

УДК 504: 621.3

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.1-58.43>

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО РАЦІОНАЛЬНОГО ВИБОРУ ГЕНЕРАТОРА

Пронь О.В.

Державний університет «Київський авіаційний інститут»

пр. Любомира Гузара, 1, 03058, м. Київ

oleksandr.pron@npp.nau.edu.ua

В роботі розглянуто важливість комплексного підходу до раціонального вибору генератора. Метою роботи є розробка алгоритму вибору генератора на основі методики експертних оцінок.

Розроблений алгоритм вибору генератора здійснюється на основі вагових критеріїв. Методом експертних оцінок були визначені та обрані дані критерії, шляхом обговорення та узгодження групою експертів. До них ввійшли: релейні: автоматичний запуск; сертифікація та стандартизація; сервісне обслуговування; система стабілізації напруги (AVR); відповідність екологічним стандартам; кількісні: потужність; рівень шуму; витрати палива; час безперервної роботи; вартість; експлуатаційні витрати; об'єм паливного бака; якісні: надійність та довговічність; зручність інтерфейсу; зворотній зв'язок з виробником; інструкція та документація.

В роботі пропонуються універсальні шаблони та алгоритми, які допомагають визначити оптимальний варіант генератора для різних умов експлуатації, спираючись на кількісні, якісні та релейні критерії.

Результати дослідження демонструють можливість значного зниження екологічного навантаження при збереженні економічної та технічної ефективності, що підкреслює важливість інтеграції екологічних критеріїв у процес прийняття рішень щодо вибору генераторів. Встановлено, що інтеграція екологічних критеріїв у процес прийняття рішень щодо вибору генераторів сприяє зниженню екологічного навантаження на навколишнє середовище, зокрема за рахунок зменшення шкідливих викидів.

В роботі визначені подальші дослідження, які будуть спрямовані на інтеграцію інших факторів, таких як варіативність вартості палива, прогнозування змін у законодавстві щодо викидів та аналіз життєвого циклу генераторів. Це дозволить сформулювати оптимізаційну математичну модель, яка персонально формулюватиме вимоги для вибору електрогенератора та відповідатиме заданим умовам. *Ключові слова:* раціональний вибір генераторів, метод експертних оцінок, комплексний підхід, шкідливі викиди електрогенераторів.

A comprehensive approach to rational generator selection. Pron O.

The work considers the importance of a comprehensive approach to rational generator selection. The aim of the work is to develop a generator selection algorithm based on the expert assessment method.

The developed generator selection algorithm is based on important criteria. These criteria were determined and selected by the expert assessment method, through discussion and agreement by a group of experts. These criteria included: relay: automatic start; certification and standardization; service; voltage stabilization system (AVR); compliance with environmental standards; quantitative: power; noise level; fuel consumption; continuous operation time; cost; operating costs; fuel tank volume; qualitative: reliability and durability; interface convenience; feedback from the manufacturer; instructions and documentation.

The work offers universal templates and algorithms that help determine the optimal generator option for various operating conditions, based on quantitative, qualitative, and relay criteria.

The results of the study demonstrate the possibility of significantly reducing the environmental load while maintaining economic and technical efficiency, which emphasizes the importance of integrating environmental criteria into the decision-making process regarding the selection of generators. It has been established that the integration of environmental criteria into the decision-making process regarding the selection of generators contributes to the reduction of the environmental burden on the environment, in particular by reducing harmful emissions.

The work identifies further research that will be aimed at integrating other factors, such as fuel cost variability, forecasting changes in emissions legislation and generator life cycle analysis. This will allow formulating an optimization mathematical model that will personally formulate the requirements for selecting an electric generator and meet the given conditions. *Key words:* rational selection of generators, expert assessment method, integrated approach, harmful emissions of electric generators.

Постановка проблеми. Війна в нашій державі, яку розпочала Росія призводить до економічних, енергетичних, соціальних та багатьох інших витрат та втрат. Ворог не зупиняється та систематично руйнує інфраструктуру нашої держави, а особливо руйнує нашу енергетику. З жовтня 2022 року завдає масованих ракетних та безпілотних ударів. На 2023 рік втрати України становили 90% вітрової, $\frac{3}{4}$ теплової та майже 50% атомної (через окупацію Запорізької АЕС), $\frac{1}{3}$ сонячної генерації та інші [1].

