

ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БЮДЖЕТНІЙ СФЕРІ НА ОСНОВІ РАНГОВОГО АНАЛІЗУ

*В статті розглянуто, в якості апарату для моделювання енергоспоживання, класичні методи математичної статистики (нормальний закон розподілу) та ранговий аналіз, під яким розуміється метод дослідження техноценоз, що передбачає оптимізацію на основі критеріїв форми гіперболічних *H*-розподілів.*

Приведені процедури інтервального оцінювання, параметричного нормування, прогнозування та нормування споживання ресурсів. Представлено математичний апарат техноценологічного підходу.

Розроблено алгоритм проведення рангового аналізу для оптимізації техноценозу. Приведено ранговий параметричний розподіл техноценозу по споживанню електричної енергії бюджетними організаціями та установами Солом'янського району міста Києва за 2016 рік.

Ключові слова: енергетична ефективність, закон Циффа, техноценоз, ранговий аналіз, *H*-розподіл.

Вступ. Енергозбереження відноситься до числа вищих пріоритетів державної енергетичної політики України, складаючи основу енергетичної стратегії до 2035 року. Підвищення енергоефективності збільшує рентабельність, конкурентоспроможність, кількість робочих місць, вивільняє кошти для розвитку бізнесу. В [1] передбачено, що до 2025 року здебільшого буде завершено реформування енергетичного комплексу України, досягнуто першочергових цільових показників з безпеки та енергоефективності, забезпечено його інноваційне оновлення та інтеграцію з енергетичним сектором ЄС. Рівень використання потенціалу енергозбереження в нашій державі є незадовільний, незважаючи на ряд прийнятих законодавчих та інших нормативно-правових актів, спрямованих на ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), зменшення обсягу їх споживання та імпорту. Основними причинами високої енергоемності ВВП та неефективності здійснення заходів з енергозбереження є [2, 3]:

- 1) недосконалість нормативно-правової бази у сфері енергоефективності та енергозбереження, відсутність окремих стандартів і нормативів;
- 2) надмірна зношеність основних фондів, низькі темпи їх оновлення, недостатній рівень мотивації власників підприємств щодо оновлення таких фондів за рахунок власних або кредитних коштів та відсутність у них відповідних зобов'язань;
- 3) недосконалість механізму утворення цін і тарифів на енергоносії, що призводить до перехресного субсидування;
- 4) наявність та подальше збільшення обсягу заборгованості з оплати спожитих паливно-енергетичних ресурсів;
- 5) значні понаднормативні втрати ресурсів, постачання яких здійснюється з використанням інженерних мереж;
- 6) недостатній рівень впровадження новітніх технологій, спрямованих на підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, альтернативних і відновлюваних джерел енергії;
- 7) відсутність цілісної інноваційної інфраструктури, необхідної для зниження енергоемності ВВП до рівня розвинутих держав світу;
- 8) обмежений доступ юридичних і фізичних осіб до кредитних ресурсів;
- 9) неефективність системи енергетичного менеджменту у виробничій та невиробничій сфері, відсутність відповідних автоматизованих систем;
- 10) недостатній рівень оснащення інженерних мереж приладами обліку паливно-енергетичних та інших ресурсів.

Десятиліття неефективного використання енергоресурсів створили в Україні величезний невикористаний потенціал енергозбереження, обумовлений як технологічними недосконалістю основних виробничих фондів, так і традиційним марнотратством енергоресурсів, погано налагодженими і не забезпеченими сучасними технічними засобами обліком і контролем використання палива і енергії.

Низький, у порівнянні з зарубіжними країнами, рівень енергоефективності економіки України призводить до високих затрат на енергозабезпечення, сприяє порушенню стійкого енергопостачання населення і економіки країни, ускладнює збереження енергетичної безпеки. Це і визначає особливу увагу економіки, енергоменеджменту до проблеми енергозбереження [4 – 7]. Проте слід зазначити, що в дослідженнях бракувало системності щодо впровадження єдиної ефективної системи енергозбереження з залученням процедур енергоаудитів. Особливо велике значення має раціональне використання енергії у

споживачів енергоресурсів, оскільки втрати енергії при її використанні, як правило, перевищують її втрати при виробництві і розподілі.

Надійним інструментарієм, що забезпечує цілі і завдання енергозбереження, є енергетичне обстеження (енергоаудит). Проведені енергоаудити дозволяють давати незалежну оцінку споживання енергоресурсів на об'єкті та проаналізувати ефективність витрачання електроенергії та інших видів паливно-енергетичних ресурсів [8, 9].

При описанні енергетичних процесів в енергетичній системі будемо використовувати наступні терміни [10, 11]:

1) Технічна енергетична система (ТЕС) – сукупність обладнання і підприємств, що взаємодіють один з одним для виробництва, споживання або перетворення, зберігання, транспортування або обробки енергопродукту.

2) Енергопродукт – готовий товар, який використовується, головним чином, для виробництва механічної роботи, теплової або хімічної енергії або фізичних процесів.

