УДК 658.26

МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА РІВЕНЬ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

В. П. Розен, канд. техн. наук (НТУУ «КПІ»), В. Ф. Ткаченко, асп. (Черкаський державний технологічний університет)

Показана необходимость применения статистико-математических методов для повышения качества анализа факторов, которые влияют на энергопотребление в зданиях бюджетной сферы Украины.

Ключевые слова: энергопотребление, энергетический аудит, энергосбережение, топливно-энергетические ресурсы.

Показано необхідність застосування статистично-математичних методів для підвищення якості аналізу факторів, що впливають на енерговикористання у будівлях бюджетної сфери України.

Ключові слова: енергоспоживання, енергетичний аудит, енерго-збереження, паливно-енергетичні ресурси.

Necessity of application the statistical and mathematical methods for improving the analysis of factors that influence energy consumption in the buildings of Ukraine's budget sphere is shown.

Key words: energy consumption, power- engineering audit, energy saving, fuel and power resources.

Вступ. Енергетичне обстеження – це одна з форм проведення державної політики у сфері енергозбереження, яка полягає в наданні допомоги підприємствам, організаціям та установам у підвищенні рівня ефективності використання ними паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) шляхом технічних обстежень та розроблення рекомендацій щодо впровадження організаційних, правових, технічних і технологічних заходів з енергозбереження, а також надання допомоги у розробленні науково обґрунтованих норм та нормативів питомих витрат ПЕР [1]. В українській нормативно-правовій базі терміну «енергетичне обстеження» відповідає термін «енергетичний аудит» [2]. Енергетичний аудит – це незалежний документовано оформлений процес обстеження, оцінювання потенціалу енергозбереження та рівня ефективності використання ПЕР об'єктом, а також розроблення рекомендацій щодо впровадження енергозберігаючих заходів з виконанням технічних вимог, вимог до якості продукції, охорони праці та довкілля [2].

Для підвищення рівня ефективності споживання ПЕР необхідно визначити основні прості методи аналізу їх споживання, фактори, які впливають на енерговикористання об'єктів споживання енергії та методи аналізу ефективності впровадження енергозберігаючих заходів. Застосування принципів менеджменту та логістики в управлінні споживанням ПЕР, впровадження комплексів заходів (спостережень, оцінок, прогнозів), реєстрування основних показників споживання, оперативне виявлення результатів впливу зовнішніх і внутрішніх чинників на ефективність

використання ПЕР виробничою системою є основою для впровадження енергетичного моніторингу [2].

Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Проведення енергетичного аудиту не стало закономірністю, що було б логічною нормою в умовах зростання цін на енергетичні ресурси та погіршення екологічної ситуації в світовому масштабі. Розроблення законодавства, нормативно-правових документів і методів проведення енергетичного аудиту, на жаль, не забезпечило проведення системних, регулярних та повсюдних обстежень. Адже кількісні оцінки енергетичної ефективності необхідні як для розв'язання системних питань енергозбереження, так і під час впровадження конкретних організаційних та технічних заходів з енергозбереження.

Питанням енергетичного аудиту та управління енергозбереженням присвячено багато статей як науковців, так і практиків [3–6], в яких розглядаються, як правило, питання про впровадження системи енергетичного аудиту в Україні, вибір енергозберігаючих заходів і не розглядаються питання методології аналізу інформації про енергоспоживання.

Згідно з законом України «Про електроенергетику» енергія – це електрична чи теплова енергія, що виробляється на об'єктах електроенергетики і є товарною продукцією, призначеною для купівлі–продажу [7]. Ця продукція має всі характерні ознаки товару. Однією з найважливіших характеристик товару є його якість. Забезпечення якісного споживання енергії передбачає комплекс заходів (технічних, організаційних, нормативних, економічних тощо), які дозволяють виконати вимоги до характеристик вхідних і вихідних параметрів системи та її елементів. Під час розв'язання завдань енергозбереження важливим є визначення потенційних можливостей економії того чи іншого виду енергії в технологічному процесі чи окремому споживачу, можливості їх міжвидового перетворення, взаємозаміни тощо. Аналіз цих величин обумовлює необхідність оперувати поняттям «якісне споживання енергії» [8].

