

Прищепя Я. О., аспірант, ORCID: 0009-0008-5049-4826,

наук. керівник: канд. техн. наук, доцент А. І Замулко,

ORCID: 0000-0001-8018-6332,

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЕКСПЕРТНІ МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ В ЗАДАЧАХ ОЦІНКИ БЕЗПЕКИ ПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

EXPERT EVALUATION METHODS IN ELECTRICITY SUPPLY SECURITY ASSESSMENT TASKS

Анотація. У статті досліджено застосування експертних методів оцінювання для вирішення завдань моніторингу та контролю безпеки постачання електричної енергії в Україні. В умовах високої невизначеності та обмеженості статистичних даних використання експертних оцінок висококваліфікованих фахівців дозволяє об'єктивізувати якісні характеристики енергосистеми. У дослідженні взяли участь 89 експертів із різних секторів енергетики. На основі їхніх суджень визначено вагові коефіцієнти для шести ключових індикаторів безпеки постачання та формалізовано порогову шкалу станів ОЕС України. Отримані результати підтверджують ефективність інтеграції експертних методів у систему державного моніторингу для прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Бібл. 5, табл. 2.

Ключові слова: безпека постачання електроенергії, експертні методи оцінювання, індикативний підхід, вагові коефіцієнти, порогові значення, енергетичний моніторинг.

Abstract. This article examines the application of expert assessment methods to address the challenges of monitoring and controlling the security of electricity supply in Ukraine. Given the high level of uncertainty and the limited availability of statistical data, the use of expert assessments by highly qualified specialists allows for the objective evaluation of the power system's qualitative characteristics. The study involved 89 experts from various sectors of the energy industry. Based on their judgments, weighting coefficients were determined for six key indicators of supply security, and a threshold scale for the states of Ukraine's power system was formalized. The results confirm the effectiveness of integrating expert methods into the state monitoring system for making informed management decisions. Ref. 5, Tabl. 2.

Keywords: security of electricity supply, expert assessment methods, indicative approach, weighting coefficients, threshold values, energy monitoring.

Вступ. Трансформація об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України в умовах інтеграції до європейської мережі ENTSO-E [1] та постійних викликів цілісності інфраструктури вимагає впровадження нових, адаптивних методів контролю безпеки постачання. Безпека постачання електричної енергії є стратегічним показником спроможності галузі задовольняти потреби споживачів у ресурсах належної якості в нормальних та надзвичайних умовах [2]. Традиційні методи моніторингу, що базуються виключно на ретроспективних статистичних даних, часто виявляються недостатніми для оцінки динамічних змін та непередбачуваних факторів впливу [3]. У зв'язку з цим постає необхідність використання експертних методів оцінювання [4], які дозволяють

трансформувати суб'єктивні знання досвідчених фахівців у структуровану кількісну інформацію. Експертний підхід є незамінним у ситуаціях, де дані обмежені, а система характеризується високим ступенем складності [5].

Застосування індикативного підходу в поєднанні з експертними методами дозволяє створити уніфікований показник безпеки постачання, який відображає технічні, операційні, ринкові та безпекові аспекти функціонування енергосистеми.

Мета роботи та завдання. Метою роботи є апробація експертних методів оцінювання для розрахунку вагових коефіцієнтів індикаторів безпеки постачання електричної енергії та встановлення релевантних порогових значень стану енергосистеми на основі думок 89 фахівців галузі.

Задачами роботи є:

- здійснити аналіз якісного та кількісного складу експертної групи (89 осіб), верифікувавши їхню компетентність.
- на основі експертних суджень визначити вагову значущість шести інтегральних індикаторів безпеки.
- формалізувати порогові рівні безпеки постачання через встановлення інтервалів оцінки інтегрального показника.
- оцінити ступінь узгодженості експертних думок та обґрунтувати придатність отриманої моделі для завдань стратегічного планування.

Матеріал і результати досліджень. Аналіз результатів дослідження розпочато з детальної характеристики експертної групи. Оскільки експерти розглядаються як «вимірювальні прилади», їхня кваліфікація є визначальним фактором надійності результатів. Велика кількість респондентів забезпечує високу репрезентативність вибірки.

