комплексу до 2025 року, та досягнення першочергового завдання – енергетичної безпеки країни, шляхом інноваційного оновлення енергосистеми та об'єднання її з енергетичними мережами ЄС. Потенціал енергозбереження України становить 35%, однак рівень використання цього потенціалу залишається низьким, не дивлячись на прийняті законодавчі та нормативно правові акти, які спрямовані на зниження витрат енергетичних ресурсів.

Одним з методів підвищення енергетичної ефективності є енергозбереження. Об'єктами енергозбереження та збільшення енергоефективності можуть бути промислові виробництва переробної промисловості України.

Аналіз стану проблеми. Останні роки на підприємствах переробної галузі актуальності набирають енергоощадні технології. Це пов'язано з підвищенням цін на енергетичні носії, що призводить до підвищення собівартості продукції що виробляється. Запровадження енергоефективних технологій передбачає собою модернізацію, у деяких випадках, реконструкцію технологічних ліній, інженерних систем. Керівництво підприємств харчової промисловості визнає, що впровадження енергоощадних технологій – це необхідний крок, задля забезпечення конкурентно спроможності підприємства в теперішньому економі-

чному становищі та отримання прибутку в майбутньому. Швидкий розвиток енергоощадних технологій вже зараз може запропонувати ряд заходів які позитивним чином можуть вплинути на вирішення таких питань як технічних, економічних, так і екологічних. Серед таких заходів можуть бути: реконструкція, модернізація інженерних мереж, перехід на альтернативні джерела енергії.

Із-за великої кількості можливих заходів спрямованих на енергозбереження в сфері переробної промисловості, та їх ефективність в кожному окремому випадку є важливим та складним рішенням. Запровадження таких заходів може мати як позитивний так і негативний ефект. Разом з тим, вимоги до енергоефективності підприємств харчової промисловості формуються на підставі розрахункових даних еталонних підприємств, у рахуванням вимог до обладнання що використовується в технологічних операціях та для підтримки інфраструктури підприємства в цілому, відповідно до економічно доцільний рівень, що враховує рівень дисконтованих витрат на енергоефективність щодо розрахункового терміну корисного використання кожного еталону підприємства і диференційований залежно від функціонального призначення, об'ємів виробництва і типу переробляючої сировини.

Основні результати роботи. Об'єкти харчової та переробної промисловості України характеризуються великими об'ємами споживання теплової та електричної енергії, великими об'ємами споживання води та в деяких випадках палива. В Україні, частка спожитих паливно-енергетичних ресурсів, які споживає переробна промисловість складає 3-5% від кінцевого споживання. Однак незважаючи на це, ми не можемо не звертати уваги на ці показники. Поступово спостерігається тенденція до зменшення споживання паливно-енергетичних ресурсів галуззю, скажімо за 2020 рік переробна та харчова промисловості, за різними оцінками, скоротили своє споживання на 3,3% у порівнянні з попереднім роком [2]. Відслідкувавши зміни

тенденції споживання електричної енергії харчовою та переробною промисловістю (рис.1 таб.1), видно не стабільну ситуацію. Спостерігається значне зниження споживання в 2015 році аж до 4066,17 млн. кВт·год. Аналізуючи графік можна припустити, що значення споживання електричної енергії буде зменшуватись і надалі, та на кінець 2021 року може становити ~4150 млн. кВт·год. Водночас яскраво виражена позитивну динаміку зменшення енергоємності виробництва продукції переробної промисловості, що призводить до збільшення бумів виробництва продуктів харчування та напоїв.

Структура споживання енергоресурсів підприємствами і об'єктами в значній мірі визначається специфікою і профілем їх діяльності. Звичайно не кожне під-

приємства орієнтована на виробництво продуктів харчування та напоїв має цілорічну завантаженість, більшість підприємств займаються сезонним виробництвом та вимушені спеціалізуватися на виробленні допоміжних (побічних) продуктів, що потребує зміни технологічних процесів та переліку технологічного обладнання яке необхідно задіяти. До складу підприємства входять різні класи споруд - функціональні та допоміжні. До функціональних будівель можна віднести: виробничі будівлі та власні системи життєзабезпечення (котельні, холодильники, насосні станції, компресорні установки, системи підготовки води, та ін.; до допоміжних – адміністративні будови, та складські приміщення (останніх може не бути).

