

7. Koval D., Carter C. [Text] // IEEE trans. on industry applications. - Vol.33, 1997. - No. 3. - P. 613–621.
8. Lai J.-S., Key T. [Text] // IEEE trans. on Industry Applications. - Vol.33, 1997. - No. 4. - P. 1104–1110.
9. Watson N., Scott T., Hirsch J. [Text] // IEEE transactions on power delivery. - Vol. 24, 2009. - No. 3. - P. 1521–1528.
10. ГОСТ 13109-97 Електрична енергія. Електромагнітна сумісність технічних засобів. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення [Текст]. – Замінює ГОСТ 13109 – 87 - 1998. – М.: Госстандарт РФ, 1998. – 52 с.

Стаття надійшла до редакції 28.03.2016 р.

УДК 621.311

В. П. Розен , проф., **С.С. Великий**, студент (НТУУ «КПІ»)

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ЗМЕНШЕННЯ ТЕПЛОВИХ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИТРАТ В НАВЧАЛЬНИХ КОРПУСАХ

V. Rozen, S.Velykyi (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

DEFINITIONS OF KEY FACTORS THAT INFLUENCE ON REDUCING COSTS HEAT AND ELECTRICITY IN THE EDUCATIONAL BUILDING

У роботі розглянуто фактори які впливають на зменшення теплових та електричних витрат в навчальних корпусах, класифікація навчальних корпусів на класи по цим факторам. А також ранжування навчальних корпусів по відношенню до витрат енергії та фізичних параметрів для визначених класів.

Ключові слова: бенчмаркінг; евклідова відстань; ієрархічна класифікація; ранжування; тони умовного палива.

В работе рассмотрены факторы влияющие на уменьшение тепловых и электрических затрат в учебных корпусах, классификация учебных корпусов на классы по этим факторам. А также ранжирование учебных корпусов по отношению к затратам энергии и физических параметров для определенных классов.

Ключевые слова: бенчмаркинг; евклидовое расстояние; иерархическая классификация; ранжирование; тона условного топлива.

This article examines the factors that influence the reduction of thermal and electrical costs in educational buildings, classification of educational buildings into classes by these factors. As well as the ranking of the buildings relative to energy consumption and physical parameters for specific classes.

Keywords: benchmarking; Euclidean distance; hierarchical classification; ranking; tons of equivalent fuel.

Вступ. З метою підвищення рівня енергоефективності за кордоном широке розповсюдження отримала концепція бенчмаркінгу енергоефективності, яка полягає в поширенні передового досвіду і найкращих досягнень у цій сфері промислових підприємств будь-якої форми власності. При цьому важливу роль відіграють організаційні чинники, що впливають на рівень ефективності функціонування промислових підприємств. Організаційні чинники включають в себе - збір, обробку і поширення інформації. Досвід провідних промислових країн Західної Європи і США вказує на доцільність використання бенчмаркінгу для виявлення "кращих" за певними критеріями компаній і структурних підрозділів у різних напрямках їх діяльності.

Бенчмаркінг в рівній мірі включає два процеси: оцінювання і співставлення. Мета бенчмаркінгу полягає в тому, щоб на основі дослідження встановити потребу в змінах і досягнення успіху в результаті цих змін. Бенчмаркінг забезпечує більш деталізоване і впорядковане управління, ніж застосування тільки методів аналізу, які включають в себе порівняльний аналіз інформаційного поля компанії та її конкурентів, виявлення сильних і слабких сторін інформаційної політики.

Частка енергоспоживання житлово-громадського сектору України, в тому числі й закладів освіти, складає близько 40%, в той же час ефективність енерговикористання знаходиться на низькому рівні, що зумовлене рядом факторів: наявністю неповноти інформації про енергетичні та експлуатаційні показники будівель, збір первинної статистичної інформації про енергоспоживання об'єктів на рівні Міністерства освіти і науки ускладнений у зв'язку з територіальною розпорошеністю закладів; брак фінансових ресурсів на реалізацію заходів з енергозбереження; відсутність мотивації серед персоналу закладів; недотримання комфортних умов у приміщеннях тощо. У зв'язку з цим виникає необхідність проведення структурного аналізу енерговикористання у галузі освіти.