З точки зору якості енергію можна розглядати в момент її виробництва, передачі та споживання. В цій статті мова йде про якісне (ефективне) споживання енергії та методи аналізу ефективного використання ПЕР.

Під якістю споживання енергії треба розуміти кількість облікованої енергії відповідно до договору якості, на рівні затвердженого регламенту, яка надійшла споживачу і використовується ефективно, на основі економічного і технологічного обґрунтування.

Формування цілей та завдань статті. Метою статті є підвищення якості аналізу факторів, від яких залежить споживання ПЕР у бюджетній сфері України, та визначення їх пріоритетності і ваги.

Для досягнення поставленої мети розглядаються такі завдання:

визначення факторів, що впливають на енерговикористання у бюджетній сфері;

систематизація факторів за допомогою схеми Ісікави [9–12];

визначення пріоритетності та ваги факторів за допомогою методу попарних порівнянь [13, 14];

визначення пріоритетності та ваги впливу факторів забезпечення за допомогою статистичних методів аналізу, а саме діаграми Парето [2, 10, 15].

Методика визначення факторів впливу та забезпечення на рівень енергоефективності. Для впровадження енергозберігаючих заходів, аналізу ефективності від впровадження енергозберігаючих заходів і аналізу ефективності витрат ПЕР необхідно застосовувати системний підхід, реалізація якого можлива лише в рамках системи управління якості [12] або системи менеджменту якості разом з системою управління потоками енергії і витратами на її споживання, тобто енергетичний менеджмент [8].

Відомий американський спеціаліст в області економіки Едвард Демінг ще в 1950 р. писав, що на 85 % розв'язання проблеми залежить не від людей, а від системи управління якістю [12].

Для аналізу результатів контролю якості широке застосування отримали методи статистичного контролю якості (Statistical Quality Control – SQC). Найвідомішими серед них стали «сім інструментів контролю якості». В число цих інструментів входять метод розшарування, графіки, діаграма потоку, діаграма Парето, причинно-наслідкова діаграма, контрольні карти, гістограми [9].

Під час виявлення факторів, що впливають на який-небудь показник, який характеризує якість, використовують схему Ісікави або, як її ще називають, причинно-наслідкову діаграму. Вона складається з показника якості, який характеризує результат, і факторних показників [9–12]. Під час складання причинно-наслідкової діаграми можна виявити вторинні, а іноді третинні та інші причини, що впливають на якість процесу [9].

Рівень споживання ПЕР для різних областей економіки, різних регіонів, різних підприємств чи організацій залежить від різних факторів. Отже, заходи щодо скорочення енергоспоживання для промислового підприємства і адміністративного району, а тим паче для організацій чи установ, будуть різними.

Такий фактор впливу на проблему енергозбереження, як кадрове забезпечення для підприємства, полягає в тому, щоб мати на підприємстві кваліфікованого енергоменеджера. Для державного сектора економіки необхідно забезпечити умови навчання такого фахівця, а для приватного сектора достатньо створити центри консультування з питань раціонального використання енергії.

Для аналізу різних рівнів управління енерговикористанням треба застосувати принципи децентралізації [16]. У нашому випадку пропонуємо розділити проблему управління енерговикористанням на сім секторів за такими адміністративними ознаками: загальнодержавний; галузевий; регіональний; місцевий; організацій та установ бюджетної сфери; підприємств; приватних будинків та господарств.