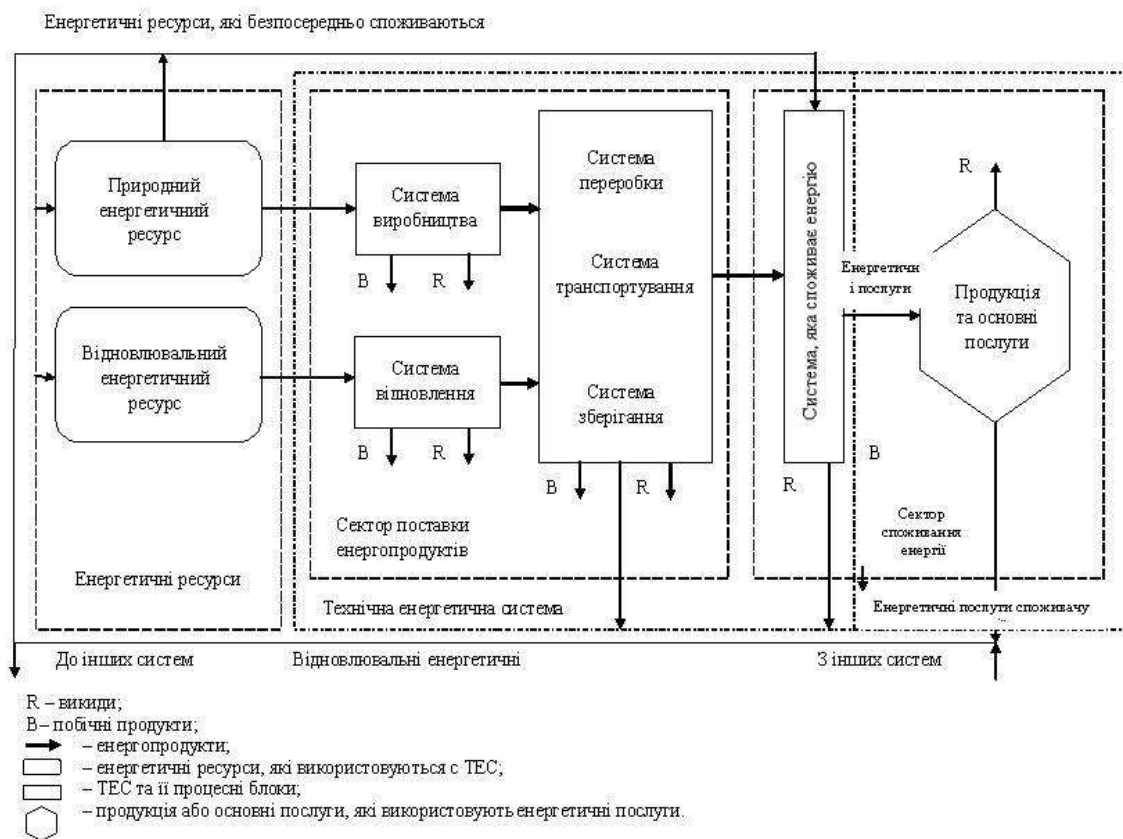


Рисунок 1 – Загальна модель технічної енергетичної системи

Природні ресурси використовуються як входи до ТЕС, тобто сукупність обладнання і підприємств, основними виходами яких є продукти і послуги, але які також виробляють побічні продукти. Природні ресурси у вигляді інших енергоносіїв, таких як сонячне випромінювання, енергія припливів, геотермальна енергія, вітер і тепло, також використовуються для прямого перетворення в механічну, теплову або електричну енергію.

Продукти, які є виходами технічної енергетичної системи, є входами в інші технічні енергетичні системи або використовуються для надання послуг. В кінці терміну їх експлуатації вони повторно використовуються всередині техносфери або надходять назад у природне середовище як викиди. Таким чином, входами в техносферу є природні ресурси, а виходами послуги, що надаються суспільству, викиди та експлуатаційні впливи [10, 11].

Вирішити задачі оптимізації управління енергетичною ефективністю можна за допомогою міжнародного стандарту ISO 50001: 2014 Energy management systems – Requirements with guidance for use (ДСТУ ISO 13600-2014 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання). Стандарт визначає вимоги для системи енергоменеджменту, що дозволяє впровадити системний підхід до безперервного покращення енергоефективності (energy efficiency) і енергопараметрів (energy performance). Стандарт застосовується до всіх типів організацій незалежно від їх розміру та галузевої належності, тому він не містить заздалегідь встановлених критеріїв енергоефективності [12, 13].

Енергетичний менеджмент – частина загальної системи управління підприємством (організацією), яка має чітку організаційну структуру і спрямована на отримання прибутку шляхом ефективного управління енергозбереженням. Енергетичний менеджмент являє собою менеджмент (управління) енергії як будь-якого іншого виробничого ресурсу з метою зменшення витрат шляхом поліпшення енергоефективності.

Система енергетичного менеджменту (СЕМ) – сукупність взаємопов'язаних або взаємодіючих елементів, яка використовується для встановлення енергетичної політики і цілей і застосування процесів і процедур для досягнення цих цілей.

Стандарт ISO 50001 розроблений і побудований на основі циклу безперервного поліпшення «Plan-Do-Check-Act» («Планувати - Виконувати - Перевіряти - Діяти») і включає енергоменеджмент в щоденну практичну діяльність організацій (рисунок 2) [13].



Рисунок 2 – Структурна схема системи енергетичного менеджменту в стандарті ISO 50001

Мета та завдання. Подання множини об'єктів підприємств, організацій та установ у вигляді технічної енергетичної системи визначає використовуваний рівень в загальній методології досліджень в галузі енергозбереження (рисунок 3). Перший рівень відповідає дослідженням, націленим на конкретні технічні та технологічні розробки, які сприяють зниженню електроспоживання.

На третьому рівні здійснюється стратегічне планування і прогнозування в електроенергетиці (оперативне диспетчерське управління, маневрування максимумами навантаження, регулювання потоків реактивної потужності, так зване оперативне енергозбереження тощо). Тут, на додаток до гаусової методології першого рівня, знаходить застосування методологія дослідження операцій, яка базується на евристичних і алгоритмічних процедурах [14, 15].

Другий рівень досліджень в галузі енергозбереження представляє досліджувану систему за допомогою універсальної моделі – техноценозу [16]. Автором цієї моделі, який протягом десятиліть впроваджував її в науковий обіг, є доктор технічних наук, професор Б.І. Кудрін.

Як методологічна основа на цьому рівні застосовується ранговий аналіз, під яким розуміється метод дослідження техноценоз, що передбачає подальшу його оптимізацію на основі критеріїв форми гіперболічних H -розподілів [15 – 17]. Саме цей рівень є ключовим в методології керування енергоспоживання. З огляду на принципові концептуальні та методологічні відмінності, що лежать в основі досліджень на другому рівні, він розглядається як системний по відношенню до рівня досліджень, до яких відносяться конкретні технічні і технологічні рішення в галузі енергозбереження [18].