Постановка проблеми. Визначання класів однорідних об'єктів з врахуванням факторів, які впливають на зменшення теплових та електричних витрат в навчальних корпусах, для створення основи об'єктивного оцінювання рівня енергоефективності як основної складової бенчмаркінгу енергоефективності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Управління енерговикористанням організації називають поняттям енергетичний менеджмент. Для широкого запровадження систем енергоменеджменту (SEM) та підвищення енергоефективності організацій всіх типів у 2011 році надано чинності міжнародному стандарту з енергетичного менеджменту ISO 50001 [1], який широко впроваджується у всьому світі. В ISO 5001 пропонується використання бенчмаркінгу енергоефективності як складової управління енерговикористанням. Розглядаючи роботи науковців, що досліджують питання

підвищення енергетичної ефективності організацій, через реалізацію не тільки технічних заходів, але й управлінських методів, відмітимо наступні: на прикладі Міністерства освіти Росії у роботі [2] запропоновано стратегію підвищення енергетичної та бюджетної ефективності шляхом адміністративно-технологічного управління галузевим енергоспоживанням. Автор пропонує вирішувати питання управління енергоспоживанням шляхом кластеризації підвідомчих об'єктів з виділенням в кожному з кластерів ряду першочергових заходів з енергозбереження. Однак, недоліком запропонованого підходу є проведення кластеризації об'єктів лише за використання ПЕР. Доцільніше було б вводити й інші характеристики об'єктів, які мають значний вплив на енергоспоживання, наприклад: площу, режим роботи організації та її теплове навантаження тощо. Для оцінки енергетичної ефективності будівель автор вводить консервативну опалювальну характеристику навчального закладу. Такий підхід корисний при порівнянні між собою установ, однак він не дозволяє визначити будівлі, енергетична ефективність яких може суттєво відрізнятись від середньої. В Україні розроблена методика визначення електроспоживання бюджетних закладів та оптимізації управління енерговикористанням, на прикладі організацій Черкаського державного технологічного університету[3]. У роботах [4] запропоновано модель управління процесами енерговикористання об'єктів галузі освіти, перш за все об'єктом управління, яким на підприємстві виступають технологічні установки та процеси, а в навчальних закладах – будівлі та їх інженерні мережі.

Мета досліджень. Метою досліджень є виділення факторів які впливають на теплові витрати в навчальному корпусі, а також визначення дій з ранжування об'єктів, що дозволить прийняти адекватні рішення з зменшення теплових і електричних витрат.

Виклад основного матеріалу досліджень. Питання підвищення ефективності використання ПЕР та енергозбереження вже тривалий час є предметом досліджень на різних рівнях енерговикористання. Зросли масштаби і глибина досліджень в сфері енергозбереження та ощадливого використання ПЕР, управління процесами енергозбереження. Серед існуючих на сьогодні завдань, які потребують подальшого дослідження, однією з головних є забезпечення управління енергозбереженням і енергоспоживанням. Однією з передових і перспективних галузей в питанні реалізації потенціалу енергоспоживання є сфера освіти. Насамперед технічний стан будівель навчальних закладів знаходиться в досить занедбаному стані. Витрати ПЕР є досить значними і нераціонально розподіленими, як приклад підтримання комфортної температури в приміщеннях, особливо в зимовий період, є досить енерговитратним заходом. Використовуються методи по вирішенню питань скорочення витрат, а також модернізація будівлі для зменшення теплових втрат. Але для розроблення методів модернізації необхідно визначити фактори які можуть вплинути на витрати енергії в навчальному корпусі.

Залучення спеціалістів до визначення переліку факторів, які впливають на витрати дозволило побудувати наступну математичну модель:

$$\langle V, N, S, M_c, M_p, T, Q \rangle,$$

де V - об'єм будівлі; N - середня кількість людей які знаходяться в ній за певний час; S - загальна площа скління будівлі; M_c - матеріал стін; M_p - матеріал перекриття криші; T - кількість годин роботи на рік; Q - теплове навантаження. Звісно ці фактори не є рівноцінними між собою, а також по різному відносяться до кожного навчального корпусу. Тому їх можна розподілити до певних груп. Структурна схема, з залученням для аналізу данна схема Ісікави, представлена на рис. 1.