Детальний аналіз факторів, які впливають на проблему енергозбереження у бюджетній сфері України, показує неоднозначність впливу факторів і відсутність їх прямого впливу на об'єкт управління. Наприклад, дуже важко

знайти прямий зв'язок між керівними документами державного рівня у сфері енергозбереження і ефективним використанням системи освітлення у конкретній кімнаті гуртожитку навчального закладу. Такий вплив можна прослідкувати лише через шлях обігу керівних документів (рис. 1).

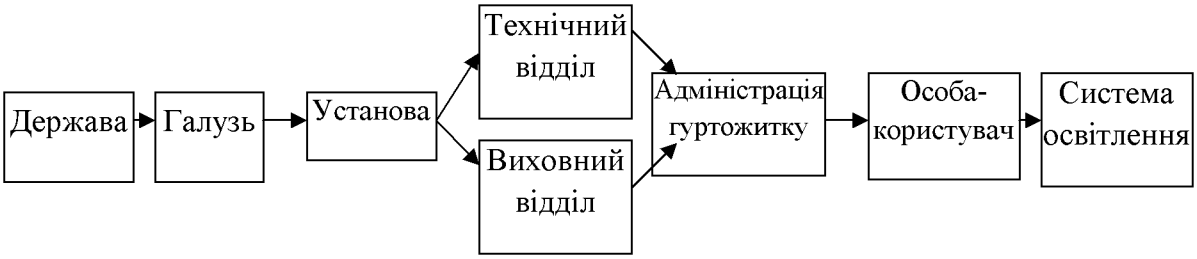

Рис. 1. Шлях обігу керівних документів

Фактори, від яких залежить споживання ПЕР [9], можна поділити на дві групи: фактори забезпечення – це фактори виконання чи фактори, вплив на які є передумовою управління проблемою енергозбереження, та фактори впливу – це фактори, які безпосередньо впливають на управління проблемою.

Аналізуючи шляхи досягнення енергоефективності учбовими закладами в Україні, відмітимо, що існує велика кількість факторів, які за їх сумарною кількістю складають «критичну масу» і не дозволяють досягти впевнених результатів у сфері енергозбереження.

Важливим завданням для досягнення ефективності використання ПЕР є пошук необхідних етапів і створення системної стратегії енергозбереження, що дозволить подолати перешкоди. Тобто, необхідними умовами для досягнення енергоефективності в Україні є руйнування «критичної маси» негативних перешкод.

На рис. 2 відображені лише вторинні фактори, які, як правило, є факторами забезпечення, що не в повній мірі відображає проблему управління ефективним споживанням ПЕР або енергозбереженням у будівлях бюджетної сфери. Відображення на діаграмі факторів третього та наступних порядків покажуть наявність факторів впливу на конкретний об'єкт (систему) управління.