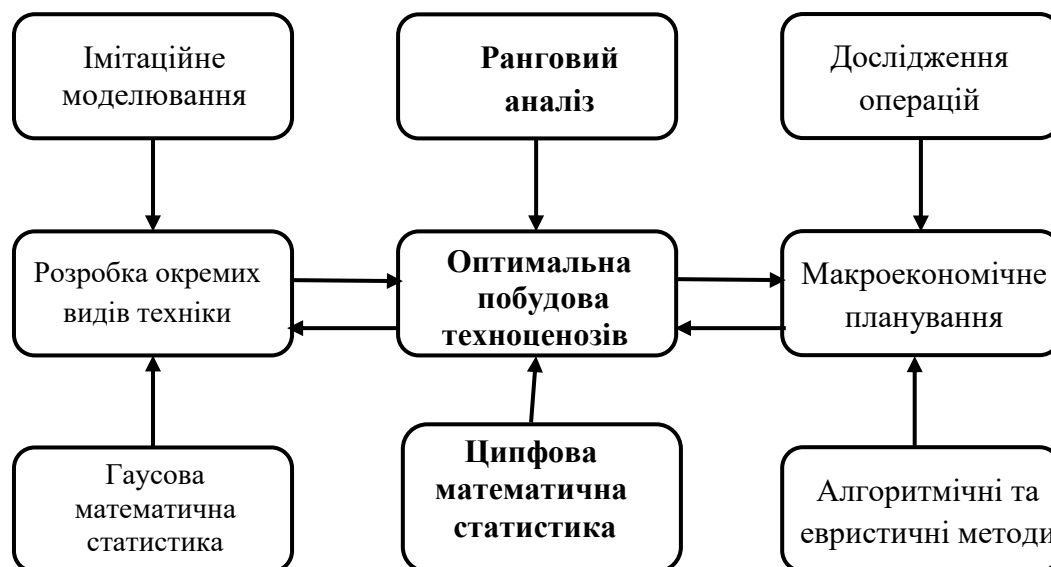


Рисунок 3 – Рівні дослідження в галузі енергозбереження

В якості апарату для моделювання енергоспоживання використовуються класичні методи математичної статистики або техноценологічні методи.

Найбільш поширені статистичні методи дослідження, що ґрунтуються на екстраполяції часових рядів, аналізі статистичних характеристик нормального закону розподілу, застосуванні регресійного аналізу. Перевагою даних методів є відносна простота отримання вихідних даних. Однак збільшення кількості вхідних змінних значно ускладнює обробку даних, вимагає розрахунку показників, нормативних коефіцієнтів, визначення статистичних закономірностей. Це призводить до появи похибок і негативно впливає на точність розрахунку питомих витрат енергоспоживання.

Класичні методи [19, 20] що ґрунтуються на гаусовій математичній статистиці, припускають нормальний розподіл параметрів об'єкта і перерахунок енергоспоживання на основі ідеального аналога в модельному технологічному процесі. Визначення потенціалу енергозбереження однакових за складом і працюючих в різних умовах об'єктів призводить до різних оцінок, що враховує їх специфіку, але не дозволяє коректно оцінити цю величину в цілому.

Останнім часом інтерес до вивчення негаусових систем помітно виріс. Стало очевидним, що в більшості організаційних, економічних, біологічних, технічних та інших складних систем присутній гіперболічний закон розподілу. Найчастіше він носить назву закону Ципфа, проте в залежності від галузі варіанти його назви варіюються. Так, будучи виявленим в наукометрії, він був названий законом Бредфорда (розподіл вчених за продуктивністю); в бібліометрії – законом Лотке; в економіці - законом Парето (нерівномірність розподілу матеріальних благ в суспільстві); в соціальній географії - законом Ауербаха (нерівномірність розподілу міст за чисельністю населення); законом Кудріна [16], який демонструє Н-розподілу в технетиці.

Для оптимального управління енергоспоживанням техноценозу використовується ранговий аналіз. Він включає процедури інтервального оцінювання, параметричного нормування, прогнозування та нормування споживання ресурсів. Поглиблене вивчення рангових параметричних розподілів дає можливість значно підвищити ефективність рангового аналізу. Він здійснюється в таких процедурах як: дифлекс-аналіз (виконується на етапі інтервального оцінювання), GZ-аналіз (виконується на етапі прогнозування) і ASR-аналіз (проводиться на етапі нормування). Поглиблений варіант GZ-аналізу уможливує ще до початку процедури прогнозування виконати вибір G- методології або Z-методології, це в свою чергу суттєво прискорює розрахунки і підвищує їх точність (позитивний ефект від використання даного аналізу пропорційний розмірам досліджуваної бази даних) [15, 21].

Для прогнозування електроспоживання об'єктів G-методами в основному використовуються моделі авторегресійного змінного середнього, декомпозиції часового ряду, а також різні варіації методів на основі аналізу сингулярного спектру траєкторної матриці часового ряду. В процесі прогнозування електроспоживання техноценоз Z-методами повинні враховуватися техноценологічні властивості, які зводяться до поняття стійкості гіперболічних рангових параметричних розподілів.

Техноценоз завжди складається з технічних виробів, об'єднаних в просторово-технологічні кластери. Просторово-технологічний кластер – об'єкт, підсистема техноценозу, взаємопов'язана,

відмежована і яка володіє цілісністю з точки зору спільності управління, технології, території, споживання ресурсів тощо.

Гаусовий ресурс кластеру рівний:

$$W_G = \left(\int_{r_1}^{r_2} W^g(r) dr - ((r_1 - r_2) \cdot W_2) \right), \quad (1)$$

де $W(r)$ – ранговий параметричний розподіл техноценозу по електроспоживанню, $W^g(r)$ – гаусовий розподіл, який відповідає кластерному розподілу параметрів в ранговій диференційній формі, W_2 – значення електроспоживання, яке відповідає правій ранговій границі кластеру r_2 .

Системний ресурс кластеру визначається наступним чином:

$$W_Z = \int_{r_1}^{r_2} (W(r) - W^g(r)) dr, \quad (2)$$

Процедура кластеризації рангових параметричних розподілів по досліджуваному параметру істотно ускладнена через негаусовість розподілів, що невідворотно веде до негаусових кластерів. При цьому порушується головний мінімаксий критерій кластер аналізу (те, що статистично всередині кластера функціональні параметри об'єктів повинні розподілятися по нормальному закону). Вихід із цього становища можливий в результаті збільшення кількості кластерів, при цьому системний і гаусовий ресурси кластерів зводяться відповідно до системного і гаусового довірчого інтервалу об'єктів і рангів.

Подальший глибший GZ – аналіз техноценоз полягає у визначенні так званого кумулятивного когерент фактору, який дорівнює відношенню сумарного системного довірчого інтервалу всіх об'єктів техноценозу до відповідного сумарному гаусового довірчого інтервалу [15, 22, 23]:

$$K_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta W_{Z_i}}{\sum_{i=1}^n \Delta W_{G_i}}, \quad (3)$$

де n – кількість об'єктів техноценозу.

