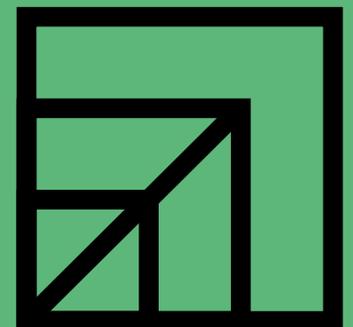




Офіс
Зеленого
Переходу

Коефіцієнт викидів парникових газів для виробництва та споживання електроенергії

Аналітичне дослідження та опис методологічного підходу до розрахунку



Офіс зеленого переходу є незалежним консультативно-дорадчим органом при Міністерстві економіки України, який допомагає впроваджувати реформи у сфері зеленого переходу, енергетичної та кліматичної політики України. Офіс зеленого переходу здійснює свою діяльність за фінансової підтримки Агенції Великої Британії з міжнародного розвитку та імплементується ГО «ДІКСІ ГРУП».

Позиції, представлені у дослідженні, відображають лише позиції ГО «ДІКСІ ГРУП» (Офісу зеленого переходу).



ПРО ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження підготовлене Офісом зеленого переходу як консультативно-дорадчим органом при Міністерстві економіки України у співпраці із Групою підтримки реформ Міністерства енергетики України.

Дослідження презентує методологічний підхід та результати розрахунків коефіцієнтів викидів CO₂ для виробництва та споживання електроенергії.

ПОДЯКИ

За співпрацю у підготовці дослідження, обговорення, коментарі та надання інформації Офіс зеленого переходу вдячний таким організаціям:

- Міжнародне енергетичне агентство
- Міністерство енергетики України та команда підтримки реформ Міністерства енергетики України
- Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України
- Державна служба статистики України
- Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг
- НЕК Укренерго
- Бюджетна установа Національний центр обліку викидів парникових газів
- Інститут економіки та прогнозування НАН України

КОНТАКТИ

Електронна адреса для надання коментарів та пропозицій щодо змісту дослідження, а також додаткових запитань щодо використання результатів дослідження:

m.shlapak@dixigroup.org

ЗМІСТ

Перелік таблиць	6
Перелік рисунків	7
Резюме	8
1. Типи коефіцієнтів, їх визначення та сфери застосування	11
1.1 Основні групи коефіцієнтів	12
1.2 Середні коефіцієнти викидів	12
1.3 Граничні коефіцієнти викидів	12
2. Наявні дані про коефіцієнти викидів для України	14
2.1 Основні джерела даних	15
2.2 Дані про середні коефіцієнти викидів для електроенергії	15
2.3 Дані про граничні коефіцієнти викидів для електроенергії	16
2.4 Ключові прогалини та недоліки наявних даних	19
3. Аналіз наявних підходів та основних методологічних керівництв	20
3.1 Підхід Міжнародного енергетичного агентства	21
3.2 Підхід міжнародних фінансових організацій	22
3.3 Підхід для проектів Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату та Паризької угоди	24
3.4 Методика оцінки питомих викидів для проектів спільного впровадження в Україні	27
3.5 Вимоги GHG Protocol та керівництва до обліку викидів Обсягу 2 (Scope 2 Guidance)	28
3.6 Залишковий коефіцієнт викидів	30
3.7 Екологічна цінність електричної енергії	32
3.8 Підхід Європейського агентства з охорони довкілля	33
3.9 Оцінка на основі життєвого циклу	34
4. Підходи до урахування комбінованого виробництва теплової та електричної енергії	36
4.1 Необхідність розподілу споживання палива та викидів	37
4.2 Метод на основі показників ефективності	37
4.3 Метод альтернативної генерації теплової енергії	40
4.4 Метод альтернативної генерації електричної енергії	41
4.5 Енергетичний метод	42
4.6 Метод 1/3 до 2/3	42
4.7 Підхід на основі даних окремих установок	43
4.8 Підсумки та вибір методу	44
5. Опис методологічного підходу	48
5.1 Важливість узгодженого методологічного підходу	49
5.2 Методологічний підхід до обрахунку середніх коефіцієнтів викидів	50
5.2.1 Середній коефіцієнт викидів для відпущеної електроенергії	51
5.2.2 Середній коефіцієнт викидів для споживання електроенергії	60
5.2.3 Середній коефіцієнт викидів для втрат електроенергії	60