Існування без енергетичної інфраструктури не завжди про комфорт населення, хоча і це в наш час надзвичайно важливо. Вкрай важливішим є забезпечення безперебійної подачі електроенергії в медичній сфері, малі підприємства та великі виробничі об'єкти, офісні будівлі, освітні установи, а також житлові комплекси. Важливо також розуміти, що раптовий збій у подачі електроенергії та, відповідно, її вимкнення, планові ремонтні роботи або аварію на лінії можуть призвести до пошкодження обладнання з чутливою електронною системою [1].

Тому керівництвом нашої держави була прийнята постанова про спрощення завезення в Україну енергетичного обладнання, зокрема генераторів і трансформаторів [2].

Але не раціональний вибір самого генератора створюватиме проблему якості повітря селітебної території. Загалом цю проблему формують транспорт та транспортна інфраструктура, електрогенератори (дизельні, бензинові, газові), промисловість та інші. Транспорт та генератори є важливими джерелами викидів шкідливих речовин в атмосферу. Вони викидають різні види забруднювачів, включаючи вуглекислий газ, оксиди азоту, сірковий діоксид та важкі метали [3]. Тому потрібний комплексний підхід до раціонального вибору генератора під конкретні завдання.

Актуальність дослідження. Актуальність теми дослідження «Комплексний підхід до раціонального вибору електрогенератору» зумовлена сучасними викликами, з якими стикається Україна через війну, розв'язану Росією. Постійні ракетні та безпілотні атаки на енергетичну інфраструктуру країни змушують споживачів електроенергії масово використовувати електрогенератори, що, в свою чергу, впливає на екологічну ситуацію в містах та селищах.

В умовах зростаючого попиту на електроенергію та необхідності зменшення негативного впливу на навколишнє середовище розробка ефективних методів вибору генераторів стає надзвичайно актуальною.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження спрямоване на розробку комплексного підходу до вибору електрогенераторів, який враховує енергетичні, економічні та екологічні аспекти. Враховуючи сучасні реалії, коли в Україні через війну, розв'язану Росією енергетична система зазнає значних руйнувань, а потреба в автономних джерелах електроенергії зростає, результати дослідження сприятимуть раціоналізації процесу вибору генераторів для різних категорій споживачів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми шкідливих викидів в атмосферу присвячено безліч робіт. Бекетов В.Є в своїй роботі досліджував рівень забрудненості [4]. Колектив авторів [5] досліджували вплив діяльності сільськогосподарських підприємств на навколишнє природне середовище.

Державна екологічна інспекція України ставить розв'язання проблем правової охорони атмосферного повітря одним із пріоритетних своїх завдань [6].

Розвитком і вдосконаленням систем моніторингу стану атмосферного повітря займаються багато авторських колективів [7-8].

Сьогодні активно онлайн-сервіс SaveEcoBot інформує про інструменти захисту довкілля, а також дозволяє моніторити інформацію про забруднення України. За допомогою SaveEcoBot можна легко

знайти та впорядкувати: інформацію про якість повітря; про радіаційний фон; про пожежі; метеорологічні дані; інформацію про кількість і типи воєнних злочинів; та багато іншого. На рис. 1. представлено середній індекс якості повітря в Києві за період з 27 січня 2022 року по 26 січня 2025 року. З якого видно, що сервіс проаналізував динаміку середнього індексу якості повітря (AQI) для дрібнодисперсного пилу фракції PM_{2.5} у місті Київ. Цей аналіз базується на даних, які розраховувалися за формулою NowCast (US EPA), та враховували різні метеорологічні показники (такі як швидкість вітру та відносна вологість). Дані дослідження характеризують основні тенденції змін якості повітря, впливу сезонних факторів, метеорологічних умов та впливу електрогенераторів в надзвичайні періоди масового відключення електроенергії.

Що стосується саме оцінки якості атмосферного повітря в Україні під час воєнних дій, то результати таких досліджень висвітлені в наступних працях [10-12].