Когерент фактор техноценозу показує в якій степені його системна поведінка узгоджена з індивідуальною поведінкою окремих об'єктів (під поведінкою розуміються властивості параметричних часових рядів об'єктів і техноценозу). Потім можна отримати динамічні когерент функції [23]:

$$\begin{cases} K_{\Sigma}(t); \\ K_{GZ_i}(t); \\ i = 1 \dots n, \end{cases} \quad (4)$$

де t – час функціонування техноценозу.

Когерент функції дозволяють оцінювати в будь-який момент часу і прогнозувати зміну в майбутньому динамічних властивостей як техноценоз в цілому, так і його об'єктів окремо.

Критеріальний варіант GZ-аналізу дозволяє ще до початку власне процедури прогнозування здійснити вибір G- або Z- методу, що істотно прискорює розрахунки і підвищує їх точність (позитивний ефект пропорційний розмірам бази даних). Як впливає з закону оптимальної побудови техноценозів, як критерій вибору методу слід розглядати співвідношення обсягів системного і гаусового ресурсів кластерів техноценозу [22, 23].

Як показано в роботах [21 – 23], похибка прогнозування електроспоживання із застосуванням процедур критеріального GZ-аналізу для окремих об'єктів може скласти 4 – 10%. При цьому похибка прогнозу для техноценозу в цілому, як правило, не перевищує 1,5 – 2% [24].

Техноценологічні методи [14 – 18, 21 – 25] гуртуються на цифровій математичній статистиці і теорії гіперболічних безмежно подільних H -розподілів. При цьому об'єкти утворюють систему особливого типу – техноценоз. – обмежену в просторі і часі взаємопов'язану сукупність функціонально закінчених

технічних виробів, об'єднаних слабкими зв'язками. Зв'язки носять особливий характер, зумовлений технологічною незалежністю і різноманіттям вирішуваних завдань.

У роботах [15, 16, 23, 25] під техноценоз розуміється обмежена в просторі і часі з собою сукупність далі неподільних технічних виробів-особин, об'єднаних слабкими зв'язками. Зв'язки в техноценоз носять особливий характер, який визначається конструктивною, а часто і технологічною незалежністю окремих технічних виробів і різноманіттям вирішуваних завдань. Взаємопов'язаність техноценоз визначається єдністю кінцевої мети, що досягається за допомогою загальних систем керування і забезпечення. Тут здійснюється оптимізація електроспоживання техноценоз в цілому.

Математично негаусовий розподіл виражається спадаючою степенною залежністю. Такий характер дискретного розподілу називають законом Ципфа (Zipf), який знайшов його прояв в лінгвістиці [26].

Закон Ципфа – добуток ранга на частоту (численність популяції) є величина постійна:

$$b = r\lambda(r), \quad (5)$$

r – ранг, найбільшій по численності популяції присвоюється перший ранг $r = 1$ і далі по спадаючій; $\lambda(r)$ – число особин будь-якого виду (численність популяції)

Мандельброт (Mandelbrot) дещо модифікував формулу Ципфа:

$$\lambda(r) = \frac{b}{r^\beta}, \quad (6)$$

β – показник, який визначає ступінь крутизни кривої розподілу [25].

Техноценоз взагалі не ділиться на частини, а утворюється неподільними елементами, кожен з яких виконує одиничну кількість функцій, і ці функції слабо визначаються іншими (існує статистична незначимість зв'язків і взаємодій). Для ценоза відсутні (непридатні) ключові поняття теорії систем: вхід, вихід, зворотний зв'язок, коли, наприклад, технологічні процеси і агрегати представляються як множинні об'єкти управління, для яких характерне використання декількох регулюючих впливів для підтримання необхідного значення однієї вихідної змінної.

Математичний апарат ценологічного методу представлений трьома моделями гіперболічного H – розподілу [15, 16]:

1) Видовий:

$$\Omega(x) = \frac{W_0}{x^{1+\alpha}}, \quad (7)$$

де $x \in [1, \infty)$ – безперервний аналог чисельності популяції i (i – завжди дискретна величина, $i = [x]$); $\alpha > 0$ – характеристичний показник; постійна розподілу $\gamma = 1 + \alpha$; $W_0 = AS$, $W_1 = [W_0]$, де W_0 – теоретичне, не обов'язково дискретне значення, і W_1 – фактичне (експериментальне) значення першої точки; A – постійна розподілу, яку знаходять з умов нормування.

2) Ранговий:

$$\Lambda(x) = \frac{B}{r^\beta}, \quad \omega(r) = \frac{u_r}{U}, \quad U = \sum_{r=1}^S u_r, \quad (8)$$

де u_r – кількість особин виду s_r (чисельність популяції s_r виду), яка відповідає рангу r при загальній кількості особин U . Ранг виду $s = 1, 2, \dots, s_r, \dots, S$ – це його порядковий номер (номер рядка). $1 > B > 0$, $\beta > 0$ – константи рангового H -розподілу.

3) Ранговий по параметру:

$$W(x) = \frac{W_1}{r^\beta} \quad (9)$$

де r – ранг об'єкту; β – показник, який визначає ступінь крутизни кривої розподілу; $W_1 = W_{\max}(x)$ – константа, за яку приймається максимальне значення енергоспоживання найбільш крупного споживача.

Рангове розподіл по параметру дозволяє говорити про оптимальність, ефективність ценоза в цілому. Далі необхідно дослідити структуру ценозу [15].