5.3 Підхід до обрахунку граничних коефіцієнтів викидів	61
5.3.1 Підхід до обрахунку операційного граничного коефіцієнту.	61
5.3.2 Підхід до обрахунку граничного коефіцієнту нових потужностей.	65
5.3.3 Комбінований граничний коефіцієнт викидів	67
6. Перелік необхідних даних та розпорядники даних	69
6.1 Загальна інформація про потребу в даних.	70
6.2 Доступність даних	70
6.3 Основні розпорядники і джерела даних	71
6.3.1 Державна служба статистики.	71
6.3.2 Регулятор	73
6.3.3 Національний центр обліку викидів парникових газів.	75
6.3.4 НЕК Укренерго	77
6.3.5 Запитальники МЕА	78
6.4 Необхідний рівень деталізації даних	79
6.5 Використані дані та обмеження розрахунку коефіцієнтів викидів.	80
7. Результати розрахунків коефіцієнтів викидів	85
7.1 Середні коефіцієнти викидів	86
7.2 Граничні коефіцієнти викидів	87
7.3 Коефіцієнти викидів для втрат електроенергії	88
7.4 Обмеження та невизначеність	89
7.5 Порівняння середніх викидів із країнами ЄС.	89
8. Міжнародний досвід щодо публікації даних про коефіцієнти викидів	92
8.1 Канада – публікація даних як частини національного кадастру.	93
8.2 Великобританія – Департамент енергетичної безпеки та нульових викидів.	93
8.3 Польща – Інститут охорони навколишнього середовища	94
8.4 Франція – публікація даних оператором системи передачі	96
8.5 Дані консалтингових компаній.	96
8.6 Дані постачальників електроенергії	97
8.7 Інші джерела інформації.	98
8.8 Підсумки щодо практик публікації даних про коефіцієнти викидів для електроенергії.	99
9. Використання коефіцієнтів викидів	100
9.1 Використання для цілей механізму вуглецевого коригування імпорту (CBAM)	101
9.1.1. Непрямі викиди для товарів (окрім електроенергії)	101
9.1.2. Прямі викиди для електроенергії.	102
9.2 Використання для обліку корпоративних викидів парникових газів	105
9.3 Оцінка ефективності кліматичної політики	105
9.4 Використання для цілей Європейської таксономії	106
10. Рекомендації щодо подальших кроків.	108

Перелік таблиць

Таблиця 1. Наявні дані про середні коефіцієнти викидів для України (кг CO ₂ / МВт·год)	16
Таблиця 2. Наявні дані про граничні коефіцієнти викидів для України для проектів спільного впровадження	17
Таблиця 3. Показники питомих викидів двоокису вуглецю для теплових електростанцій для 2008-2011 років (т CO ₂ / МВт·год)	17
Таблиця 4. Показники операційного граничного коефіцієнту викидів для 2012-2015 років (т CO ₂ / МВт·год)	18
Таблиця 5. Наявні дані про граничні коефіцієнти викидів для України з The IFI Dataset of Default Grid Factors (т CO ₂ / МВт·год)	18
Таблиця 6. Методи обрахунку граничних коефіцієнтів викидів	25
Таблиця 7. Потреба у даних для різних методів розподілу споживання палива та викидів при комбінованому виробництві теплової та електричної енергії	45
Таблиця 8. Результати модельних розрахунків на основі різних методів та припущень	46
Таблиця 9. Коефіцієнти викидів вуглецю (значення за замовчуванням)	54
Таблиця 10. Статистичні форми Державної служби статистики	72
Таблиця 11. Статистичні форми НКРЕКП	74
Таблиця 12. Статистичні форми НЕК Укренерго	77
Таблиця 13. Дані для розрахунку коефіцієнтів викидів для електроенергії	81
Таблиця 14. Використання коефіцієнтів викидів для цілей Європейської таксономії	106

Перелік рисунків

Рисунок 1. Розбіжності у значеннях середнього коефіцієнта викидів для електроенергії в Німеччині за даними різних джерел / підходів до розрахунку (г CO ₂ екв. на кВт·год).	49
Рисунок 2. Розбіжності між стандартними та національними показниками викидів CO ₂ на тону спаленого на електростанціях вугілля.	55
Рисунок 3. Дані щодо обсягів виробництва теплової енергії ТЕЦ у 2020 році, тис. Гкал.	59
Рисунок 4. Алгоритм вибору методу розрахунку операційного граничного коефіцієнту викидів.	63
Рисунок 5. Система збору інформації про виробництво енергії та споживання палива	71
Рисунок 6. Середні коефіцієнти викидів для електроенергії, т CO ₂ / МВт·год.	86
Рисунок 7. Граничні коефіцієнти викидів для електроенергії, т CO ₂ / МВт·год	87
Рисунок 8. Порівняння граничних коефіцієнтів викидів та середніх коефіцієнтів викидів для виробництва електроенергії з викопних джерел палива, т CO ₂ / МВт·год.	88
Рисунок 9. Викиди, пов'язані із втратами електроенергії при транспортуванні.	88
Рисунок 10. Порівняння середніх коефіцієнтів викидів в Україні та країнах ЄС у 2022 році (кг CO ₂ / МВт·год)	90
Рисунок 11. Порівняння середніх коефіцієнтів викидів в Україні та ЄС-27 (кг CO ₂ / МВт·год)	91