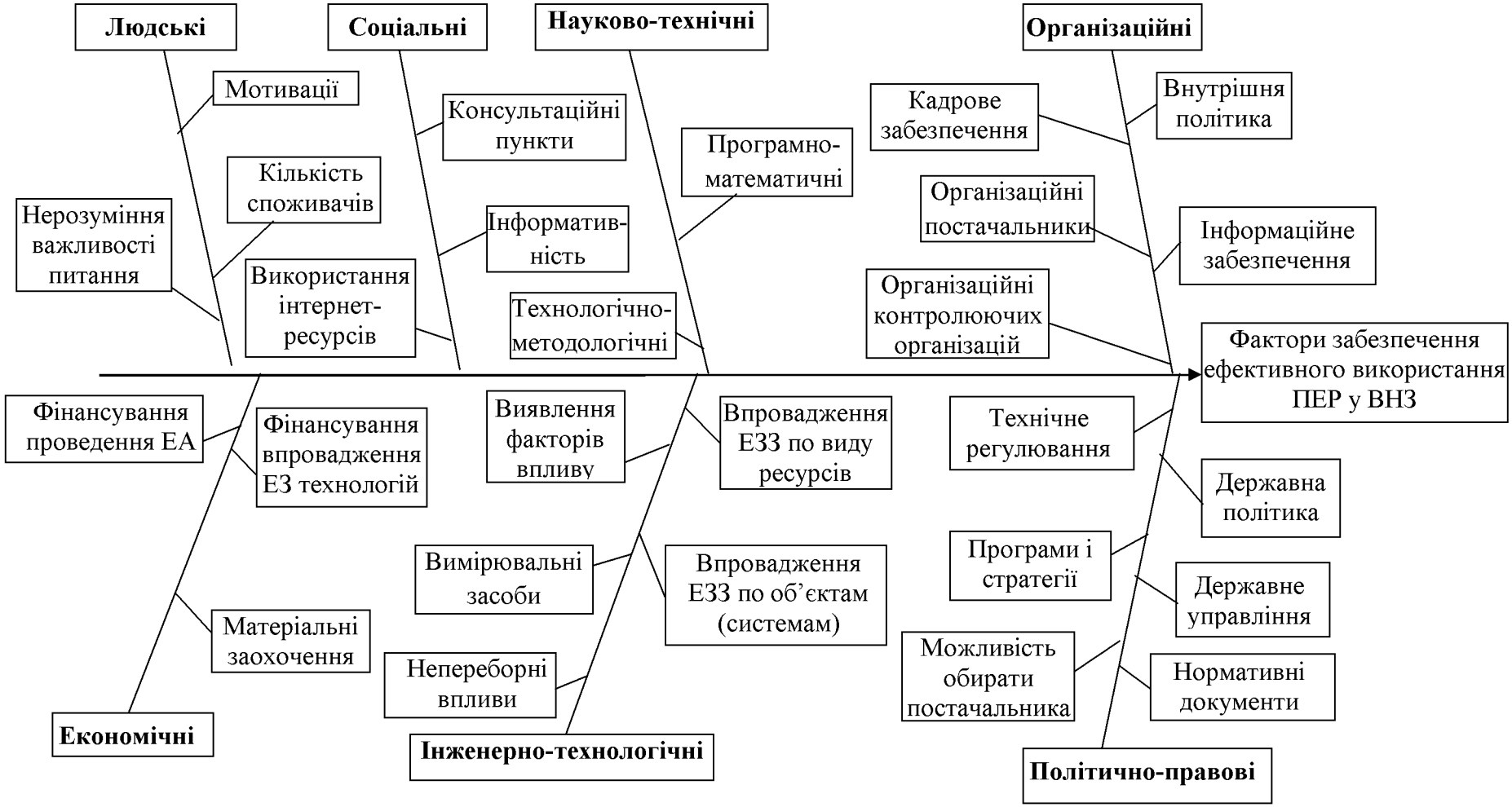

Рис. 2. Схема Ісікава з факторами забезпечення ефективності використання ПЕР у навчальних закладах

Предметом аналізу в даній статті є фактори, від яких залежить енергоспоживання у закладах освіти Черкаської області. Сучасний стан аналізу можна охарактеризувати як розвинену в теоретичному плані науку. Разом з тим наука знаходиться у стані розвитку. Ведуться дослідження в області більш широкого використання математичних методів, які дозволять оптимізувати управлінські рішення.

Для виявлення впливу на проблему енергозбереження факторів забезпечення застосуємо метод попарних порівнянь (МПП) [13,14,17], який має великі потенційні можливості у розв'язанні задач прийняття рішень. Результатом проведення аналізу за допомогою цього методу буде виявлення пріоритетності та ваги факторів, від яких залежить ефективне використання енергії. Такі задачі відносяться до задач нематематичної статистики [17].

Вхідними даними для розв'язання поставленої задачі є вершини причинно-наслідкової діаграми (див. рис. 2), яким присвоюємо такі індекси: X_1 – організаційний, X_2 – інженерно-технологічний, X_3 – соціальний, X_4 – політично-правовий, X_5 – науково-технічний, X_6 – економічний, X_7 – людський.