Долженков О.В. присвячує свої наукові праці [13] вивченням наслідків впливу ракетних ударів на стан атмосферного повітря в Україні. Та зауважує, що у 2012 році ВООЗ склала рейтинг за кількістю смертей від забруднення повітря і Україна зайняла шосте місце в топі з 10 країн за показником 120 осіб на кожні 100 000 людей. І констатує, що невтішні результати були значно покращені за довоєнний період завдяки скороченню обсягів надходження шкідливих речовин у повітря.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Але проведений аналіз науково-практичної літератури [4, 5, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18] свідчить, що недостатньо вирішені питання щодо комплексного підходу до раціонального вибору електрогенератору, який буде мінімізувати вплив викидів шкідливих речовин на селітебну територію та максимізувати прибутки.

Методологічне або загальнонаукове значення. Методологічне значення полягає у розробці алгоритмів та методів вибору генераторів на основі поєднання економічних розрахунків, екологічних обмежень та енергетичних параметрів. Запропоновані методи можуть бути використані не лише в наукових дослідженнях, а й у практичній діяльності підприємств, державних установ та приватних споживачів, які потребують ефективних рішень для автономного енергозабезпечення.

Викладення основного матеріалу. Отже, для раціонального вибору електрогенератора проводилася комплексна робота, яка дозволила розробити алгоритм вибору генератора на основі методики експертних оцінок. Зазначимо, що вихідними даними для заповнення матриці є відомості по електрогенераторах на основі технічних характеристик, а також з врахуванням всіх додаткових вимог.

