

УДК 621.311

## РАНЖУВАННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ЗА ЕКСПЕРТНОЮ ОЦІНКОЮ

*К.Г. Петрова, аспірант,  
С.В. Серебренніков, кандидат технічних наук  
Кіровоградський національний технічний університет*

*Досліджено селективність методів регулювання режимів електро-споживання для виокремлених рівнів регіональної електроенергетичної системи. Статистично обґрунтовано пріоритет застосування певного методу на кожному з рівнів.*

*Управління електроспоживанням, рівні електроенергетичної системи, експертна оцінка, ранжування.*

Однією з нагальних проблем електроенергетики України є нерівномірність електроспоживання в часі, що обумовлюється характером попиту споживачів на електроенергію (ЕЕ) протягом доби, тижня, сезону, року. Вирівнювання графіків електронавантаження (ГЕН) сприяє підтриманню балансу ЕЕ, скороченню кількості маневрових електростанцій, заощадженню паливно-енергетичних ресурсів, зменшенню втрат ЕЕ, підвищенню її якості тощо.

Тому, особливої актуальності набуває дослідження методів комплексного цілеспрямованого регулювання електронавантаження у часі на всіх рівнях електроенергетичної системи (ЕЕС).

Питання вирівнювання добових та річних ГЕН почали розглядатись з 30-х років минулого сторіччя [1]. Проте, зазвичай, дослідження зосереджувались лише на одній досить специфічній галузі (наприклад, у [6] розглянуті гірничо-видобувні та збагачувальні підприємства, у [4,7,8] – гірничо-металургійні комплекси, у [5] – регулювання електроспоживання залізничним транспортом, у [3] – оптимізація режимів електроспоживання підприємств хімічної промисловості) і, як наслідок, відсутній інструментарій комплексного впливу на всі групи споживачів.

Управляти електроспоживанням можна за допомогою інструментальних методів прямого впливу: техніко-технологічних (ТТМ), адміністративних (АМ), організаційних (ОМ) та інституціональних методів опосередкованого впливу: економічних (ЕМ), нормативних (НМ), інформаційно-пропагандистських (ІПМ) тощо.

На часі є визначення пріоритету їхнього застосування та селективної чутливості рівнів ієрархічної структури ЕЕС до кожного з методів впливу, яка визначається ступенем економічної, технічної, екологічної, соціальної або іншої доцільності.

**Мета роботи** – ранжування методів управління режимами електроспоживання за дієвістю по ієрархічних рівнях ЕЕС методом експертних

оцінок для підвищення ефективності їх застосування.

**Матеріал і результати дослідження.** Для оцінювання дієвості впливу методів управління режимом електроспоживання на різних ієрархічних рівнях ЕЕС було опитано 7 експертів-аналітиків, фахівців з управління режимами електроспоживання. Експертам було запропоновано оцінити пріоритет того чи іншого методу на різних ієрархічних рівнях за 6-бальною системою, де 6 – відповідає найбільш сильному впливові, 1 – найменшому.

Для визначення ступеню погодженості експертів та отримання кінцевого висновку було застосовано методику статистичної обробки оцінки фахівців [2].

Ранжування проводилось для 6 методів, вплив яких оцінувався для 5 рівнів ЕЕС: I рівень – виробнича операція, II рівень – технологічний процес, III рівень – окремих споживач, IV – вузлова підстанція, V рівень – обласна енергокомпанія. Результати опитування та їх обробки представлені у табл.1, де на перетині рядка, що відповідає  $i$ -му експерту та стовпчика, що відповідає  $j$ -му методу, знаходиться оцінка  $i$ -го експерта для  $j$ -го методу.

**1. Результати ранжування методів для I рівня (виробнича операція) згідно думок експертів**

N експерта з/п	Найменування методів						$T_u$
	Техніко-технологічний	Нормативний	Організаційний	Адміністративний	Економічний	Інформаційно-пропагандистський	
	Ранги методів						
1	5	3	3	1	5	2	12
2	5	2	2	1	3	1	12
3	6	1	4	3	2	1	6
4	6	5	4	3	4	1	6
5	6	5	3	2	4	1	-
6	6	5	4	3	2	1	-
7	6	4	5	1	3	2	-
$S_i$	40	25	25	14	23	9	36
Середня оцінка методу, $S_{cp}$	5,71	3,57	3,57	2,00	3,29	1,29	-
$L_j$	15,5	0,5	0,5	-10,5	-1,5	-15,5	-
$L_j^2$	240,25	0,25	0,25	110,25	2,25	240,25	-
Ступінь впливу методу	1	2	2	4	3	5	

Знаходимо суми рангів  $S_i$  відповідних методів:

$$S_1 = \sum_{j=1}^m x_{ij} = 5 + 5 + 6 + 6 + 6 + 6 + 6 = 40,$$

де  $m$  – кількість експертів, що беруть участь у оцінюванні.