Резюме

Про що цей звіт?

У відповідь на зростаючі запити бізнесу Офіс зеленого переходу підготував дослідження про коефіцієнти викидів парникових газів для виробництва та споживання електричної енергії в Україні.

Результатом звіту є загальнодоступний набір даних про коефіцієнти викидів парникових газів для виробництва та споживання електроенергії з об'єднаної енергосистеми України. Набір даних включає середні коефіцієнти викидів для відпущеної електроенергії, середні коефіцієнти для споживання електроенергії, а також граничні коефіцієнти викидів. Звіт також включає визначення та пояснення щодо типів коефіцієнтів та випадків використання кожного з них.

Крім того, дослідження пропонує методологію розрахунків коефіцієнтів викидів для виробництва та споживання електроенергії, яка може бути затверджена на державному рівні для регулярного збору даних та щорічного оновлення наборів коефіцієнтів викидів.

Чому потрібні національні коефіцієнти викидів для електроенергії?

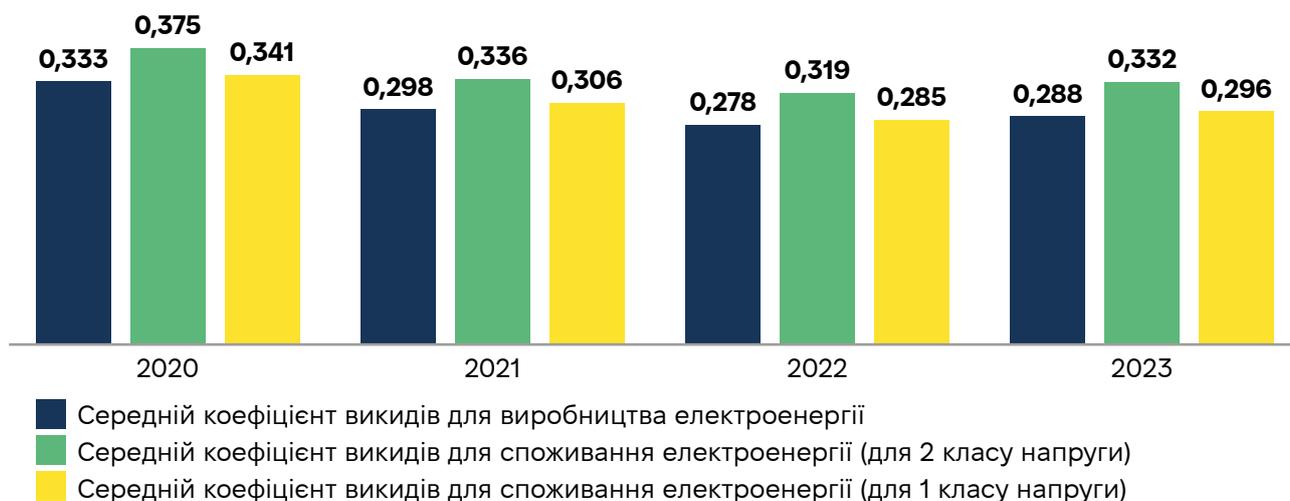
Для України відсутні єдині загальнодоступні актуальні надійні та точні дані про коефіцієнти викидів для електроенергії. Різні організації у різні періоди і для різних цілей публікували інформацію про коефіцієнти викидів для енергосистеми України, однак більшість даних є застарілими та неточними. Дані Міжнародного енергетичного агентства є найбільш надійними, однак не є відкритими, публікуються із затримкою і не покривають усіх потреб застосування коефіцієнтів викидів. Крім того, дані Міжнародного енергетичного агентства базуються на даних офіційної державної статистики, яка під час дії правового режиму воєнного стану збирається не у повній мірі та не публікується. Інші джерела даних є менш надійними і надають дуже різні показники, що призводить до суттєвої неузгодженості і різноманітних оцінок.