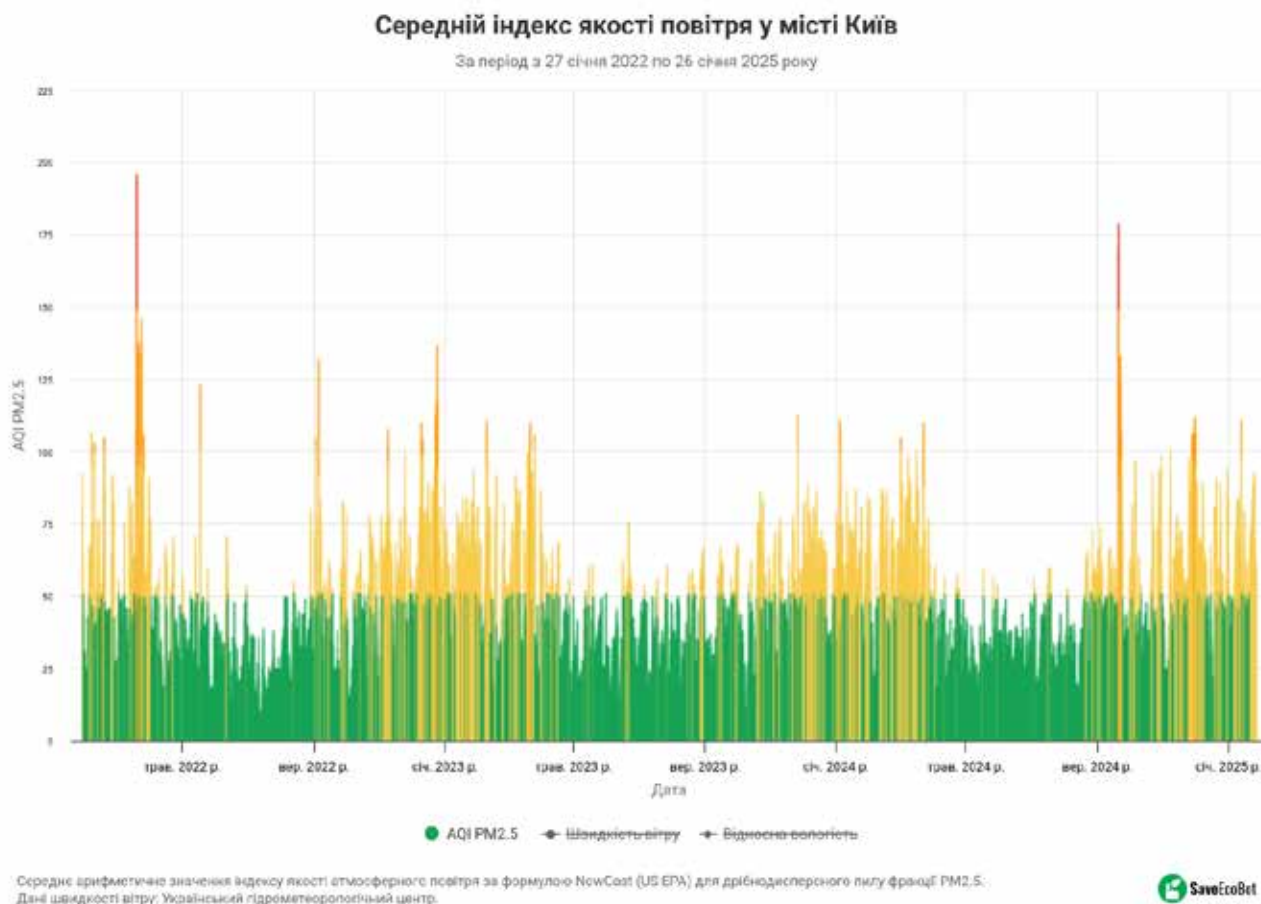


Рис. 1. Середній індекс якості повітря в Києві [10]

Джерело: розроблено автором за допомогою сервісу [14]

Автором було розроблено алгоритм вибору генератора на основі методики експертних оцінок, який представлений на рис. 2.

Отже, давайте більш детально розглянемо алгоритм вибору генератора, вважаючи що вибір здійснюється на основі кількісних, якісних та релейних показників:

1. Вибір показників (критеріїв) для оцінки вибору генератора.
2. Група показників (релейні(так, або ні), кількісні та якісні).
3. Вибір генераторів серед претендентів.
4. Формування загальної таблиці показників для всіх генераторів.
5. Перевірка відповідності показників за всіма основними обмеженнями (тут буде 2 сценарію: так або ні).
6. Ранжування показників, та розрахунок інтегральних оцінок (рейтенгу) для вибору генератора, що залишилися: а) визначення вагових коефіцієнтів; б) розрахунок кількісних показників; в) розрахунок якісних показників.
7. Вибір найкращого генератора.

За допомогою групи експертів були визначені та обрані шляхом обговорення та узгодження наступні критерії:

- до релейних: автоматичний запуск; сертифікація та стандартизація; сервісне обслуговування; система стабілізації напруги (AVR); відповідність екологічним стандартам;
- до кількісних критеріїв: потужність; рівень шуму; витрати палива; час безперервної роботи; вартість; експлуатаційні витрати; об'єм паливного бака;
- до якісних: надійність та довговічність; зручність інтерфейсу; зворотній зв'язок з виробником; інструкція та документація.

Автор в своїй роботі [15] вказує, що метод експертних оцінок базується на використанні досвіду, інтуїції та знань експертів – спеціалістів у певній фаховій галузі. В нашому випадку експерти – це високопрофесійні фахівці, з великим практичним досвідом у галузі енергетики.

Отже в таблиці 1 представлені основні критерії, які можна застосовувати при виборі електрогенератора. Але звичайно, що підбір критеріїв можна конкретно проводити під індивідуальне завдання,