$x_{ij}$  – оцінка (ранг)  $i$ -го експерта для  $j$ -го методу.

Показник однаковості впливу  $n$  методів  $T_u = \sum_{u=1}^n (t_u^3 - t_u)$ ,

де  $n$  – число типів зв'язаних рангів у рядку (коли вплив декількох методів оцінено як однаковий);

$t_u$  – число рівних рангів у  $u$ -му рядку.

Показник однаковості впливу за думкою першого експерта:

$$T_1 = \sum_{u=1}^n (t_u^3 - t_u) = 2^3 - 2 + 2^3 - 2 = 12.$$

Для всіх інших значень результати наведені в табл. 1, а результати ранжування на рис.1.

Відхилення  $L_j$  для першого методу (ТТМ):

$$L_1 = \left( \sum_{i=1}^m x_{ij} - a \right) = 40 - 24,5 = 15,5,$$

де  $a$  – середнє арифметичне ряду натуральних чисел, розташованих в таблиці у різному порядку,  $a = 0,5 \cdot m \cdot (k+1) = 0,5 \cdot 7 \cdot (6+1) = 24,5$ ,  $k$  – число розглянутих методів.

Знаходимо  $L_j^2$  для ТТМ:

$$L_1^2 = \left( \sum_{i=1}^m x_{ij} - a \right)^2 = 15,5^2 = 240,25.$$

Погодженість думок експертів оцінюється коефіцієнтом конкордації  $W$ . Оскільки в ранжуваннях (табл.1) є зв'язані ранги, то для I рівня ЕЕС  $W$  визначається згідно [2]:

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^k L_j^2}{m^2(k^3 - k) - m \sum_{u=1}^l T_u} = \frac{12 \cdot 593,5}{7^2(6^3 - 6) - 7 \cdot 36} = 0,7095.$$

Коефіцієнт конкордації може змінюватися у межах  $0 \leq W \leq 1$ , причому чим ближче значення  $W$  до 1, тим тісніший зв'язок між ранжуваннями експертів та надійніша групова оцінка.

Оскільки  $W$  є випадковою величиною, то це вимагає додаткової перевірки її значимості, зокрема – з використанням коефіцієнта Пірсона:

$$\chi_{розр}^2 = W \cdot m \cdot (k-1) = 0,7095 \cdot 7 \cdot (6-1) = 24,83.$$

Число ступенів свободи:

$$\gamma = k - 1 = 6 - 1 = 5.$$

Порівняння розрахункового значення  $\chi_{розр}^2$  з табличним критичним значенням  $\chi_{кр}^2$  для 5 % рівня значимості ( $\alpha = 0,05$ ) та кількості ступенів свободи 5 дозволяє відкинути або підтвердити гіпотезу про визнання думок експертів узгодженими. З [2]:  $\chi_{кр}^2 = 11,07$ . Так як  $\chi_{розр}^2 > \chi_{кр}^2$ ,  $24,83 > 11,07$ , то думки експертів є узгодженими.