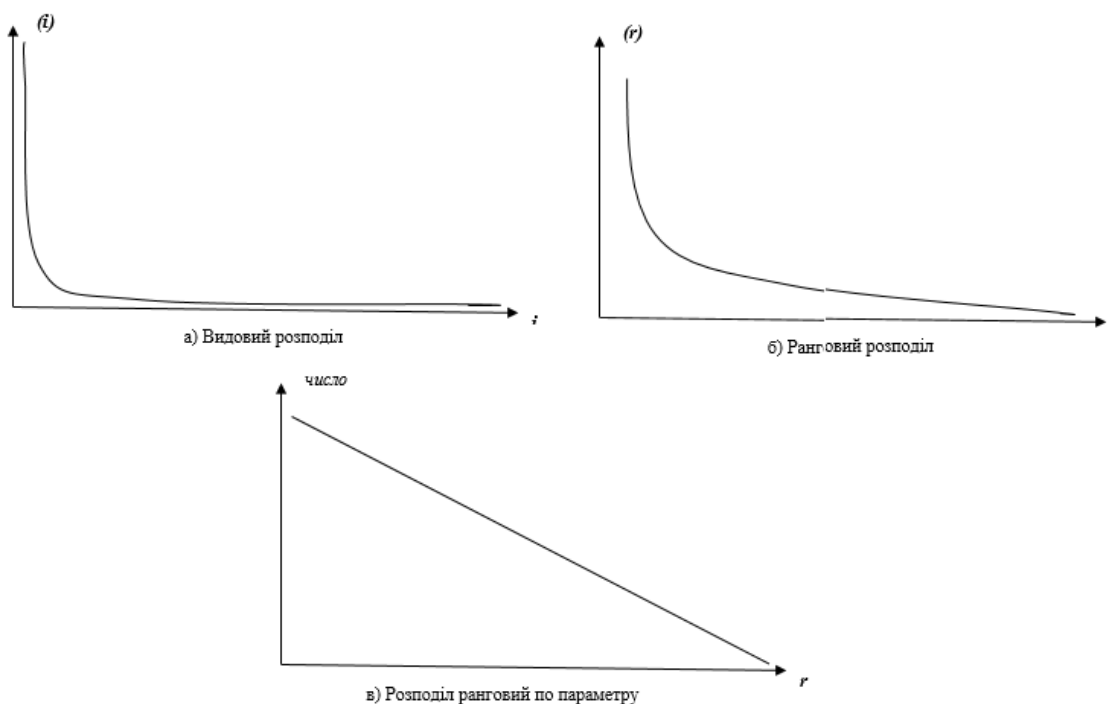


Рисунок 4 – Види H – розподілів

На рисунку 4 представлені видовий (рис. 4, а) і ранговий (рис. 4, б) H – розподіли і H – розподіл по параметру (рис. 4, в), що служить не для дослідження структури, а для системного опису ценозу.

На етапі попереднього аналізу здійснюється збір даних про споживачів електроенергії з метою отримання розгорнутої картини електроспоживання (з історією на глибину 5 – 6 років і більше, а також деталізацією по годинах, добі, місяцях, кварталах і роках). Це дозволяє виявити об'єкти, які забезпечуються електроенергією з порушенням існуючих організаційно-технічних вимог, підготувати електронну базу даних для багатофакторного аналізу.

Матеріали та результати досліджень. Ранговий аналіз ніколи не закінчується апроксимацією відповідних розподілів техноценозу. За ним завжди слідує оптимізація, тому що нашим головним завданням є визначення напрямів і критеріїв поліпшення існуючого техноценозу. Процедура оптимізації будь-якого ценозу спрямована на усунення аномальних відхилень на ранговому розподілі. Після виявлення аномалій на графічному розподілі по табульованому розподілу визначаються особини, «відповідальні» за аномалії, і намічаються першочергові заходи щодо їх усунення.

Алгоритм проведення рангового аналізу для оптимізації техноценозу включає наступні етапи:

1. Виділення ценозу.

Виділення техноценозу супроводжується його описом. Для цього задають спеціальну базу даних, що включає систематизовану і стандартизовану, досить повну і в той же час без зайвих подробиць інформацію по видах і особинах техноценозу.

2. Завдання видоутворюючих параметрів.

Елементи техноценозу виділяються на основі бази даних. Для кожного елемента повинна бути певна документація в базі даних. Якщо розглядати випадок з бюджетними організаціями та установами, то в базі даних повинні знаходитися дані про щомісячне споживання енергоресурсів.

3. Рангово – параметричний опис ценозу.

Перший ранг присвоюється об'єкту з найбільшим споживання енергетичних ресурсів, далі за зменшенням енергоспоживання.

4. Побудова табульованого рангового розподілу та графічного рангового параметричного розподілу існуючого техноценозу.

5. Розрахунок ступеня крутизни кривої гіперболічного H -розподілу. Апроксимація розподілів.

6. Оптимізація ценозу.

Після проведення даного аналізу можна приступати до прогнозування енергоспоживання на основі техноценологічного підходу. Блок-схема алгоритму проведення рангового аналізу для оптимізації техноценозу представлена на рисунку 6.

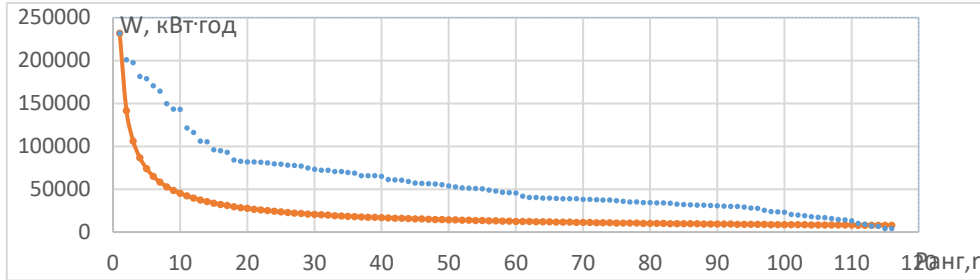


Рисунок 5 – Ранговий параметричний розподіл техноценозу по споживанню електричної енергії бюджетними організаціями та установами Солом’янського району міста Києва за 2016 рік, точки – емпіричні дані, суцільна лінія – апроксимальна крива.