Аналіз професійного профілю експертної групи. Розподіл респондентів за галузями діяльності продемонстрував чітку орієнтацію на технічний сектор. Переважна більшість – 57 осіб (64 %) – працюють у сфері електроенергетики. Значну частку складають фахівці суміжних галузей: 17 осіб представляють комбінований сектор (електроенергетика, теплоенергетика та газопостачання), а 10 осіб – поєднання електро- та теплоенергетики. Мінімальна представленість вузькоспеціалізованих секторів (газопостачання – 3 особи, теплоенергетика – 1 особа, відновлювана енергетика – 1 особа) вказує на те, що отримані оцінки відображають насамперед бачення спеціалістів «традиційної» великої енергетики, які відповідають за стабільність ОЕС в цілому. Освітній рівень групи підтверджує її високу кваліфікацію: 57 експертів мають ступінь магістра, а 29 – спеціаліста. Лише 3 особи мають рівень бакалавра, що свідчить про глибоку теоретичну підготовку респондентів. Особливу увагу приділено стажу роботи, який є індикатором практичного досвіду. Група характеризується значним досвідом: 28 респондентів працюють у галузі понад 35 років. Це забезпечує дослідження «інституційною пам'яттю» та здатністю оцінювати ризики в історичній перспективі. Водночас залучення фахівців зі стажем 0–9 років (15 осіб) та 10–15 років (11 осіб) дозволяє врахувати сучасні технологічні та цифрові тренди. Розподіл стажу від 16 до 30 років (загалом 32 особи) створює збалансований «середній сегмент» професіоналів, які знаходяться на піку кар'єри. Посадовий склад групи свідчить про практичну спрямованість

результатів. Найбільші категорії – це інспектори (29 осіб) та керівники (27 осіб). Саме ці категорії щодня стикаються з питаннями технічного нагляду та прийняттям оперативних рішень у кризових ситуаціях. Фахівці (23 особи) та інженери (4 особи) доповнюють групу детальним розумінням техніко-технологічних процесів на рівні обладнання.

Визначення пріоритетності індикаторів безпеки постачання. Після верифікації компетентності групи було розраховано вагові коефіцієнти для шести інтегральних індикаторів в табл. 1. Процес нормалізації дозволив встановити ієрархію пріоритетів, яка відображає сучасний стан енергетичного сектору.

Таблиця 1. Індикатори безпеки постачання електричної енергії

Індикатор безпеки постачання	Нормалізована вага
1. Балансова надійність та технічне обслуговування	0,17
2. Забезпечення первинними енергоресурсами	0,17
3. Забезпечення операційної безпеки	0,17
4. Кібербезпека та захист інфраструктури	0,17
5. Безперебійне функціонування ринку електроенергії	0,16
6. Розвиток розподіленої генерації	0,16

Аналіз отриманих ваг демонструє цікаву закономірність: експерти оцінили перші чотири індикатори як рівнозначно важливі (0,17). Це свідчить про те, що безпека постачання сприймається як комплексна система, де неможливо виділити один домінуючий фактор. Балансова надійність (здатність генерувати достатньо потужності) нерозривно пов'язана з наявністю ресурсів (палива), операційною безпекою (стабільністю мереж) та кіберзахистом систем управління. Смертельна загроза для будь-якого з цих компонентів автоматично призводить до колапсу всієї системи.

Дещо нижча вага ринкового фактора та розподіленої генерації (0,16) не вказує на їхню другорядність, а скоріше відображає позицію експертів щодо них як «інструментів» забезпечення надійності, а не кінцевих цілей. Розподілена генерація розглядається як засіб підвищення живучості системи в локальних вузлах, але її вага в загальнодержавному балансі поки що оцінюється експертами як така, що має менший вплив на системну стійкість порівняно з великими ТЕС чи АЕС.

Формалізація шкали оцінювання стану безпеки. В табл. 2 на основі консенсусу експертної групи було формалізовано п'ятиступеневу шкалу, яка дозволяє класифікувати стан енергосистеми за числовим значенням інтегрального показника. Шкалу згруповано у три основні стани залежно від рівня задоволення потреб споживачів.

Перевищення порогу 0,58 свідчить про наявність достатніх резервів потужності та стабільність мережевих параметрів. Передкризовий інтервал (0,5–0,58) є сигналом для вжиття превентивних заходів, а падіння показника нижче 0,5 класифікується експертами як критична ситуація, що вимагає негайного втручання та застосування спеціальних алгоритмів управління навантаженням.

Таблиця 2. Шкала стану безпеки постачання електричної енергії

Стан безпеки постачання	Оцінка рівня (інтервал)	Ступінь бажаності
Нормальний	$>0,58$	Дуже високий / Високий
Передкризовий	$0,58-0,5$	Задовільний
Кризовий	$<0,5$	Низький / Дуже низький

Аналіз узгодженості та достовірності. Обробка результатів показала, що стандартне відхилення оцінок експертів становить близько 30 % від середнього значення. Для суб'єктивних суджень такий рівень варіації вважається помірним та прийнятним, що підтверджує об'єктивність отриманої моделі. У процесі обробки було проведено виключення крайніх радикальних оцінок, які могли спотворювати підсумкові значення, що характерно для дельфійських методів та анкетування.