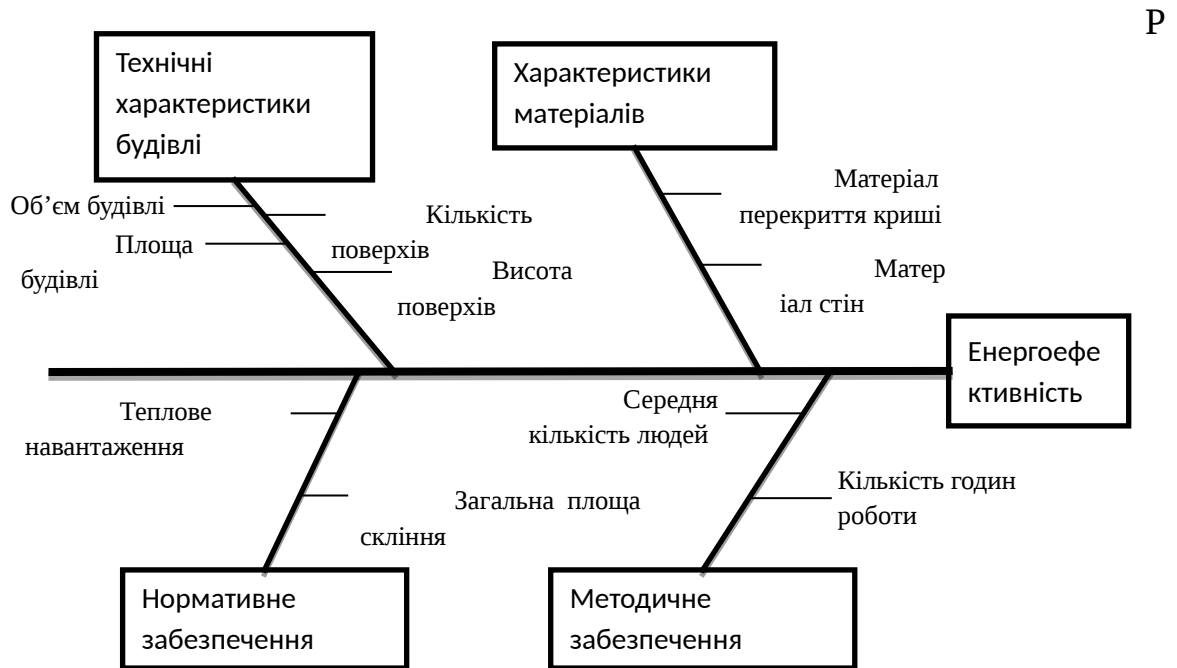


рис. 1. Схема Ісікава факторів впливу на енергоефективність

Також відношення певних факторів до кожного навчального корпусу являється різним. Так відносні витрати по всім навчальним корпусам дають змогу їх класифікувати. Найбільш важким і найменш формалізованим в завданні класифікації є визначення поняття однорідності об'єктів.

У загальному випадку поняття однорідності об'єктів задається введенням або правила обчислення відстаней $\rho(x_i, x_j)$ між будь-якою парою досліджуваних об'єктів (x_1, x_2, \dots, x_n) , або деякою функцією $r(x_i, x_j)$, що характеризує ступінь близькості i -го і j -го об'єктів.

Вибір міри близькості, є вузловим моментом дослідження, від якого в значній мірі залежить остаточний варіант розбиття об'єктів на класи при даному алгоритмі розбиття. У кожному конкретному випадку цей вибір повинен проводитися по-своєму, в залежності від цілей дослідження, фізичної та статистичної природи спостережень, апріорних відомостей про характер ймовірного розподілу X .

Розглянемо найбільш широко використовувану в задачах кластерного аналізу евклідову відстань, що визначається за формулою:

$$\rho_E(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{l=1}^k (x_{il} - x_{jl})^2}, \quad (1)$$

де x_{il}, x_{jl} - значення l -ї ознаки у i -го (j -го) об'єкта ($l = 1, 2, \dots, k, i, j = 1, 2, \dots, n$).

В зв'язку з тим, що фактори мають різну фізичну природу, то вдаються до нормування шляхом ділення центрованої величини на середньоквадратичне відхилення і переходять до нормованої матриці з елементами

$$z_{il} = \frac{x_{il} - \bar{x}_l}{s_l}, \quad (2)$$

де x_{il} - значення l -ї ознаки у i -го об'єкта;

\bar{x}_l - середнє значення l -ї ознаки;

$$s_l = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{il} - \bar{x}_l)^2}$$

- середньоквадратичне відхилення l -ї ознаки.

Показники електричних та теплових витрат навчальних корпусів за один місяць були стандартизовані, з середньою 0 і стандартне відхилення 1. Після чого вони класифікуються в ієрархічному порядку. Тим самим з рис. 2 можна побачити результати класифікації навчальних корпусів по відношенню до витрат енергії: електрична та тепла.