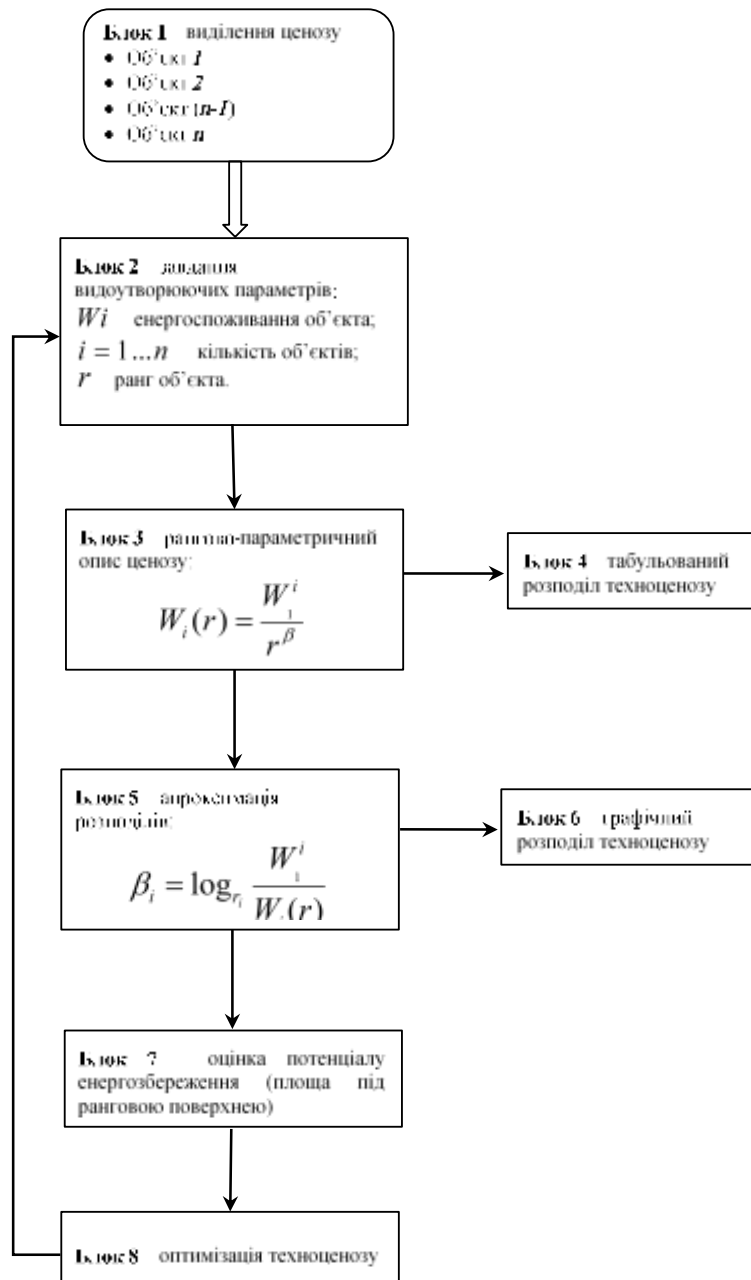


Рисунок 6 – Блок-схема алгоритму проведення рангового аналізу для оптимізації техноценозу

Дослідження ценозів як цілісності зводять до їх системного опису ієрархічною системою показників (що обов'язково для ідентифікації ценоза) і до структурного ценологічного опису. У даній роботі

пропонується в якості особин представити бюджетні організації та установи Солом'янського району м. Києва. Кожна особина має своє значення електроспоживання. Даний ценз обмежений в просторі – загальна кількість включає в себе багато функціонально відокремлених особин, не пов'язаних один з одним сильними зв'язками. Також існує єдина інфраструктура, що включає в себе систему електропостачання, а також систему контролю експлуатації та забезпечення функціонування.

Енергоспоживання об'єкта описується аналітичною залежністю:

$$W(x) = \frac{W_1}{r^\beta} = \frac{231854}{r^{0,711}} \Rightarrow \beta = 0,711$$

Найкращим вважається такий стан техноценозу, при якому параметр знаходиться в межах $0,5 \leq \beta \leq 1,5$. Відповідно до зазначеного виразу можна визначити деякий діапазон оптимальних станів системи і графічно відобразити його у вигляді якоїсь смуги на графіку рангового розподілу (рисунок 5).

З рисунку 5 видно, що споживання електричної енергії бюджетними організаціями та установами Солом'янського району досить не оптимальне і потребує значного покращення. Параметр H -розподілу β входить в діапазон $0,5 \leq \beta \leq 1,5$, однак крива споживання енергетичних ресурсів значно віддалена від оптимальної апроксимальної кривої, що свідчить про недостатню ефективність роботи системи в цілому. При наявності відхилення необхідна додаткова робота з техноценозом: номенклатурна оптимізація; цілеспрямоване видалення аномальних особин; параметрична оптимізація; покращення параметрів аномальних особин тощо.

Висновки. Основним змістом рангового аналізу вважається методика побудови рангових розподілів і їх подальше використання з метою оптимізації ценоза. Для виконання оптимізації системи виконується порівняння ідеальної кривої з реальною, після вивчення співвідношення кривих можна зробити висновок: що необхідно змінити в ценозі, щоб точки реальної кривої прагнули потрапити на ідеальну криву. Для цього визначаються способи, засоби, механізми поліпшення ценозу з метою усунення аномальних відхилень. При наближенні експериментальної кривої розподілу до ідеальної кривої виду, тим стабільніше система.

Перевагою техноценологічного методу та проведення рангового аналізу є оптимальне відображення процесу функціонування об'єктів техноценозу в майбутньому з урахуванням можливих змін технології, інфраструктури, а також використання ресурсів. При використанні методу облік факторів виконується, спочатку введенням в алгоритм моделі управляючих впливів, далі, реалізацією стохастичних зворотних зв'язків, і як наслідок одночасною розробкою кількох можливих варіантів розвитку техноценозу, а в подальшому при роботі з моделлю, постійним дослідженням адекватності результатів моделювання.

Недоліком слід зазначити, що метод, який заснований на статистичній моделі, як і подібні методи, з високою точністю розраховують значення короткострокового прогнозування (згідно з дослідженнями точний прогноз можна отримати на 1 – 2 роки, після цього помилка різко зростає). Другим недоліком є неможливість реалізації критеріїв, які засновані на порівнянні варіантів управління енергоспоживання. Ці недоліки можливо усунути. Для цього необхідне створення динамічної адаптивної моделі, що відбиває процес електроспоживання на глибину від 5 до 7 років і більше.

Список використаної літератури:

1. «Нова Енергетична стратегія України до 2035 року: безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/docscatalog/document?id=245213112>
2. «Державна цільова економічна програма енергоефективності на 2010-2015 роки» № 1446 – редакція від 19.11.2008. Режим доступу: <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=172230399>
3. І. Мазур. Енергоемність валового внутрішнього продукту України: передумови зниження. / І. Мазур // Вістник ТНЕУ. – 2012. – №1. – С. 64 – 72.
4. Праховник А.В. Енергозбереження - нетрадиційний погляд та інша стратегія / А. В. Праховник // Енергетика та електрифікація. - 2008. - № 4. - С. 30-32.
5. Жовтянський В.А. Енергозбереження в Україні: здобутки, проблеми, перспективи виробництва альтернативних видів палива плазмовими методами / В. А. Жовтянський // Ринок інсталяційний. - 2007. - № 11. – С. 8 – 11.
6. Ковалко М. П., Денисюк С. П. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України. К., 1998
7. Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали Колективна монографія в 2 т. за ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія. – Т.1: Загальні засади енергозбереження. – К.:

Академперіодика, 2006. – 510 с.; Т. 2: Механізми реалізації політики енергозбереження. – К.: Академперіодика, 2006. – 600 с.