Експерти відзначили, що найбільш критичним фактором, який впливає на стабільність показників, є зміна рівнів напруги в мережах та дефіцит фінансування технічного обслуговування. Це підтверджує практичну орієнтованість експертних методів, які дозволяють виділити «вузькі місця» системи без громіздких математичних розрахунків.

Наукова новизна дослідження полягає у формалізації експертного підходу до оцінювання безпеки постачання електричної енергії шляхом визначення вагових коефіцієнтів ключових індикаторів та розроблення інтегральної моделі оцінки стану енергосистеми. На основі опитування 89 експертів енергетичної галузі визначено пріоритетність шести індикаторів безпеки постачання та запропоновано шкалу порогових значень інтегрального показника, що дозволяє класифікувати стан енергосистеми на нормальний, передкризовий і кризовий та створює методичну основу для впровадження індикативного моніторингу безпеки постачання електроенергії в системі державного управління.

Висновки. Залучення 89 експертів із високим рівнем кваліфікації (64 % – магістри) та значним професійним стажем (31 % респондентів мають досвід понад 35 років) дозволило сформувати репрезентативну базу знань, необхідну для об'єктивізації складних характеристик безпеки енергосистеми. Використання анонімного анкетування на базі Google Forms та 9-бальної шкали парних порівнянь підтвердило ефективність експертних методів як інструменту для зняття невизначеності в умовах дефіциту статистичної інформації.

Математична обробка результатів виявила паритетну значущість ключових індикаторів, де балансова надійність, операційна стійкість, паливозабезпечення та кіберзахист отримали однакові вагові коефіцієнти (0,17). Це підкреслює консолідовану позицію фахівців щодо системного характеру безпеки постачання, де стабільність ОЕС України залежить від збалансованого контролю всіх технічних та безпекових аспектів одночасно, а розвиток ринку та розподіленої генерації (вага 0,16) виступають ключовими інструментами підтримки цієї стійкості.

Сформована на основі експертного консенсусу шкала порогових значень (нормальний стан $>0,58$; кризовий $<0,5$) створює об'єктивне методичне

підґрунтя для переходу до індикативного моніторингу на державному рівні. Запропонована модель дозволяє Міністерству енергетики України оперативно ідентифікувати перехід системи у передкризовий стан та обґрунтовувати пріоритетність управлінських рішень для забезпечення живучості критичної інфраструктури та безперебійного живлення споживачів.

Список використаних джерел

1. Chernyak O., Shevchuk O., Kovalenko O. (2023). SMART Integration of Ukraine's Energy System into the EU Energy Market. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. URL: <https://jeej.wunu.edu.ua/index.php/enjee/article/view/1858> (дата звернення 25.03.2026).
2. Про ринок електричної енергії: Закон України, 2017 р. № 1909-IX. Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (дата звернення 25.03.2026).
3. Костишин В. С., Коваль К. О. (2023). Аналіз методів моніторингу та прогнозування стану енергетичних систем. Вінницький національний технічний університет. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/49700/24353.pdf?sequence=3&isAll owed=y> (дата звернення 25.03.2026).
4. Олексієнко Р., Донець А. Місце експертної оцінки у прийнятті управлінських рішень. *Економіка та суспільство*. 2021. № 26. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-26-59> (дата звернення 25.03.2026).
5. Зінов'єва І. С. (2024). Моніторинг та оцінювання енергетичної безпеки електроенергетичних систем в умовах сучасних викликів. *Енергетична безпека: проблеми та перспективи*. URL: http://obrii.org.ua/usec/storage/article/Zinovieva_2024_133.pdf (дата звернення 25.03.2026).

References

1. Chernyak O., Shevchuk O., Kovalenko O. (2023). SMART Integration of Ukraine's Energy System into the EU Energy Market. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. URL: <https://jeej.wunu.edu.ua/index.php/enjee/article/view/1858> (accessed 25.03.2026).
2. On the Electricity Market: Law of Ukraine, 2017 No. 1909-IX. Official website of the Verkhovna Rada of Ukraine. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (accessed 25.03.2026). (Ukr)
3. Kostyshyn V. S., Koval K. O. (2023). Analysis of Methods for Monitoring and Forecasting the State of Energy Systems. Vinnytsia National Technical University. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/49700/24353.pdf?sequence=3&isAllowed=y> (accessed 25.03.2026). (Ukr)
4. Oleksiienko R., Donetsk A. (2021). The Role of Expert Evaluation in Management Decision-Making. *Economy and Society*, No. 26. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-26-59> (accessed 25.03.2026). (Ukr)
5. Zinovieva I. S. (2024). Monitoring and Assessment of Energy Security of Electric Power Systems under Modern Challenges. *Energy Security: Problems and Prospects*. URL: http://obrii.org.ua/usec/storage/article/Zinovieva_2024_133.pdf (accessed 25.03.2026). (Ukr)