Ступінь важливості (пріоритету) серед факторів визначено за допомогою експертних оцінок. Для виконання цього етапу задачі було запрошено п'ять експертів в галузі енергетики. Вони попарно оцінювали фактори забезпечення, виходячи з умов, що фактори мають три ступеня вагомості: «>», «<», «=». Оцінки переведені у кількісний вид: знак «>» – 1,5, знак «<» – 0,5 і знак «=» – 1. Дані їх опитування занесені в табл. 1.

Підсумкову (середню) оцінку отримуємо як результат опитування всіх експертів за формулою

$$k_1 = \frac{\sum_{i=1}^{m} B_i}{m},$$

де B_i – значення ступеня вагомості фактору, визначене кожним експертом; m – кількість експертів.

Це перша середня оцінка.

Значення оцінок k_1 і k_2 повинні бути визначені для кожної порівнюваної пари. Середня оцінка k_2 визначається за формулою

$$k_2 = 2 - k_1.$$

Таблиця 1. Експертна оцінка факторів

Порівнювані пари	Найменування порівнюваних пар		Експерти					Середня оцінка порівняння факторів	
			1	2	3	4	5	перша	друга
$X_1 - X_2$	Організаційний	Інженерно-технологічний	1,5	0,5	0,5	1,5	0,5	0,9	1,1
$X_1 - X_3$	Організаційний	Соціальний	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5
$X_1 - X_4$	Організаційний	Політично-правовий	1	1	0,5	1,5	1,5	1,1	0,9
$X_1 - X_5$	Організаційний	Науково-технічний	1	0,5	1,5	0,5	0,5	0,8	1,2
$X_1 - X_6$	Організаційний	Економічний	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1,4	0,6
$X_1 - X_7$	Організаційний	Людський	1,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,1	0,9
$X_2 - X_3$	Інженерно-технологічний	Соціальний	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5
$X_2 - X_4$	Інженерно-технологічний	Політично-правовий	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1,4	0,6
$X_2 - X_5$	Інженерно-технологічний	Науково-технічний	1	1	1,5	1,5	1	1,2	0,8
$X_2 - X_6$	Інженерно-технологічний	Економічний	0,5	1,5	0,5	1,5	1,5	1,1	0,9
$X_2 - X_7$	Інженерно-технологічний	Людський	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	1,3	0,7
$X_3 - X_4$	Соціальний	Політично-правовий	0,5	1	1	0,5	0,5	0,7	1,3
$X_3 - X_5$	Соціальний	Науково-технічний	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5
$X_3 - X_6$	Соціальний	Економічний	1	1,5	0,5	1	1,5	1,1	0,9
$X_3 - X_7$	Соціальний	Людський	0,5	1	1	1,5	1,5	1,1	0,9
$X_4 - X_5$	Політично-правовий	Науково-технічний	0,5	1,5	1,5	0,5	0,5	0,9	1,1
$X_4 - X_6$	Політично-правовий	Економічний	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	1,3	0,7
$X_4 - X_7$	Політично-правовий	Людський	0,5	0,5	1	0,5	1,5	0,8	1,2
$X_5 - X_6$	Науково-технічний	Економічний	1,5	1	0,5	1,5	1,5	1,2	0,8
$X_5 - X_7$	Науково-технічний	Людський	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,3	0,7
$X_6 - X_7$	Економічний	Людський	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,3	0,7

На підставі даних експертного опитування заповнюємо таблицю пріоритету факторів табл. 2.