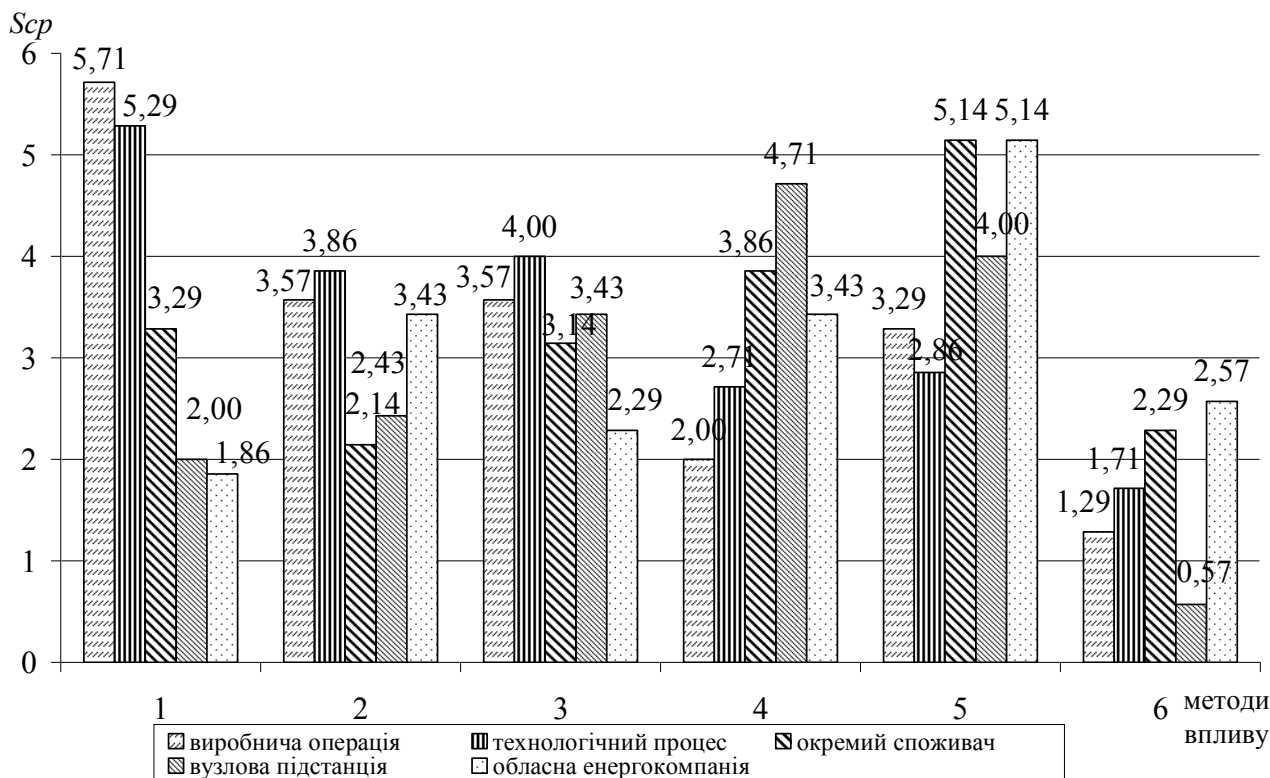
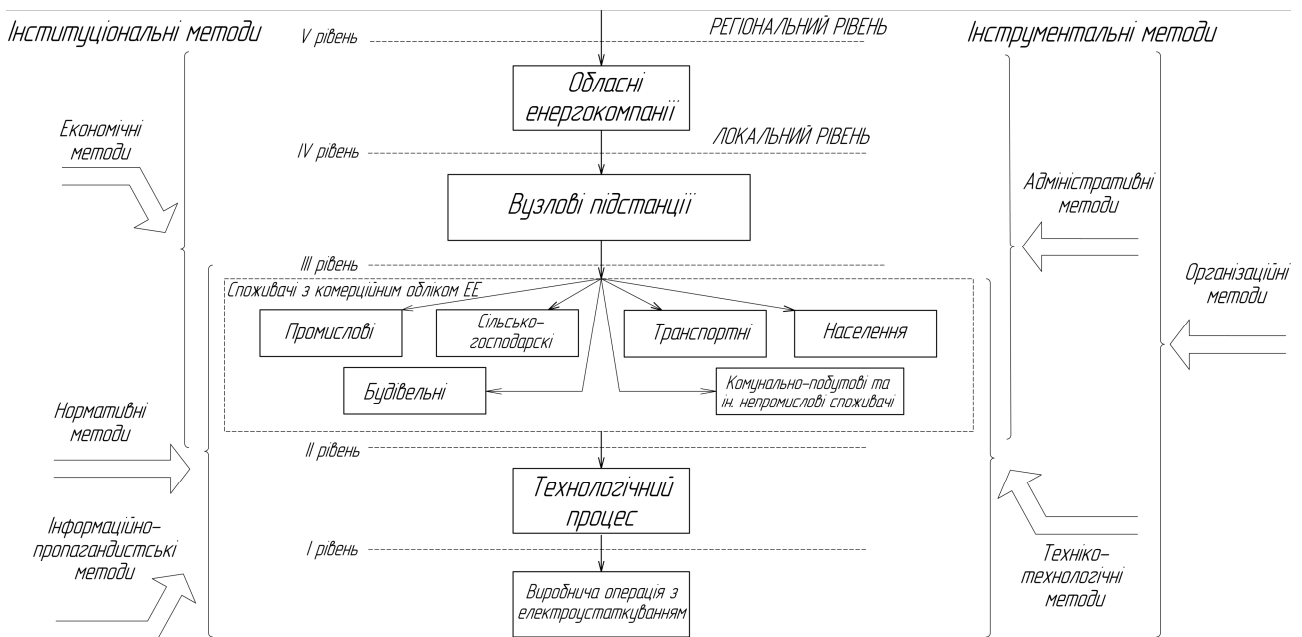