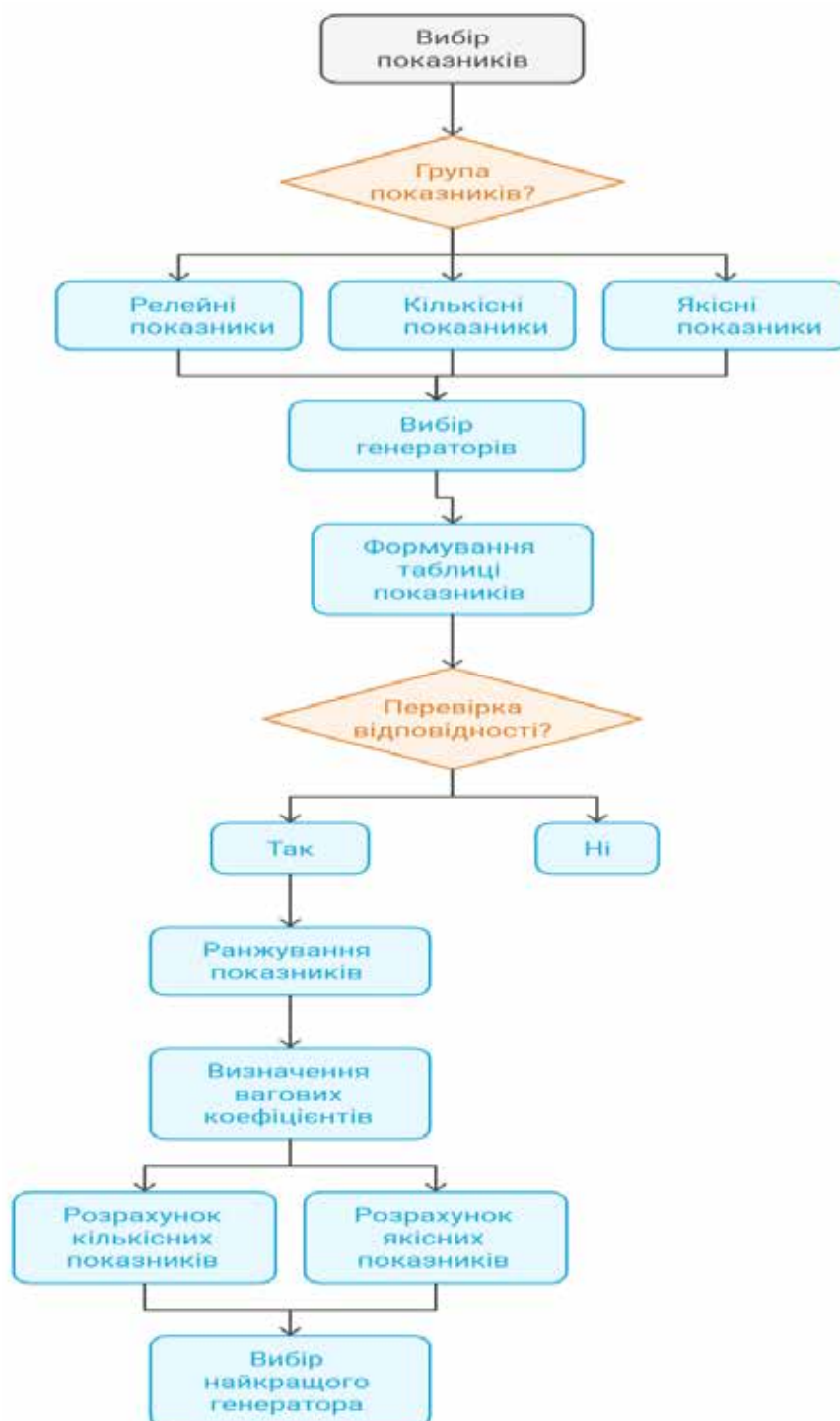


Рис. 2. Алгоритм вибору генератора

яке ставиться при виборі генератора. Тобто для яких потреб він потрібний, на якому паливі буде працювати, виробник і так далі.

На першому етапі перевіряють релейні показники та виключаються зі списку ті варіанти де є показник «ні».

Автори в своїй роботі [15] пропонують ранжування критеріїв відносно рівня їхньої важливості. Та стверджують що «на практиці має місце як повний,

так і частковий порядок ранжування локальних критеріїв, за якого можлива наявність критеріїв, які мають однаковий рівень важливості. Порядок ранжування є основою для розрахунку їхніх вагових коефіцієнтів» [16]. В нашому випадку в таблицях 1, 3, 5 представлений ранг критеріїв, які були вибрані в традиційному порядку тобто ранг 1 – найвищий, ранг 11 – найнижчий.

Наступним етапом проводиться розрахунок вагових коефіцієнтів для кількісних і якісних критеріїв

Таблиця 1

Основні критерії для вибору генератора

Номер п/п	Критерій	Генератори			Ранг
		1 варіант	2 варіант	3 варіант	
		Релейні показники			
1.	Автоматичний запуск				-
2.	Сертифікація та стандарти				-
3.	Сервісне обслуговування				-
4.	Система стабілізації напруги (AVR)				-
5.	Відповідність екологічним стандартам				-
Кількісні показники					
6.	Потужність	50	48	64	1
7.	Рівень шуму				3
8.	Витрати палива				4
9.	Час безперервної роботи				5
10.	Вартість				2
11.	Експлуатаційні витрати				7
12.	Об'єм паливного бака				6
Якісні показники					
13.	Надійність та довговічність				8
14.	Зручність інтерфейсу				10
15.	Зворотній зв'язок з виробником				9
16.	Інструкція та документація				11

при повному порядку ранжуванні, тобто коли відсутні однакові критерії за своїм рангом. Методика розрахунку загально прийнята та висвітлена в працях [15-16]. Основні формули даної методики представлені в таблиці 2.