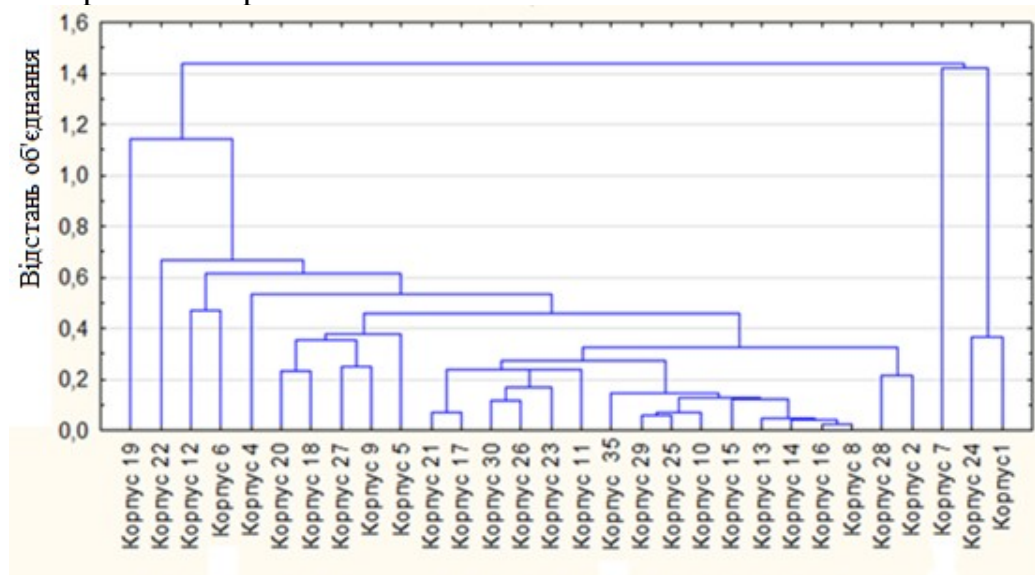


Рис. 2. Ієрархічна класифікація корпусів за електричними та тепловими витратами

З рис. 2 можна виділити корпуси (1,24,7) які значно переважають в витратах ПЕР. Але ці данні лише по витратам, а розміри, стан і потреби не враховуються. Наприклад, корпус 24 є спортивним і має басейн, наявність

великих залів, тому порівняння з іншими навчальними корпусами не є доцільним.

На рис. 3 представлена ієрархічна класифікація корпусів по параметричним даним. А саме об'єм корпусу, середня кількість людей, кількість годин роботи на рік, а також теплові витрати корпусу за годину.

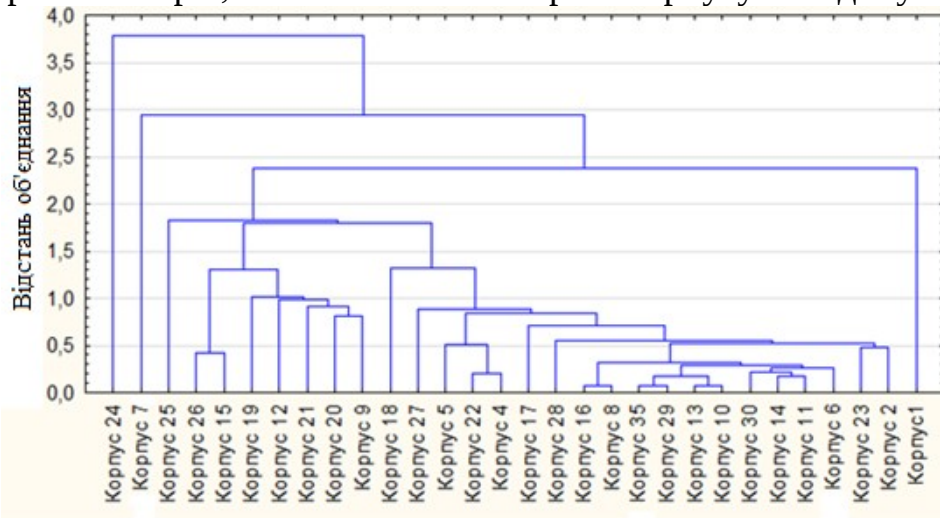


Рис. 3. Ієрархічна класифікація корпусів за параметричними даними

Для визначення рівня енергоефективності енерговикористання у навчальних корпусах після процедури проведемо ранжування по окремим класам самої ієрархічної класифікації недостатньо. Як видно з рисунку 3 якщо виключити 1,7,24,25 навчальні корпуси то утворилися два великі класи для яких і буде проводитись ранжування.