Таблиця 1. Зміна обсягів споживання енергії харчовою та переробною промисловістю за 2010–2020 роки

Рік	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
обсяги споживання (млн. кВт·год)	4623,24	4648,61	4713,78	4682,16	4492,47	4066,17	4214,3	4407,1	4536,29	4486,1	4341,4
енерго емність (тис.т.н.е/млн грн)	-	-	0,028	0,04	0,02	0,015	0,012	0,01	0,012	-	-

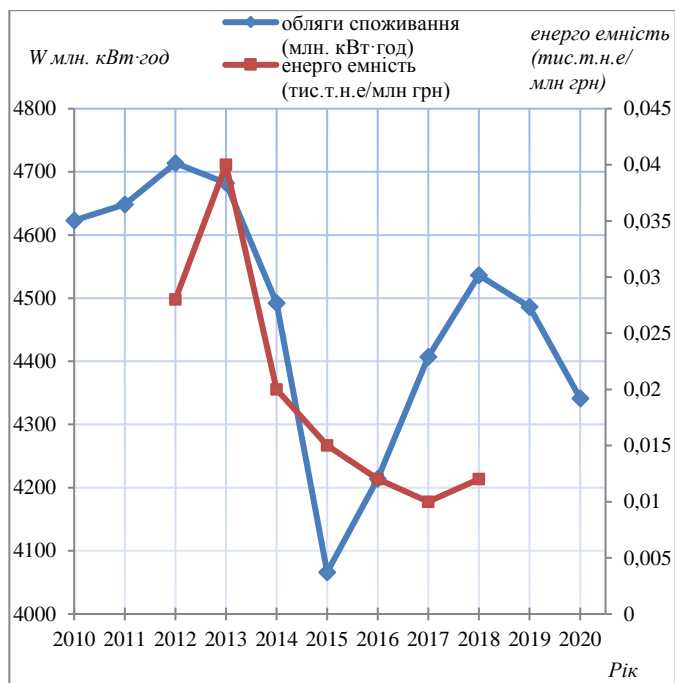


Рис. 1. – Структура споживання електричної енергії підприємствами харчової та переробної промисловості України за період з 2010 по 2020 роки та показника енергоємності галузі. Джерело [2].

Режими роботи, та сфера застосування паливно-енергетичних ресурсів на кожному з підприємств переробної промисловості є дещо схожими, зокрема в частині підготовки та зберіганні сировини. Це дозволяє сформувати досить загальний перелік заходів які дозволять зменшити показники споживання паливно-енергетичних ресурсів. Утворений перелік заходів направлених на енергозбереження можна розділити на групи. За капіталовкладеннями їх можна поділити на: такі що не потребують капіталовкладень (організаційні), потребують незначних капіталовкладень (ті які мають швидкі терміни окупності 4-5 років) та ті які потребують значних капіталовкладень з боку підприємства.

За функціональними особливостями заходи по енергозбереженню можна було б поділити на «пасивні»

та «активні» [3].

При цьому в переліку необхідних енергозберігаючих заходів можуть зустрічатись найрізноманітніші за локалізацією заходи: організаційні, технічні, стимулюючі заходи.

Потреба в розробці системного підходу – напрям методології досліджень, який полягає в дослідженні об'єкта як цілісної множини елементів в сукупності відношень і зв'язків між ними, тобто розгляд об'єкта як моделі системи. Необхідність створення моделі системи зумовлена значним ускладнення структурної організації та управління споживанням енергоресурсів та без посередньо в енергетиці в умовах перебудови, в період коли спостерігається тенденція збільшення попиту на енергетичні послуги, в умовах реформування енергетичного ринку, коли кожен споживач, без посередників, виходить на арену великого ринку електричної енергії, і стає активним суб'єктом економічно-організаційних відносин.

Тому, разом із сформованими системними дослідженнями технічних систем доцільно їх вивчення як спільнот виробів – техноценозів, що передбачає застосування ряду понять, які використовуються об'єктивною закономірністю, що має загальний характер [4].

Поняття «техноценоз» і фенологічний підхід який застосовують для дослідження складних систем позиціонується як штучна система, певна структура об'єктів зі нестійкими зв'язками, але єдиною ціллю, обмежена в часі та просторі. Універсальність ценологічного підходу і сформульованого на його основі закону оптимальної побудови техноценозу дозволяє застосовувати їх для бюджетних організацій та установ [4] Дослідження техноценоз - це дослідження цілого, конкретного об'єкта, що володіє інтегративними властивостями, дослідження, що припускає рух від цілого до частин (див. [5]) при вивченні дуже складних імовірнісних технічних систем [5]. До таких систем можна віднести, електричне господарство сучасного харчового підприємств або саме підприємство.