Розрахунок кількісних оцінок проводять з урахуванням екстремуму досліджуваного критерію. Інакше кажучи необхідно встановити бажаний «max» чи «min» для кожного критерію. Наприклад, чим вищий критерій «час безперервної роботи», тим більш привабливим є генератор. Тому для критерію «час безперервної роботи» при виборі – екстремальним значенням є «max». Далі серед всіх варіантів обирають найкраще за певним екстремумом значення (таблиця 3).

У процесі вибору електрогенератора замовники послуги стикаються з необхідністю враховувати численні фактори, вони можуть виходити за межі стандартних технічних характеристик. Автор пропонує універсальні шаблони та алгоритми, які допомагають визначити оптимальний варіант генератора для різних умов експлуатації, спираючись на кількісні, якісні та релейні критерії.

Запропоновані шаблони (табл. 3 та 5) не передбачають рекомендацій конкретних брендів чи моделей. Це пов'язано з бажанням автора уникнути суб'єктивності та можливих проявів рекламного характеру. Натомість робота орієнтована на забезпечення нейтрального, науково обґрунтованого підходу до оцінки та вибору генераторів.

Розрахунок значення *якісного критерію* (Z_j) проводиться на основі функції бажаності (табл. 4).

Значення інтегральної оцінки I встановлюють на основі значень якісних та кількісних оцінок з урахуванням вагових коефіцієнтів.

Після проведених розрахунків робимо висновок щодо вибору оптимального генератора на основі експертних оцінок.

Потрібно зважати, що при обробці даних може скластися декілька результатів: коли один з варіантів набирає максимальну інтегральну оцінку або кілька варіантів набирають однакову інтегральну оцінку чи розрив відносно невеликий [16].

У разі лідирування кількох варіантів фахівцю необхідно, використовуючи метод експертної оцінки, вибрати бюджетну модель, впровадження якої на його думку, буде найефективнішим для конкретного завдання.

Головні висновки. У статті підкреслено важливість комплексного підходу до вибору електрогенераторів в умовах зростаючого попиту на автономні джерела енергії в Україні, зумовленого руйнуванням енергетичної інфраструктури. Розроблений алгоритм вибору генератора, який на основі методики експертних оцінок враховує кількісні, якісні та релейні критерії. Та розроблений алгоритм дозволяє здійснити оцінку різних варіантів генераторів за технічними, економічними та екологічними показниками.

Таблиця 2

Основні формули даної методики

№ п/п	Показник	Формула
1	Ваговий коефіцієнт i -го критерію, $i \in \overline{1, N}$	$W_i = \frac{2(N - j + 1)}{N(N + 1)}$ де W_i – ваговий коефіцієнт i-го критерію, $i \in \overline{1, N}$; j – значення рангу i-го критерію, $i \in \overline{1, N}$; N – кількість критеріїв що враховуються при визначенні інтегральної оцінки (релейні показники не враховують).
2	Кількісний критерій (Z_i)	– при екстремумі „max”: $Z_i = \frac{K_{mi}}{K_{em}}$ – при екстремумі „min”: $Z_i = \frac{K_{em}}{K_{mi}}$ де K_{em} – еталонне значення для даного критерію; K_{mi} – фактичне значення для i-го перевізника
3	Кількісний критерій з урахуванням вагового коефіцієнта, (D_i)	$D_i = Z_i \times W_i$
4	Якісний критерій (Z_j)	проводяться на основі функції бажаності (табл. 3)
5	Якісний критерій з урахуванням вагового коефіцієнта D_j	$D_j = Z_j \times W_j$
6	Сумарна якісна оцінка з урахуванням вагового коефіцієнту, S_{D_j}	$S_{D_j} = \sum_{j=1}^n D_j$ де: D_j – значення, яке залежить від індексу j; j – індекс (наприклад, від 1 до n); n – загальна кількість елементів
7	Сумарна кількісна оцінка з урахуванням вагового коефіцієнта, S_{D_i}	$S_{D_i} = \sum_{i=1}^n D_i$
8	Інтегральна оцінка, I	$I = S_{D_j} + S_{D_i}$