8. Кошарная Ю.В. Использование методов ценологического и кластерного анализа в энергоаудите промышленных предприятий / Труды VII-ой Международной научно-практической Интернет-конференции «Энерго- и ресурсосбережение XXI век» (МИК-2009). Орел. 2009.

9. Ажнакін С. Г. Проблеми енергозбереження та енергоефективності діяльності електроенергетичних підприємств / С. Г. Ажнакін // Економічні інновації. – 2013. – Вип. 55. – С. 9 – 22. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecinn_2013_55_3.

10. ДСТУ ISO 13600-2001 Системи енергетичні технічні. Основні положення (ISO 13600:1997, IDT).

11. ДСТУ ISO 13601-2001. Системи енергетичні технічні. Структура для аналізу. Сектори постачання та споживання енергопродукту (ISO 13601:1998, IDT).

12. Степанов, В.С., Степанова, Т.Б.. Определение эффективности использования энергии в транспортных системах на основе энергетического и эксергетического КПД (на примере трубопроводного транспорта) // Научный журнал Братского государственного университета. – Братск. БрГУ, 2010, №8 – С. 126 – 132.

13. ДСТУ ISO 13600-2014 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2011, IDT)

14. Гнатюк, В.И., Пантелеев В.И., Заименко А.А. Потенширование в методике оптимального управления электропотреблением техноценоза// Журнал Сибирского Федерального университета. Инженерия и технологии Ч.1, 2014. – С. 116 – 124.

15. Гнатюк, В.И. Закон оптимального построения техноценозов [Монография] / В.И. Гнатюк. – 2-е изд., перераб. и доп. – Электронные текстовые данные. – Калининград: [Изд-во КИЦ «Техноценоз»], [2014]. – Режим доступа: <http://gnatukvi.ru/ind.html>

16. Кудрин, Б.И. Введение в технетику / Б.И. Кудрин. – Томск: Томск. гос. ун-т, 1993. – 552 с.

17. Гнатюк, В.И., Лагуткин О.Е. Ранговый анализ техноценозов. – Калининград: БНЦ РАЕН – КВИ ФПС России, 2000. – 86 с.

18. Гнатюк, В.И. Потенциал энергосбережения техноценоза: трактат: интернет-ресурс. – Калининград: КИЦ «Техноценоз», 2013. – 56 с. – Адрес доступа: http://gnatukvi.ru/index_files/potential.pdf.

19. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. – 6-е изд. стер. – М.: Высш. шк., 1999. – 576 с.

20. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для бакалавров / В. Е. Гмурман. - 12-е изд. - М. : Юрайт, 2013.

21. Гнатюк В.И. Тонкие процедуры рангового анализа по электропотреблению. Электрика. – № 12. 2007.

22. В.И. Гнатюк, Д.В. Луценко. Прогнозирование электропотребления регионального электротехнического комплекса на инерционном этапе развития. – М.: Изд-во ИНИ РАН, 2009 – 92 с.

23. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для студентов высших учебных заведений. – М.: Интернет инжиниринг, 2005. – 672 с.

24. Гнатюк В.И. Прогнозирование электропотребления на основе GZ-анализа / Гнатюк В.И. // Энергоресурсосбережение и энергоэффективность. – 2009. – № 1(25). – С. 21– 28. – Режим доступа: http://www.endf.ru/25_1.php. Источник: http://stroymnogo.com/science/economy/classification_of_forecasts/

25. Б.И. Кудрин. Математика ценозов: видовое, ранговое, ранговое по параметру гиперболические Н-распределения и законы Лотки, Ципфа, Парето, Мандельборта.

26. Zipf G.K. Human Behaviour and the Principle of Least Effort. Cambridge, Mass., 1949.

27. Денисюк С. П. Оптимальне керування енергоспоживанням бюджетних організацій та установ як об'єктів техноценозу [Текст] / С. П. Денисюк, В. І. Василенко // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки. – 2017. – № 5 (114). – С. 97 – 105.

V. Vasilenko

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute».

ESTIMATION OF POTENTIAL OF ENERGY SAVING

IN THE BUDGET SPHERE BASED ON THE RANGE ANALYSIS

The article outlines the issues of increasing energy efficiency and energy security of Ukraine, presents the technical energy system, and considers the problems of optimization of energy efficiency management.

The research levels in the field of energy saving are presented and analyzed. The methods of mathematical statistics and technocenological methods of energy consumption modeling are presented.

A normal distribution law (often called the Gauss law) and rank analysis, which is understood as the method of research technocenosis, involves optimization based on the criteria of the form of hyperbolic H-distributions, is considered. The procedures of interval estimation, parametric rationing, forecasting and standardization of consumption of resources are resulted. Rank analysis is presented in procedures such as: difflex analysis (performed at the interval evaluation interval), GZ-analysis (performed at the stage of forecasting) and ASR-analysis (carried out at the stage of valuation).

The mathematical apparatus of the technocenological approach is represented by three models of hyperbolic H distribution: sighting, ranked and ranked by parameter.

The algorithm of the rank analysis for the forecast of power consumption is developed. The procedure of technocenological optimization is described. Studies of cenoses are reduced to their systematic description of the hierarchical system of indicators (which is necessary for the identification of the cenosis) and to the structural cenological description. The paper presents the ranked parametric distribution of technocenoses for the consumption of electric energy by budgetary organizations and institutions of Solomyansky district of Kyiv in 2016, and the analytical dependence of this technocenose for the subsequent optimization procedure on the parameter of electric power consumption is calculated.