Визначення єдиного методологічного підходу до розрахунку національних коефіцієнтів викидів та відповідних джерел інформації для збору даних дозволить регулярно публікувати у відкритому доступі показники національних коефіцієнтів викидів для подальшого використання усіма зацікавленими сторонами.

Національні коефіцієнти викидів можуть використовуватися бізнесом та державними органами для різних цілей, зокрема, визначення вуглецевого сліду продуктів в рамках вимог механізму вуглецевого коригування імпорту, корпоративного обліку викидів парникових газів відповідно до GHG Protocol, оцінки скорочень викидів внаслідок інвестиційних проектів, оцінки ефективності державної політики в частині скорочення викидів парникових газів тощо.

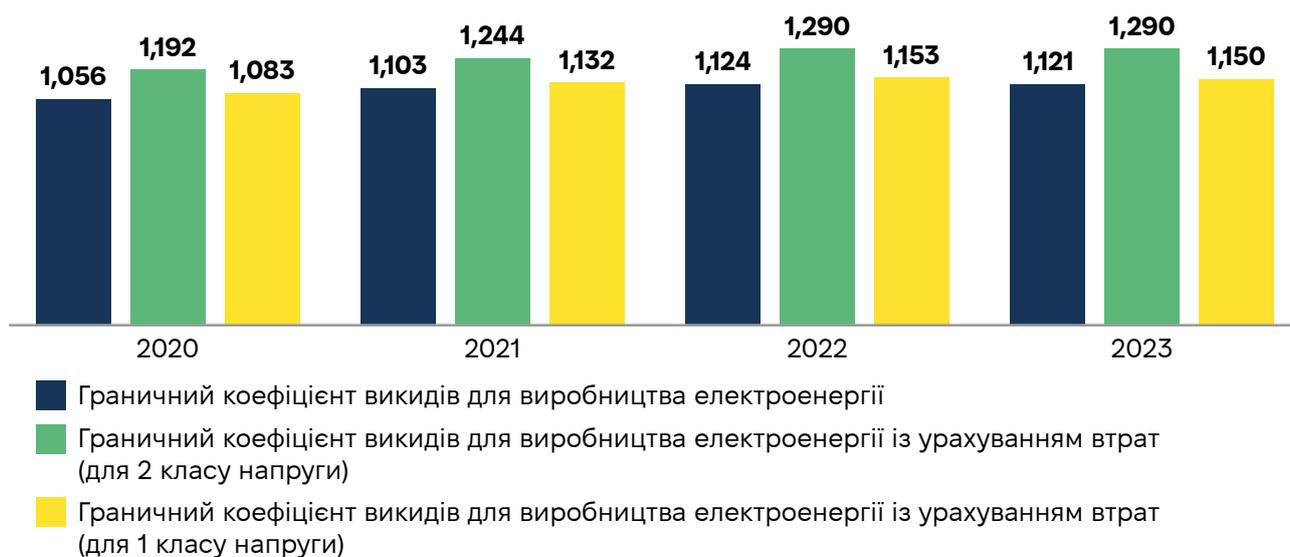
Які результати дослідження?

Середні коефіцієнти викидів для електроенергії в енергосистемі України (т CO₂ / МВт·год):



Середні коефіцієнти викидів для електроенергії можуть використовуватися для визначення вуглецевого сліду продуктів або корпоративного обліку викидів парникових газів.

Граничні коефіцієнти викидів для електроенергії в енергосистемі України (т CO₂ / МВт·год):



Граничні коефіцієнти викидів для електроенергії можуть використовуватися для оцінки скорочення викидів внаслідок проектів збереження енергії чи використання відновлюваних джерел енергії.

Інформація про додаткові коефіцієнти викидів міститься в розділі 7.

Обмеженням даного дослідження є виключення з аналізу інформації про діяльність електростанцій підприємств через відсутність надійних даних про обсяги споживання палива, загальне виробництво та відпуск електроенергії протягом останніх років. Хоч їх частка в загальному відпуску електроенергії в мережу, як правило, не перевищує 2%, використання вуглецеємних видів палива на зразок доменного газу, може дещо впливати на значення коефіцієнтів викидів. У подальшому рекомендується включити дану категорію, бажано на основі даних щодо кожної окремої установки для забезпечення повноти та точності обліку коефіцієнтів викидів при виробництві та споживанні електричної енергії.

Як виконувалося дослідження?

Дослідження підготовлене Офісом зеленого переходу як консультативно-дорадчим органом при Міністерстві економіки України у співпраці із Групою підтримки реформ Міністерства енергетики України.