Таблиця 3

Шаблон для внесення розрахункових кількісних критеріїв

Номер п/п	Критерій	Ваговий коефіцієнт	Екстремум	Еталонне значення	Генератори				Ранг
					2 варіант		3 варіант		
					зна- чення без Z_i	зна- чення з Z_i (Di)	зна- чення без Z_i	зна- чення з Z_i (Di)	
Кількісні показники									
17.	Потужність		max						1
18.	Рівень шуму		min						7
19.	Витрати палива		min						3
20.	Час безперервної роботи		max						5
21.	Вартість		min						2
22.	Експлуатаційні витрати		min						4
23.	Об'єм паливного бака		max						6
24.	Сумарна кількісна оцінка з урахуванням вагового коефіцієнту	-	-	-	-	(сума п.1-7)	-	(сума п.1-7)	--

Таблиця 4

«Шкала бажаності» Харрінгтона [16-17]

Якісні характеристики шкали	Шкала	Середнє значення
Відображає крайній рівень відмінної якості, покращення якого немає сенсу.	1,00	–
Прийнятний на рівні «відмінно». Відображає незвично хорошу якість чи виконання.	1,00 – 0,80	0,9
Прийнятний на рівні «добре». Відображає рівень, що перевищує найкращий рівень, якому відповідає значення $d=0.63$.	0,80 – 0,63	0,715.
Прийнятний на рівні «задовільно». Якість прийнятна до гранично допустимого рівня, але потребує вдосконалення.	0,63 – 0,40	0,515
Граничний рівень «погано». Якщо існують стандартні вимоги до характеристик, окремі з продуктів будуть лежати за межами цих характеристик. (Якщо характеристика в точності відповідає встановленому мінімуму чи максимуму, то значення «d» має дорівнювати $0,36788=1/e$).	0,40 – 0,30	0,35
Неприйнятний рівень «дуже погано».	0,30 – 0,00	0,15
Повністю неприйнятний рівень.	0,00	–

Таблиця 5

Шаблон для внесення розрахункових якісних критеріїв

Номер п/п	Критерій	Ваговий коефіцієнт	генератор				Ранг
			2 варіант		3 варіант		
			значення без Z_j	значення з Z_j (D_j)	значення без Z_j	значення з Z_j (D_j)	
1.	Надійність та довговічність						8
2.	Зручність інтерфейсу						10
3.	Зворотній зв'язок з виробником						9
4.	Інструкція та документація						11
5.	Сумарна якісна оцінка з урахуванням вагового коефіцієнта		-	(сума п.1-4)	-	(сума п.1-4)	--
6.	Інтегральна оцінка		-	(сума якісних і кількісних оцінок за табл. 2, 3)	-	(сума якісних і кількісних оцінок за табл. 2, 3)	

Також встановлено, що інтеграція екологічних критеріїв у процес прийняття рішень щодо вибору генераторів сприяє зниженню екологічного навантаження на навколишнє середовище, зокрема за рахунок зменшення шкідливих викидів.

Практична значущість розробленого підходу полягає у забезпеченні раціонального вибору генераторів, який відповідає конкретним потребам споживачів та мінімізує негативний вплив на довкілля.

Перспективи використання результатів дослідження. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на інтеграцію інших факторів, таких як варіативність вартості палива, прогнозування змін у законодавстві щодо викидів та аналіз життєвого циклу генераторів. Це дозволить сформулювати оптимізаційну математичну модель, яка точніше буде формулюватиме вимоги для вибору електрогенератора та відповідатиме реальним умовам.