Скористаємося широко поширеним в теорії ранжування методом (правилом) французького математика Борда (Borda). Впорядкування, отримане цим методом, узагальнює думки усіх експертів, включаючи думку більшості.

Модель ранжування навчальних корпусів за допомогою правила Борда має наступну структуру. По кожному x_{ij} впорядковуємо усі i -ті навчальні корпуси від кращого до гіршого з точки зору ефективності енерговикористання та фізичних параметрів.

Для кожного показника коефіцієнт Борда визначаємо за формулою:

$$B(\Pi_i) = |\{ \Pi_k : \Pi_i > \Pi_k, \Pi_k \in \{ \Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_m \} \}|, \quad (3)$$

тобто, для кожного j -го показника доміант Π_i по кількості Π . По коефіцієнтам, які визначаємо по кожному показнику, розраховуємо результуючий коефіцієнт $B(\Pi_i)$ для кожного Π :

$$B(\Pi_i) = \sum_{j=1}^n \rho_j B_j(\Pi_i), i = \overline{1, m}, \quad (4)$$

де ρ_j – ступінь важливості критеріїв, який визначається нормалізованими значеннями, тобто:

$$\sum_{j=1}^n \rho_j = 1, \rho_j \geq 0, j = \overline{1, n}. \quad (5)$$

За допомогою коефіцієнта Борда $B(\Pi_i)$ навчальні корпуси впорядковуємо за ступенем переважання, за необхідністю, ці коефіцієнти можна нормалізувати за стандартними правилами. Якщо розглядати питання визначення найкращого навчального корпусу Π^* , то його вибираємо, виходячи з умови:

$$B(\Pi^*) = \max B(\Pi_i). \quad (6)$$

Повний розподіл результуючих коефіцієнтів Борда ранжування навчальних корпусів для двох кластерів наведено на графіках (рис. 4,5).

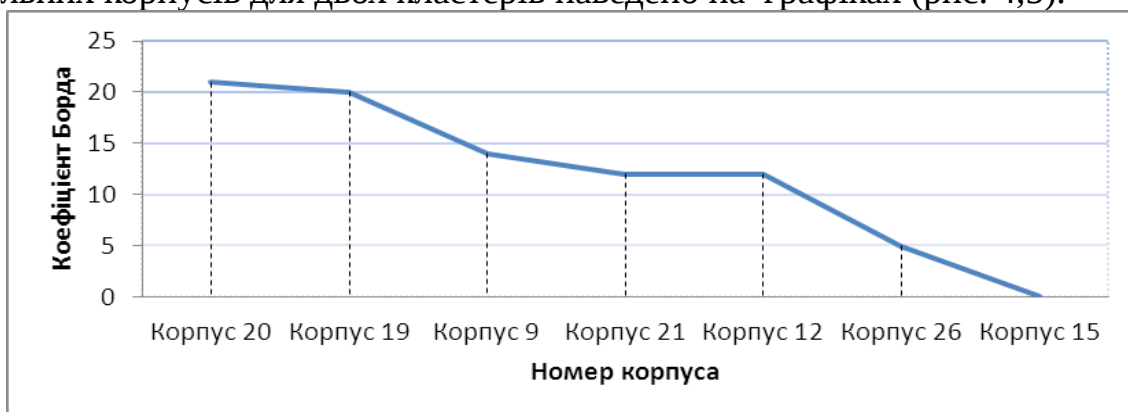


Рис. 4. Ранжування навчальних корпусів першого кластеру методом Борда



Рис. 5. Ранжування навчальних корпусів другого кластеру методом Борда

Для більш наглядного результату переводимо електричні та теплові витрати за один місяць в тони умовного палива у вугільному еквіваленті для двох кластерів (рис. 6,7).