Рис. 1. Результати ранжування у вигляді гістограми для I–V рівня (1 – ТТМ, 2 – НМ, 3 – ОМ, 4 – АМ, 5 – ЕМ, 6 – ППМ)

## 2. Показники ранжування методів впливу за рівнями

№ з/п	Назва рівня	Коефіцієнт конкордації $W$	Коефіцієнт Пірсона $\chi^2_{розр}$	Методи впливу у порядку значимості
1	Виробнича операція з електроустаткуванням	0,7095	24,83	1. ТТМ; 2. НМ; 3. ОМ; 4. ЕМ; 5. АМ; 6. ППМ
2	Технологічний процес	0,458	16,03	1. ТТМ; 2. ОМ; 3. НМ; 4. ЕМ; 5. АМ; 6. ППМ
3	Окремий споживач з комерційним обліком електричної енергії	0,3747	13,11	1. ЕМ; 2. АМ; 3. ТТМ; 4. ОМ; 5. НМ; 6. ППМ
4	Вузлова підстанція	0,8199	28,7	1. АМ; 2. ЕМ; 3. ОМ; 4. НМ; 5. ТТМ; 6. ППМ
5	Обласна енергокомпанія	0,4674	16,36	1. ЕМ; 2. АМ; 3. НМ; 4. ППМ, 5. ОМ; 6. ТТМ

Отже, найбільша узгодженість експертів спостерігається на I та IV рівнях, найнижча – на III, в цілому думки експертів приймаються узгодженими для всіх рівнів так, як розрахункові коефіцієнти Пірсона більші за табличні.



**Рис. 2. Пріоритет застосування методів управління ГЕН структурних рівнів ЕЕС**

### Висновки

1. Статистична обробка результатів опитування 7 експертів довела коректність ранжування інституціональних та інструментальних методів за ступенем впливу на виокремлених структурних рівнях ЕЕС.
2. Комплексне застосування методів на різних рівнях дозволяє суттєво підвищити результативність управління режимами електроспоживання.
3. Подальшого удосконалення потребують економічні важелі впливу, зокрема, – тарифні системи.

### Список літератури

1. Гордеев В.И. Регулирование максимума нагрузки промышленных электрических сетей / В.И. Гордеев. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 184 с.
2. Грабовецкий. Б.Є. Основи економічного прогнозування: Навчальний посібник/ Б.Є. Грабовецкий.– Вінниця: ВФ ТАНГ, 2000. – 209 с.
3. Іншеков Є.М. Оптимізація режимів електроспоживання підприємств хімічної промисловості / Є.М. Іншеков, І.В. Калінчик // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: Зб. наук. праць КНТУ. Вип. 25, Ч. II. – Кіровоград: КНТУ, 2012. – С. 121 – 125.
4. Калінчик В.П. Структура системи моніторингу та управління електроспоживанням дробильно-помольного комплексу / В.П. Калінчик, О.В. Мейта. – К.: 2009. – 6 с. – Деп. в ДНТБ України 07.12.09, № 97–Ук 2009.
5. Мухамбетов С.Б. Управление режимом электропотребления предприятий железнодорожного транспорта / С.Б. Мухамбетов // Современные

информационные технологии в научных исследованиях, образовании и управлении: Сб. науч. трудов СФ. – Саратов: СГТУ, – 2005. – С. 85–88.

6. Праховник А. В. Управление электрической нагрузкой предприятий / А. В. Праховник, П. Я. Экель, В. П. Калинин // Общие вопросы энергетики и энергосбережения – К.: ИПЭ АН УССР. – 1991. – С. 97–105.

7. Синчук О. М. Оптимізація управління процесами енергоспоживання збагачувальних фабрик гірничо-металургійних комплексів / О. М. Синчук, В. О. Удовенко // Технічна електродинаміка. – К.: Силова електроніка та енергоефективність. – 2002 – Ч. 3. – С. 72-75.

8. Шеметов А. Н. Моделирование электропотребления при агломерации железных руд с использованием методов нечеткой идентификации / А. Н. Шеметов. – М., 2002. – 9 с. Деп. в ВИНТИ 28.05.02, № 944 – В.

*Исследована селективность методов регулирования режимов электропотребления для выделенных уровней региональной электроэнергетической системы. Статистически обосновано приоритет использования определенного метода на каждом из уровней.*

***Управление электропотреблением, уровни электроэнергетической системы, экспертная оценка, ранжирование.***

*Investigated the selectivity methods of control for electric power consumption modes for particular levels of regional power system. Priority use of a particular method on each of the levels substantiated by statistically.*

***Regime of power consumption, levels of power system, expert's estimate, ranking.***