У рамках підготовки дослідження був проведений детальний аналіз наявних джерел даних та методологій розрахунку коефіцієнтів, а також проведені робочі наради та консультації із різними зацікавленими сторонами. Зокрема, обговорення проблемних питань та наявних джерел інформації проводилися із фахівцями Державної служби статистики України, Бюджетної установи Національний центр обліку викидів парникових газів, НЕК Укренерго та Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг.

Що необхідно зробити надалі?

Дослідження також містить низку рекомендацій, зокрема, щодо затвердження офіційної методики для розрахунку коефіцієнтів викидів при виробництві та споживанні електричної енергії, подальшого покращення якості даних та розширення сфери охоплення розрахунків, в тому числі через включення електростанцій підприємств та детальної статистики про їх діяльність.





1

ТИПИ КОЕФІЦІЄНТІВ,

ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ ТА СФЕРИ

ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Основні групи коефіцієнтів

Коефіцієнти викидів парникових газів, пов'язані із виробництвом або споживанням електроенергії можна розділити на дві основні групи:

- середні коефіцієнти викидів, які демонструють обсяг викидів парникових газів при виробництві або споживанні електроенергії;
- граничні коефіцієнти викидів, які демонструють вплив на обсяги викидів парникових газів при додатковому виробництві, збільшенні споживання або скороченні споживання електроенергії.

Таким чином, граничні коефіцієнти відображають викиди тих електростанцій, які реагують на зміну у попиту на електроенергію і викиди від яких, як правило, є суттєво вищими за середній коефіцієнт для електричної мережі.

У межах кожної з груп можливі різні варіанти коефіцієнтів, які відрізняються урахуванням втрат електроенергії, методикою розрахунків та іншими факторами.

1.2 Середні коефіцієнти викидів

Середні коефіцієнти викидів використовуються при визначенні вуглецевого сліду, наприклад, в рамках корпоративної звітності про викиди, оцінки викидів від виробництва окремих видів продукції, в т.ч. протягом усього життєвого шляху, тощо.

Основні типи середніх коефіцієнтів:

- середній коефіцієнт викидів для виробництва і відпуску електроенергії в мережу відображає усереднені питомі викиди від усіх підключених до мережі електростанцій, віднесені до одиниці виробленої і відпущеної ними в мережу електроенергії;
- середній коефіцієнт викидів для споживання електроенергії кінцевими споживачами відображає усереднені питомі викиди від усіх підключених до мережі електростанцій, віднесені до одиниці спожитої електроенергії (тобто враховує втрати при передачі та розподілі електроенергії).

Варто підкреслити, що при розрахунку непрямих викидів Обсягу 2 від споживання електроенергії відповідно до GHG Protocol (Scope 2) використовуються середні коефіцієнти викидів для виробництва і відпуску електроенергії в мережу (тобто без урахування втрат при її передачі та розподілі).

Для розрахунку корпоративних викидів за ринковим методом (так званий "market-based") може також використовуватися залишковий коефіцієнт викидів (residual mix emission factor), який враховує договірні інструменти щодо використання електроенергії із відновлюваних джерел (на зразок гарантій походження електроенергії) у різних країнах.¹

1.3 Граничні коефіцієнти викидів

Граничні коефіцієнти викидів використовуються при визначенні впливу проектів, програм чи інших ініціатив на обсяги викидів парникових газів. Найчастіше такі коефіцієнти використовуються для оцінки скорочення викидів внаслідок проектів виробництва електроенергії з відновлюваних джерел або зменшення споживання електроенергії внаслідок енергоефективних заходів. Для таких цілей не об'єктивно використовувати середні коефіцієнти викидів, оскільки зменшення попиту на електроенергію або її додаткове постачання з відновлюваних джерел енергії не впливатиме на значний обсяг базової генерації електричної енергії.

¹ AIB, European Residual Mix, <https://www.aib-net.org/facts/european-residual-mix>

Граничні коефіцієнти викидів покликані характеризувати питомі викиди від виробництва електроенергії тими електростанціями, які будуть заміщені у випадку додаткового виробництва чи зменшення споживання. Проекти чи програми, які оцінюються, можуть призводити до заміщення або уникнення роботи існуючих електростанцій та / або будівництва і роботи нових електростанцій. Заміщена генерація електроенергії існуючих потужностей отримала назву «операційного резерву» (“operating margin” (OM)), а генерація потенційних нових електростанцій – «резерву нових потужностей» (“build margin” (BM)).²