Таблиця 2. Пріоритети факторів забезпечення

Індекс фактора	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	Визначення пріоритету		Пріоритет фактора	Вага фактора, %
								сума	$K_{\text{пр}}$		
X_1	0	0,9	1,5	1,1	0,8	1,4	1,1	6,8	0,076	3	16,2
X_2	1,1	0	1,5	1,4	1,2	1,1	1,3	7,6	0,084	1	18,1
X_3	0,5	0,5	0	0,7	0,5	1,1	1,1	4,4	0,049	7	10,5
X_4	0,9	0,6	1,3	0	0,9	1,3	0,8	5,8	0,064	4	13,8
X_5	1,2	0,8	1,5	1,1	0	1,2	1,3	7,1	0,079	2	16,9
X_6	0,6	0,9	0,9	0,7	0,8	0	1,3	5,2	0,058	5	12,4
X_7	0,9	0,7	0,9	1,2	0,7	0,7	0	5,1	0,057	6	12,1

Коефіцієнт пріоритету $K_{\text{пр}}$ факторів впливу знаходимо за формулою

$$K_{\text{пр}} = \frac{\sum_{i=1}^{m-1} k_i}{n(n-1)},$$

де значення $\sum_{i=1}^{m-1} k_i$ береться із стовпця «сума» табл. 2; n – кількість порівнюваних факторів.

Вагу фактора розраховуємо за відсотковою шкалою. Визначаємо, скільки відсотків від цілого складає кожен з факторів за формулою

$$B_{i\ \text{факт}} = \frac{K_{i_{\text{пр}}}}{\sum_{i=1}^{m} K_{i_{\text{пр}}}} \cdot 100\,\%,$$

де m – кількість порівнюваних факторів.

Дані розрахунку занесені в табл. 2.

Для візуалізації пріоритетності та ваги факторів забезпечення застосуємо графічний метод статистичного аналізу – діаграму Парето за допомогою статистичного програмного комплексу «STATISTICA» (рис. 3).

Ця діаграма візуально показує вклад кожного з факторів забезпечення у загальну вагу проблеми управління енергозбереженням. Діаграма Парето – це особлива форма вертикального стовпчикового графіка, який допомагає визначити, які є проблеми і порядок їх розв’язання.

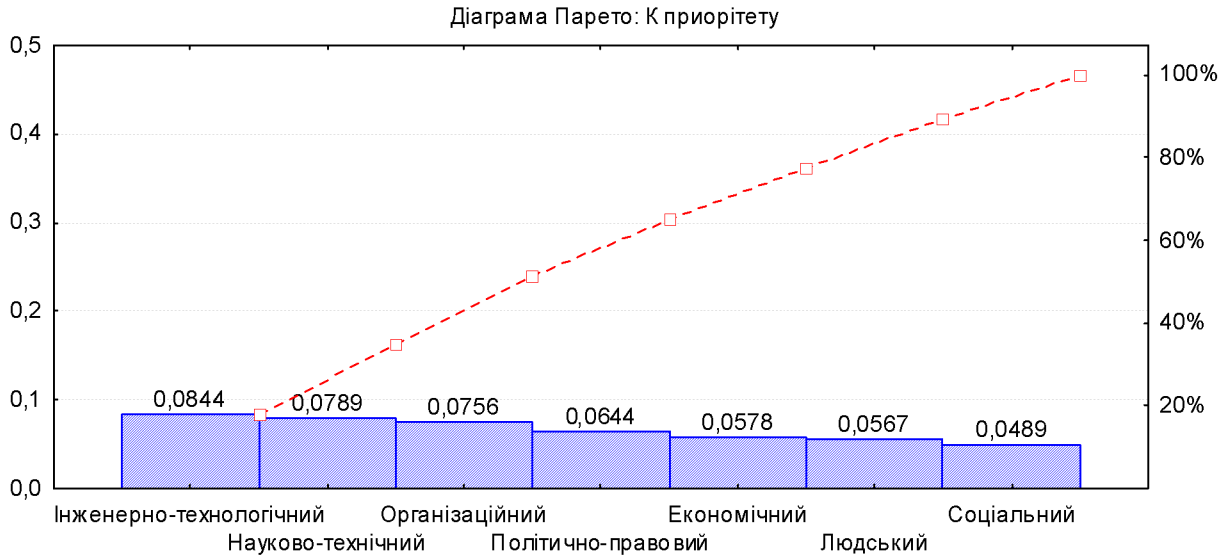

Рис. 3. Діаграма Парето з пріоритетністю та вагою факторів забезпечення

Висновки

1. Запропонований новий методологічний підхід до визначення факторів впливу та факторів забезпечення на рівень енергоспоживання у навчальних закладах Черкаської області дозволяє підвищити якість аналізу факторів, від яких залежить споживання ПЕР, і визначити пріоритети та вагу факторів, які впливають на енергоспоживання у закладах освіти.