Основною метою проведення такого плану досліджень є проведення статистичного аналізу існуючих

даних та подальша їх оптимізація. Проведення рангового аналізу передбачає виконання таких операцій як: параметричного нормування, інтервальне оцінювання, прогнозування, нормування споживаних ресурсів. Проведення поглибленого аналізу рангового параметричного розподілу значною мірою впливає на покращення ефективності рангового аналізу.

Проте, варта звернути у вагу на те, що створена система має техногенне походження, а для виконання оптимізації техноценозу та для побудови графічних відображень з формованої системи, необхідно визначити оптимальний розподіл. Проаналізувавши досвід використання техноценозів в різних сферах досліджень, було визначено, що оптимальною може називатись така конфігурація системи яка може бути аналітично описана двопараметричним апроксимуючим виразом рангового розподілу. Показник енергоспоживання об'єкта $\Lambda(r)$ для побудови рангового Н-розподілу визначається за наступною формулою:

$$\Lambda(r) = B_1 / r^\beta \quad (1)$$

де r – ранг об'єкту; β – коефіцієнт корекції крутизни кривої розподілу; $B_1 = B_{max}$ – стале максимальне значення найбільшого споживача.

$$\beta = \log_r(B_1 / \Lambda(r)) \quad (2)$$

Техноценоз вважається найкращим коли виконується умова $0,5 \leq \beta \leq 1,5$. Відповідно до вище вказаного виразу можна визначити оптимальний стан системи і графічно відобразити його у вигляді кривої на графіку рангового розподілу.

Саму оптимізаційну задачу всередині ценозів можна формалізувати наступним чином:

$$Z(R_i, PSQ_i, ENV_i, PI_i) \rightarrow \text{extr} \quad (3)$$

Де R_i – індекс надійності функціонування технічних систем об'єкту, PSQ_i – індекс якості електропостачання об'єкту, ENV_i – індекс «екологічності» об'єкту, PI_i – індекс рентабельності об'єкту.

Створена задача оптимізації у такому вигляді буде знаходитись у наступних межах:

$$0 \leq f_i(R_i, ENV_i) < 1$$

$$f_i(PSQ_i, PI_i) \geq 1$$

Наведений на **рис.2** ранговий параметричний розподіл техноценозу по споживанню електричної енергії підприємств харчової промисловості України за споживання м електричної енергії по областям за 2015 рік.

Проведення досліджень ценозів єдиної структури зводять до системного опису системою з вираженою ієрархією показників та до структурного фенологічного опису.

Проводячи статистичний аналіз та побудову емпіричної моделі, процесу споживання електричної енергії, виконується детальна обробка статистичних даних за обраними показниками, яка передбачає інтервальне оцінювання з обов'язковим виконанням рангового та кластерного аналізів. Використання рангового аналізу слугує для упорядкування зібраних даних, з подальшим прогнозуванням показників споживання електричної енергії окремими об'єктами та системою в цілому. Інтервальне оцінювання дозволяє виявити об'єкти енергоспоживання яких не вкладається в загальні показники аналогічних об'єктів. За допомогою кластерного оцінювання досліджувані об'єкти можна розбити по групам з подальшим нормуванням показ-

ників енергоспоживання досліджуваних об'єктів харчової промисловості, з попередньо створеним статистичним описом отриманих норм [4].

Найкраще ранговий аналіз зображати в графічній формі. Відображення даних в такій формі дає змогу відразу наочно побачити, у вигляді упорядкованих точок, значення з енергоспоживання досліджуваних об'єктів. У таких графіках, зазвичай, вісь абсцис слугує для відображення рангу виду, а вісь ординат – кількості об'єктів, які входять до складу цього виду.

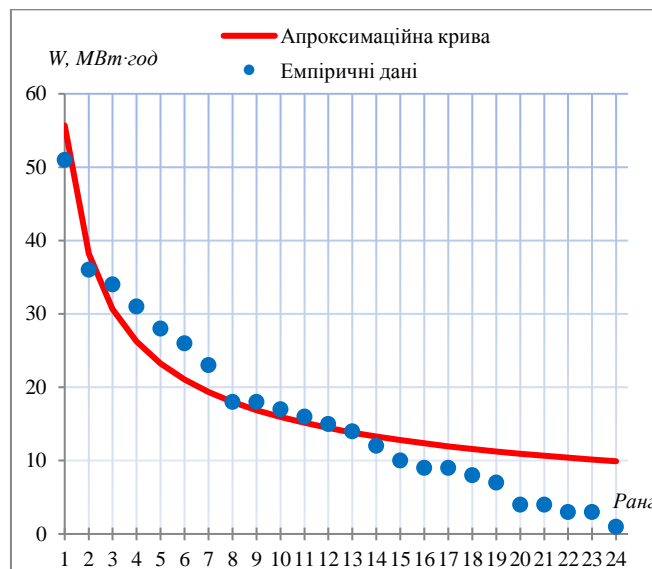


Рис. 2. – Рангове параметричне розподілення техноценозу за споживанням електричної енергії підприємствами харчової промисловості України по областям.