Відповідно, основні типи граничних коефіцієнтів є такими:

- операційний граничний коефіцієнт (Operating Margin (OM)) відображає викиди існуючих електростанцій, на роботу і обсяг виробництва електроенергії яких впливатиме проект (внаслідок зменшення попиту за рахунок підвищення енергоефективності або внаслідок збільшення пропозиції електроенергії завдяки проектам виробництва електроенергії з відновлюваних джерел);
- граничний коефіцієнт нових потужностей (Build Margin (BM)) відображає викиди потенційних / збудованих в майбутньому електростанцій, будівництво та робота яких може зазнати впливу проекту з виробництва електроенергії з відновлюваних джерел (на основі оцінки запланованої та очікуваної нової потужності з виробництва електроенергії);
- комбінований граничний коефіцієнт (Combined Margin (CM)), який враховує операційний граничний коефіцієнт та граничний коефіцієнт нових потужностей у певних співвідношеннях.

У випадку існуючих електростанцій додаткове виробництво чи зменшення попиту може впливати на заміщення / уникнення роботи електростанцій, які залучаються до балансування, як правило, за виключенням електростанцій, які мають низькі граничні операційні витрати (операційні витрати на виробництво додаткової одиниці електроенергії), на зразок гідроелектростанцій.

Інколи граничні коефіцієнти розраховують лише на основі показників електростанцій на викопних видах палива, однак, на практиці для розрахунку необхідно враховувати особливості роботи кожної енергомережі у відповідний календарний рік чи більш короткі проміжки часу. Залежно від попиту на електроенергію, доступних генеруючих потужностей та економічних факторів балансування попиту може здійснюватися і з використанням інших електростанцій.

Існують дуже різні підходи до оцінки граничних коефіцієнтів викидів, які можуть використовувати різну часову деталізацію та різні методики оцінки або моделювання, в тому числі враховувати не лише технічні, але й економічні / ринкові чинники.³

Варто пам'ятати, що граничні коефіцієнти викидів можуть розроблятися для різних цілей, тому можуть різнитися навіть для однієї енергосистеми і характеризуються вищим рівнем невизначеності у порівнянні із середніми коефіцієнтами викидів для енергомережі. Вища невизначеність пов'язана з тим, що граничні коефіцієнти викидів не демонструють фактичні виміряні скорочення викидів внаслідок певних заходів, а використовуються для визначення скорочення викидів у порівнянні із уявним базовим сценарієм у разі відсутності заходів.

2 The Greenhouse Gas Protocol. Guidelines for Quantifying GHG Reductions from Grid-Connected Electricity Projects, <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2022-12/Guidelines%20for%20Grid-Connected%20Electricity%20Projects.pdf>

3 CEBI. Guide to sourcing marginal emissions factor data, <https://cebi.org/wp-content/uploads/2022/11/Guide-to-Sourcing-Marginal-Emissions-Factor-Data.pdf>



2

НАЯВНІ ДАНІ ПРО

КОЕФІЦІЄНТИ ВИКИДІВ

ДЛЯ УКРАЇНИ

2.1 Основні джерела даних

Найдетальніша інформація про джерела та обсяги викидів парникових газів в Україні представлена у щорічних національних кадастрах викидів, які подаються до Секретаріату РКЗК ООН у рамках міжнародних зобов'язань. Національні кадастри, проте, не містять виокремлених даних про загальні обсяги викидів лише для виробництва електроенергії, а також про коефіцієнти викидів для виробництва та споживання електроенергії.

Наразі існують різні джерела інформації про коефіцієнти викидів, які відрізняються типом (наприклад, середні викиди та граничні викиди), часовими рамками, доступністю, методологічними підходами. Наявні джерела даних включають дані Міжнародного енергетичного агентства, рекомендації міжнародних фінансових установ, документи ініціативи Угоди мерів щодо клімату та енергетики, національні регуляторні акти щодо проектів спільного впровадження за Кіотським протоколом тощо. Використання різних джерел даних призводить до неузгоджених оцінок, помилок та невизначеності серед користувачів, оскільки навіть для одного типу коефіцієнту розбіжності можуть бути досить суттєвими.

2.2 Дані про середні коефіцієнти викидів для електроенергії

Наявні дані настільки різні з точки зору часових рамок, типів коефіцієнтів та методологій розрахунків, що їх важко порівнювати.