Key words: *energy efficiency, energy audit, Zipf law technocenosis, rank analysis, N-distribution.*

References:

1. "The New Energy Strategy of Ukraine until 2035: Security, Energy Efficiency, Competitiveness" Access mode: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245213112>
2. "State Target Economic Program for Energy Efficiency for 2010-2015" No. 1446 - version dated November 19, 2008. Access mode: <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=172230399>
3. I. Mazur. Energy intensity of gross domestic product of Ukraine: conditions of decline. / I. Mazur // The TNEU. – 2012. – Vol. 1. – pp. 64 – 72.
4. Prakhovnik A.V. Energy saving - an unconventional view and another strategy / AV Prakhovnik // Power engineering and electrification. – 2008. – Vol. 4. – pp. 30 – 32.
5. V.A. Zhovtyansky Energy Saving in Ukraine: Achievements, Problems, Prospects for Production of Alternative Fuels by Plasma Methods / VA Zhovtyansky // Market installation. – 2007. – Vol. 11. – pp. 8 – 11.
6. M.P. Kovalko, S.P. Denisyuk. Energy saving is a priority direction of the state policy of Ukraine. K., 1998.
7. Strategy of energy saving in Ukraine: Analytical and reference materials Collective monograph in 2 t. For ed. VA Zhovtyansky, MM Kulik, B.S. Stogniya – T.1: General principles of energy saving. – K.: Akadempriodika, 2006
8. Kosharna Yu.V. Using the methods of cenologic and cluster analysis in the energy audit of industrial enterprises / Proceedings of the VII International Scientific and Practical Internet Conference "Energy and Resource Saving XXI Century" (MIC-2009). Eagle. 2009
9. Ajnakin S.G. Problems of energy saving and energy efficiency of electric power enterprises / S.G.Azhnakin // Economic innovations. - 2013. – Issue 55. – pp. 9 – 22. – Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecinn_2013_55_3.
10. DSTU ISO 13600-2001 Power engineering systems. Basic provisions (ISO 13600: 1997, IDT).
11. DSTU ISO 13601-2001. Power engineering systems. Structure for analysis. Energy Supply and Consumption Sectors (ISO 13601: 1998, IDT).
12. V.S. Stepanov, T.B. Stepanov. Determination of efficiency of energy use in transport systems on the basis of energy and exergy efficiency (on the example of pipeline transport) // Scientific journal of the Bratsky state university . 2010, Vol. 8 – pp. 126 – 132.
13. DSTU ISO 13600-2014 Energy Management Systems. Requirements and usage guidelines (ISO 50001: 2011, IDT).
14. V.I. Gnatyuk, V.I. Pantelee, A.A. Zaimenko. Potentiation in the technique of optimal management of power consumption of technocenose // Journal of the Siberian Federal University. Engineering and Technologies, Ch.1, 2014. – pp. 116 – 124.
15. V.I. Gnatyuk, The Law of Optimal Construction of Technocenoses [Monograph] / VI Gnatyuk - 2nd ed., Pererab. and add - Electronic text data. - Kaliningrad: [Publishing Center "TechnocenoZ"], [2014]. – Access mode: <http://gnatukvi.ru/ind.html>
16. B.I. Kudrin/ Introduction to the Technetium / B.I. Kudrin - Tomsk: Tomsk. state un-t, 1993. – 552 pp.
17. V.I. Gnatyuk, O.E. Lagutkin. Rank analysis of technocenoses. – Kaliningrad: BNC RAN – KVI FPS of Russia, 2000. – 86 p.
18. V.I. Gnatyuk. The potential of energy saving technocenose: treatise: Internet resource. - Kaliningrad: Technical Center "TechnocenoZ", 2013. – 56 p. - Access address: <http://gnatukvi.ru/index.files/potential.pdf>.

19. E.S. Ventzel. Probability Theory: Textbook. for high schools. – 6th ed. rub – М.: Vyssh. Shk., 1999. – 576 p.
20. V.E. Gmurman. Theory of probability and mathematical statistics: study. Benefit for Bachelors / V. E. Gmurman. – 12th ed. – М.: Yuraight, 2013.
21. V.I. Gnatyuk. Thin ranked analysis procedures for power consumption. Electricity – Vol. 12. 2007.
22. V.I. Gnatyuk, D.V. Lutsenko Forecasting of electric power consumption of the regional electrotechnical complex at the inertial stage of development. - Moscow: Publishing House of the Russian Academy of Sciences, 2009 – 92 p.
23. B.I. Kudrin. Power supply for industrial enterprises: a textbook for students of higher educational institutions. - Moscow: Internet engineering, 2005. – 672 p.
24. V.I. Gnatyuk. Forecasting of power consumption on the basis of GZ-analysis / Gnatyuk V.I. // Energy resource saving and energy efficiency. – 2009. – Vol. 1 (25). – pp. 21 – 28. - Access mode: http://www.endf.ru/25_1.php. Source: http://stroyrnogo.com/science/economy/classification_of_forecasts/
25. B.I. Kudrin. Mathematics of cenozes: species, rank, rank hyper parametric H-distributions and the laws of Lotka, Zipfa, Pareto, Mandelblot.
26. Zipf G.K. Human Behaviour and the Principle of Least Effort. Cambridge, Mass., 1949.
27. S.P. Denisyuk Optimal management of energy consumption of budget organizations and institutions as objects of technocenosis [Text] / S.P. Denisyuk, V.I. Vasilenko // Bulletin of the Kiev National University of Technology and Design. Series Technical Sciences. – 2017 – Vol. 5 (114). – pp. 97 – 105.

УДК 621.3

В.И. Василенко

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

**ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ
В БЮДЖЕТНОЙ СФЕРЕ НА ОСНОВЕ РАНГОВОГО АНАЛИЗА**

В статье рассмотрены, в качестве аппарата для моделирования энергопотребления, классические методы математической статистики (нормальный закон распределения) и ранговый анализ, под которым понимается метод исследования техноценоз, что предусматривает оптимизацию на основе критериев формы гиперболических H-распределений.

Приведены процедуры интервального оценивания, параметрического нормирования, прогнозирования и нормирования потребления ресурсов. Представлены математический аппарат техноценологического подхода.

Разработан алгоритм проведения рангового анализа для оптимизации техноценоза. Приведено ранговое параметрическое распределение техноценоза по потреблению электрической энергии бюджетными организациями и учреждениями Соломенского района города Киева за 2016 год.

Ключевые слова: энергетическая эффективность, закон Ципфа, техноценоз, ранговый анализ, H-распределение.

Надійшла 08.12.2017

Received 08.12.2017