2. Виявлено, що найголовніші фактори забезпечення – інженерно-технологічні, науково-технічні, організаційні і політично-правові. Вага цих факторів, а отже, і вклад у процес управління енергозбереженням, має найвищі значення.

3. Застосування методики для аналізу проблеми енергозбереження в установах освіти дозволить визначити основні напрямки впливу на управління енерговикористанням, дасть можливість візуально показати напрямок першочергових рішень для поліпшення стану енергозбереження у закладах освіти.

1. *Тимчасове положення* про порядок проведення енергетичного обстеження підприємств і атестації спеціалізованих організацій на право його проведення № 49 від 12.05.1997 р.

2. *Енергетичний аудит*: Навчальний посібник / О. І. Соловей, В. П. Розен, Ю. Г. Лега, О. О. Ситник, А. В. Чернявський, Г. В. Курбака. – Черкаси: ЧДТУ, 2005. – 299 с.

3. *Маляренко В. А., Немировский И. А.* Энергосбережение и энергетический аудит. Учебное пособие / Под ред. проф. В. А. Маляренко. – Харьков: ХНАГХ, 2008. – 253 с.

4. *Бодюк А. В., Циба Р. П., Хотянівська Н. В.* Централізоване управління енергозбереженням // Энергосбережение. – № 10. – 2007.

5. *Башмаков А. И.* Повышение энергоэффективности в организациях бюджетной сферы // Энергосбережение. – № 6. – 2009.

6. *Вагин Г. Я., Лоскутов А. Б.* и др. Энергоаудит организаций бюджетной сферы Нижегородского региона // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. – № 1. – 1999 г.

7. *Закон України* „Про електроенергетику ” від 16.10.1997 № 575.

8. *Ковалко М. П., Денисюк С. П.* Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / Відп. ред. А. К. Шидловський. – К.: УЕЗ, 1998. – 506 с.

9. *Огвоздин В. Ю.* Управление качеством. Основы теории и практики: Учебное пособие. – М.: Дело и сервис. – 1999. – 160 с.

10. *Ильенкова С. Д., Ильенкова Н. Д. и др.* Учебник для вузов / Под. ред. С. Д. Ильенковой. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 199 с.

11. *Шегда А. В.* Менеджмент: Підручник. – К.: Знання, 2004. – 687 с.

12. *Шаповал М. І.* Менеджмент якості: Підручник. – К.: Знання, 2006. – 471 с.

13. *Горлова Л. П., Крыжановская Е. П., Муровская В. В.* Организация функционально-стоимостного анализа на предприятии. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 127 с.

14. *Карпунин М. Г., Толмачев А.В.* Внедрение ФСА в электротехнической промышленности // Электротехническая промышленность. Общеотраслевые вопросы. – 1978. – № 2. – С. 3–4.

15. *Окрипелов В. В.* Управление качеством: Учебник для вузов / 2-е изд., доп. и перераб. – М.: ОАО «Изд-во «Экономика», 1998. – 639 с.

16. *Таранов П. С.* Маневры общения. – Донецк: Сталкер, 1999. – 432 с.

17. *Орлов А. И.* Нечисловая статистика. – М.: МЗ-Пресс, 2004. – 513 с.

18. *Экономический анализ*: Учебное пособие для самостоятельного изучения дисциплины. – Харьков: ИД «ИНЖЕК», 2003. – 208 с.