Коефіцієнт викидів, що рекомендується в рамках ініціативи Угода мерів щодо клімату та енергетики⁴, складає 0,430 т CO₂ / МВт·год для 2020 року для України. Компанія Ember публікує дані про інтенсивність викидів на одиницю виробленої електроенергії в середньому за рік та дані для окремих місяців⁵, однак методологія обрахунку цих даних має низку обмежень та особливостей. При цьому, значення за замовчуванням для цілей звітності механізму вуглецевого коригування імпорту (СВАМ) (чинні до 31 грудня 2025 року), яке представлено у СВАМ Transitional Registry і розраховане на основі даних Міжнародного енергетичного агентства як середні викиди при виробництві електроенергії в національній мережі за 5-річний період 2016–2020 років, є на понад 13% меншим.

При цьому, наявні дані, як правило, є застарілими і не відображають динаміку зміни структури виробництва електроенергії із використанням різних джерел, розвитку відновлюваних джерел енергії та наслідків руйнування енергетичної інфраструктури під час війни.

Існують також наукові дослідження щодо коефіцієнтів викидів для виробництва електроенергії в Україні на основі методу життєвого циклу із урахуванням викидів під час будівництва електростанцій, видобутку та транспортування палива, виробництва та передачі електроенергії, а також поведіння із відходами (відпрацьованим ядерним паливом).⁶ Однак, дослідження не наводить показника середнього коефіцієнта викидів, а лише представляє результати окремо для різних видів палива (дані для 2017 року):

- 1,240 т CO₂ / МВт·год для вугілля;
- 0,699 т CO₂ / МВт·год для природного газу;
- 0,117 т CO₂ / МВт·год для атомних електростанцій.

4 Joint Research Centre Data Catalogue, GHG Emission Factors for Electricity Consumption, <https://data.jrc.europa.eu/dataset/919df040-0252-4e4e-ad82-c054896e1641>

5 Ember, <https://ember-climate.org/data/data-tools/data-explorer/>

6 O.V. Butrym, G.G. Panchenko, Carbon footprint of electricity production, Energy Technologies and Resource Saving, 2023, № 4, p. 19–30, <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/7AKobowl>, <https://doi.org/10.33070/etars.4.2023.02>

Таблиця 1. Наявні дані про середні коефіцієнти викидів для України (т CO₂ / МВт·год)

Джерело даних	2019	2020	2021	2022
Угода мерів (JRC)	0,473	0,430	-	-
Ember	0,342	0,325	0,276	0,256
Дослідження коефіцієнтів викидів європейських країн ⁷	0,461	-	-	-

2.3 Дані про граничні коефіцієнти викидів для електроенергії

Дані про граничні коефіцієнти викидів для електроенергії в Україні є ще більш обмеженими і розбіжності між ними є дуже високими. Інформація про дані, які використовувалися у розрахунках і деталі методологічного підходу, не завжди доступна. Як правило, наявні дані є дуже застарілими, оскільки такі коефіцієнти розроблялися і затверджувалися для обліку скорочень викидів в рамках проектів спільного впровадження відповідно до вимог Кіотського протоколу у 2008-2012 роках.

Зокрема, для проектів спільного впровадження розроблялися такі документи щодо коефіцієнтів викидів для електроенергії:

- Дослідження компанії Global Carbon B.V. верифіковане компанією TÜV SÜD Industrie Service GmbH у 2007 році щодо базового показника коефіцієнта викидів для електроенергії на основі даних 2003-2005 років; для розрахунку використано метод простого граничного коефіцієнту викидів, а до низьковитратних / обов'язкових для включення (Low-cost/must-run) електростанцій віднесено лише атомні електростанції.⁸
- Дослідження компаній Lahmeyer International та Perspectives "Development of the electricity carbon emission factor for Ukraine"⁹ щодо коефіцієнтів викидів для 2009-2020 років верифіковане компанією TÜV SÜD Industrie Service GmbH¹⁰; для розрахунку використано метод простого скоригованого граничного коефіцієнту викидів, а до низьковитратних / обов'язкових для включення (Low-cost/must-run) електростанцій віднесено атомні електростанції, електростанції на відновлюваних джерелах енергії, а також ТЕЦ, які працюють в режимі комбінованого виробництва електричної та теплової енергії.

7 Nicolae Scarlat, Matteo Prussi, Monica Padella, Quantification of the carbon intensity of electricity produced and used in Europe, Applied Energy, Volume 305, 2022, 117901, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117901>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261921012149> (значення для коефіцієнта викидів при виробництві електроенергії (нетто).; дослідження також наводить значення для коефіцієнта викидів при виробництві електроенергії (брутто) – 434 т CO₂ / МВт·год та для коефіцієнта викидів при споживанні електроенергії – 492 т CO₂ / МВт·год).