Сенсом такого рангового аналізу прийнято вважати метод побудови рангового розподілу для подальшої його оптимізації. Для вирішення задачі по оптимізації, проводиться зіставлення умовно ідеальної кривої з реальними даними, після їх вивчення можна зробити висновок, чи потребує ценоз внесення змін для наближення реальної кривої до умовно ідеальної. Для цього розглядаються способи, методи та механізми які дозволять виконати покращення показників реальних об'єктів які не входять в норми споживання, та відповідно підвищити стійкість системи.

Висновки. До переваг методу запропонованого для вибору управлінських рішень спрямованих на підвищення енергетичної ефективності на підприємствах харчової промисловості України можна віднести оптимальний опис процесу роботи об'єкту техноценозу з взяттям до уваги внесення можливих змін у роботі підприємства. Підчас використання даного методу, рахунок факторів виконується, урахуванням в алгоритмі моделі управляючих впливів на першому етапі, та подальшу реалізацією стохастичних зворотних зв'язків в робочій з моделі. До недоліків даного методу можна віднести не можливість довго строкового прогнозування (більше двох років), адже підчас спроби виконання подібних розрахунків спостерігається різке збільшення вірогідність виникнення помилки прогнозу. Однак цей недолік можна нівелювати, як що створити динамічну адаптивну модель, яка відображає процес енергоспоживання строком рівним або більшим ніж 6 років.

ЛІТЕРАТУРА

1. «Нова Енергетична стратегія України до 2035 року: безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245213112>
2. «Укренерго» національна енергетична компанія Режим доступу: <https://ua.energy/peredacha-i-dyspetcheryzatsiya/dyspetcherska-informatsiya/elektrospozhyvannya/>
3. Denysiuk S. The use of technocological approach in decision making for energy efficiency measures implementation in buildings and structures / Denysiuk S., Derevianko D., Vasylenko V. // Sciences of Europe (Prague, Czech Republic), - VOL 1, № 69 (2021), - pp.65-69. ISSN 3162-2364
4. Гнатюк В. И. Закон оптимального построения техноценозов. Ценологические исследования. Вып. 29-М.; Томский гос. ун-т: Центр системных исследований, 2005. – 384 с.
5. Бевз В. В. Энергозбереження – ефективний шлях до зниження витрат виробництва, Харчова промисловість № 9. 2010 – 194 с.
6. Офіційний сайт державного комітету статистики України Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

REFERENCES

1. «Nova Enerhetychna stratehiia Ukrainy do 2035 roku: bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist» Rezhym dostupu: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245213112>
2. «Ukrenergo» national power company Rezhym dostupu: <https://ua.energy/peredacha-i-dyspetcheryzatsiya/dyspetcherska-informatsiya/elektrospozhyvannya/>
3. Denysiuk, S. Optimisation features of energy processes in energy systems with Distributed Generation / Denysiuk, S., Derevianko, D. // 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems, ESS 2020 - Proceedings, 2020, pp. 211–214, 9160212.
4. Hnatiuk V. Y. Zakon optimalnoho postroeniya tekhnotsenozov. Tsenolohycheskye yssledovaniya. Vyp. 29-М.; Tomskiyi hos. un-t: Tsentr systemnykh yssledovanyi, 2005. – 384 s.
5. Bevez, V. Energy saving - an effective way to reduce production costs, Food industry, №9.2010-194 s.
6. Official site of the State Statistics Committee of Ukraine Rezhym dostupu: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

Using a technocological approach to form a hierarchy of energy efficiency measures in the food industry of Ukraine Y. Onyshchenko, A. Zamulko

Abstract: the characteristic features of performing a rank analysis in order to monitor the energy consumption of food industry enterprises in Ukraine are revised. To simplify the selection with subsequent ranking within individual groups, it is proposed to use a technocological approach. The advantages of the used method, for forming a list of measures on the degree of influence on the energy consumption indicators of food industry enterprises of Ukraine, is an optimal description of the predicted processes of operation of technocogenesis facilities, taking into account changes that may occur in the process of production, consumption or transition to another type of product.

Keywords: food industry, energy efficiency, technocogenesis, measures of influence.