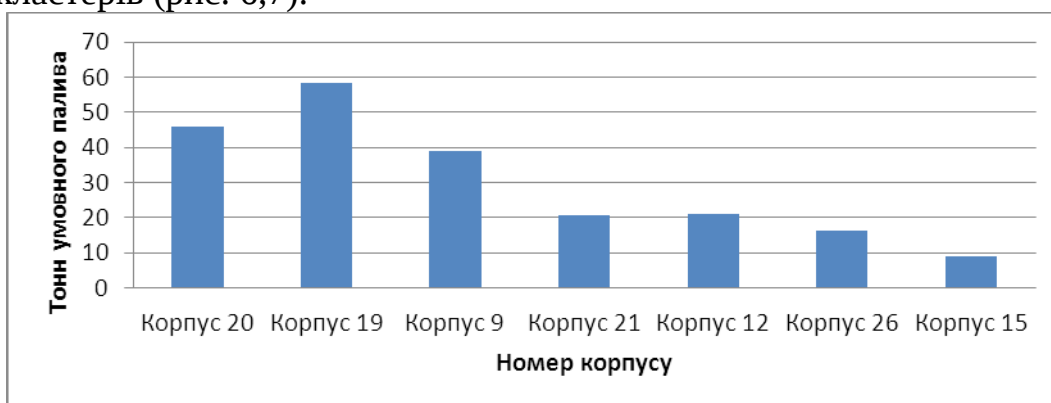


Рис. 6. Діаграма витрат енергії в переводі на тони умовного палива в вугільному еквіваленті для першого класу

Як видно з діаграм тони умовного палива не спадають у відповідному порядку це свідчить про не ефективне енерговикористання умовного палива в навчальних корпусах.



Рис. 7. Діаграма витрат енергії в переводі на тони умовного палива в вугільному еквіваленті для другого класу

Висновки

1. Для адекватного ранжування навчальних корпусів необхідно використовувати попередню класифікацію об'єктів для ранжування класів за параметрами, щоб мати можливість відібрати найбільш неенергоєфективні навчальні корпуси.

2. Використання ієрархічної класифікації дозволяє визначити внутрішню структуру класифікації і допомагає розподілити початкові корпуси у класи за параметричними даними.

Список використаних джерел

1. ISO 50001:2011. Energy management systems - Requirements with guidance for use/ European Committee for Standardization [Text] // CEN-CENELEC, 2011, p. 22.

2. Бобряков, А.В. Разработка и реализация научно-технических и управленческих методов повышения энергоэффективности отраслевого энергопотребления бюджетной сферы [Текст]: автореф. дис. д.т.н.: спец. 05.14.04 «Пром.теплоэнергетика» / А. В. Бобряков; Москва, 2007. – 40 с.

3. Ткаченко, В.Ф. Моніторинг споживання електроенергії інфраструктурою вищого навчального закладу (на прикладі Черкаського державного технологічного університету) [Текст]: автореф. дис. к.т.н.: спец.

05.14.01 «Енергетичні системи і комплекси» / В.Ф. Ткаченко; НАН України. Ін-т техн. теплофізики. – К., 2014.– 23 с.

4. Розен, В.П. Разработка концепции внедрения системы энергетического менеджмента на промышленных предприятиях Украины [Текст] / В.П. Розен, А.И. Соловей, А.В. Чернявский // Праці ІЕД НАНУ. – № 1(10). – 2005. – С. 59-68.

5. Розен, В.П. Методологія бенчмаркінгу енергоефективності для промисловості України [Текст] / В.П. Розен, Б.Л. Тишевич, П.В. Розен // Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит.- 2012. - № 6. - С. 9-19.

Стаття надійшла до редакції 24.03.2016 р.

УДК 621.311

В. П. Розен, проф., **І. Г. Ходаківський**, студент (НТУУ «КПІ»)

КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ З ВИКОРИСТАННЯМ КОРОТКОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ МЕТОДОМ ХОЛЬТА

V. Rozen, I. Khodakivskyi (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

MANAGEMENT ELECTRIC LOADING WITH THE USE OF SHORT-TERM PROGNOSTICATION BY METHOD OF HOLT

У роботі розглянуто метод короткострокового прогнозування промислового підприємства за допомогою моделі Хольта для зменшення фінансових витрат підприємства на використання електричної енергії.

Ключові слова: електричне навантаження; прогнозування; метод Хольта; STATISTICA; оцінка точності прогнозування.

В работе рассмотрен метод краткосрочное прогнозирование промышленного предприятия с помощью модели Хольта для уменьшения финансовых затрат предприятия на использование электрической энергии.

Ключевые слова: электрическая нагрузка; прогнозирование; метод Хольта; STATISTICA; оценка точности прогнозирования.

The paper describes a method of short-term forecasting of industrial enterprises using the model Holt to reduce financial costs on the use of electricity.

Keywords: electric load; prognostication; method of Holt; STATISTICA; evaluation of the accuracy of forecasting.

Вступ. На сьогодні технічний прогрес у виробничій сфері та сфері споживання характеризується електрифікацією технологічних процесів і зростанням споживання електроенергії при виробництві, тому для зростаючих