Література

- Халмурадов Б. Д., Пронь О. В. Генератори електроенергії: переваги та призначення для забезпечення незалежності та стабільності електропостачання в Україні. *Global science: prospects and innovations*. Proceedings of the 5th International scientific and practical conference. Liverpool, United Kingdom: Cognum Publishing House, 2023. С. 42–47.
- Уряд спростив ввезення в Україну енергетичного обладнання, зокрема генераторів і трансформаторів. *Головне управління Держспроможислужби в Чернівецькій області*: веб-сайт. URL: <https://consumer-cv.gov.ua/blog/2023/11/22/uryad-sprostyv-vvezennya-v-ukrayinu-energetychnogo-obladnannya-zokrema-generatoriv-i-transformatoriv/> (дата звернення: 20.01.2025).

3. Герасименко І. М., Пронь С. В., Пронь О. В. Екологічний вплив транспорту та електрогенераторів: виклики сучасності. *Екологічна безпека держави: тези доповідей XVII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів*, м. Київ, 18 квітня 2024 р. Київ: НАУ, 2024. С. 46–48.
4. Бекетов В. Є., Євтухова Г. П., Ломакіна О. С. Аналіз та оцінка рівня забруднення атмосферного повітря м. Харків. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2016. № 3-4 (26). С. 97–103.
5. Бурляй А. П., Бурляй О. А., Непочатенко О. Л. Вплив діяльності сільськогосподарських підприємств на навколишнє природне середовище. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Сер. Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. 2018. Вип. 20. С. 64–69.
6. Нормативно-правове забезпечення охорони атмосферного повітря. веб-сайт. URL: <https://dei.gov.ua/post/2321> (дата звернення: 20.01.2025).
7. Найбільша в Україні автоматична система моніторингу якості повітря працює в Києві. *Звіт КМДА про роботу за 2021–2022 рік*. веб-сайт. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-kyiv/3698933-najbilsa-v-ukraini-avtomatichna-sistema-monitoringu-akosti-povitra-pracue-u-kyevi.html> (дата звернення: 20.01.2025).
8. Програма державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря зони «Київська» на 2021–2025 роки. *Київська обласна державна адміністрація*: веб-сайт. URL: <https://koda.gov.ua/wp-content/uploads/2022/02/Proiekt-rishennya-pro-zatverdzhennya-Programii-derzhmonitoringu-atmosferi-12-2021-3.docx> (дата звернення: 20.01.2025).
9. SaveEcoBot. *Екологічні стандарти та умови використання*: веб-сайт. URL: <https://www.saveecobot.com/static/terms> (дата звернення: 20.01.2025).
10. Якість атмосферного повітря в Україні до і під час повномасштабного вторгнення. веб-сайт. URL: https://www.savednipro.org/wp-content/uploads/2023/10/zvit_doslidzhennya_101723.pdf (дата звернення: 20.01.2025).
11. Спостереження за забрудненням атмосферного повітря в м. Києві. веб-сайт. URL: <http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/uk/diialnist/khimichnezabrudnennia/sposterezhenia-za-zabrudnenniam-atmosfernoho-povitria-v-mkyievi/> (дата звернення: 20.01.2025).
12. Radiation and Smog Alarm. Настанови та принципи оповіщення населення про якість повітря, радіаційну та хімічну небезпеку / під заг. ред. М. Л. Сорока. Прага – Івано-Франківськ: Arnika, 2022. 58 с.
13. Долженкова О. В. Наслідки впливу ракетних ударів на стан атмосферного повітря в Україні. *Екологічні науки*: 2024. № 1(52). С. 1–2. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.1.2>.
14. Napkin.ai. веб-сайт. URL: <https://www.napkin.ai/> (дата звернення: 20.01.2025).
15. Кунда Н. Комплексний підхід до вибору перевізника. *Publishing House «UKRLOGOS Group»*. 2021. С. 44–56. DOI: <https://doi.org/10.36074/csrteenat.ed-2.04>.
16. Dmytrochenkova E. Алгоритм визначення вагових коефіцієнтів локальних критеріїв при проведенні порівняльного аналізу варіантів когенераційних установок. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*. 2018. № 24. С. 17–21. DOI: <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2018.24.17-21>.
17. Шутяк Ю. В. Використання функції бажаності для оцінки економічної безпеки підприємства. *Наукові студії*. 2024. Вип. 7. С. 147–154.
18. Harrington E. C., Jr. The Desirability Function. *Industrial Quality Control*. 1965. April. Pp. 494–498.