8 Ukraine - Assessment of new calculation of CEF, <https://ji.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/46JW2KL36KMOGEMIOPHDTQF6DVI514>

9 EBRD. Development of the electricity carbon emission factors for Ukraine, https://encon.sumdu.edu.ua/doc/methodics/Baseline_Study_Ukraine_Final_English.pdf

10 Assessment report. Assessment of the Grid Emission Factor Calculation Model for Ukraine, https://www.ebrd.com/downloads/sector/leccc/Validation_report_Ukraine_Final_15102010.pdf

- Показники питомих викидів двоокису вуглецю, затверджені Національним агентством екологічних інвестицій України на основі методики розрахунку питомих викидів двоокису вуглецю при виробництві електричної енергії на теплових електростанціях та при її споживанні¹¹; враховує лише викиди теплових електростанцій.

Усі дослідження поклалися на керівництво РКЗК ООН для проектів механізму чистого розвитку "Tool to calculate the emission factor for an electricity system", однак використовували різні дані та припущення.

Таблиця 2. Наявні дані про граничні коефіцієнти викидів для України для проектів спільного впровадження

Джерело	Значення, т CO ₂ / МВт·год	Період
Дослідження компанії Global Carbon B.V. – коефіцієнт для проектів, що скорочують споживання енергії	0,896	На основі даних 2003-2005 років, передбачалося використання протягом 2006-2012 років
Дослідження компанії Global Carbon B.V. – коефіцієнт для проектів, що виробляють електроенергію	0,807	
Дослідження компаній Lahmeyer International та Perspectives	1,052	Показник для 2009 року. Звіт також містить показники для 2010-2020 років на основі моделювання.

Початкові дослідження базувалися на даних окремих років і результатах моделювання і передбачалося їх використання для майбутніх періодів без оновлення на основі фактичних даних.

Згодом, Національним агентством екологічних інвестицій була затверджена окрема методика, на основі якої були розраховані та затверджені наказами показники питомих викидів двоокису вуглецю для 2008-2011 років.

Таблиця 3. Показники питомих викидів двоокису вуглецю для теплових електростанцій для 2008-2011 років (т CO₂ / МВт·год)

Показник	2008	2009	2010	2011
Питомі викиди двоокису вуглецю при виробництві електричної енергії тепловими електростанціями, які підключені до Об'єднаної енергетичної системи України	1,055	1,068	1,067	1,063
Питомі непрямі викиди двоокису вуглецю при споживанні електричної енергії споживачами електричної енергії, які віднесені до 1 класу ¹²	1,082	1,096	1,093	1,090

11 Наказ Національного агентства екологічних інвестицій України від 21.03.2011 №39 «Про затвердження Методики розрахунку питомих викидів двоокису вуглецю при виробництві електричної енергії на теплових електростанціях та при її споживанні», <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0039825-11#Text>

12 Відповідно до Порядку визначення класів споживачів, затвердженого постановою Національної комісії регулювання електроенергетики України від 13 серпня 1998 року №1052

Показник	2008	2009	2010	2011
Питомі непрямі викиди двоокису вуглецю при споживанні електричної енергії споживачами електричної енергії, які віднесені до 2 класу	1,219	1,237	1,225	1,227
Питомі непрямі викиди двоокису вуглецю, які пов'язані із витратами електричної енергії при її передачі місцевими (локальними) електричними мережами	1,082	1,096	1,093	1,090

Надалі, у 2017 році були опубліковані неофіційні розрахунки граничних коефіцієнтів викидів при виробництві електроенергії для 2012-2015 років.¹³

Таблиця 4. Показники операційного граничного коефіцієнту викидів для 2012-2015 років (т CO₂ / МВт-год)

Показник	2012	2013	2014	2015
Питомі викиди двоокису вуглецю при виробництві електричної енергії тепловими електростанціями	1,101	1,103	1,097	1,105
Питомі непрямі викиди двоокису вуглецю при споживанні електричної енергії споживачами електричної енергії, які віднесені до 2 класу	1,231	1,229	1,219	1,234

Надалі, інформація про граничні коефіцієнти для України з'являлася лише в окремих міжнародних базах даних. Зокрема, база даних стандартних коефіцієнтів викидів міжнародних фінансових організацій (The IFI Dataset of Default Grid Factors), яка рекомендується при оцінці інвестиційних проектів, наводить цілу низку коефіцієнтів, які суттєво відрізняються у різних версіях.

Таблиця 5. Наявні дані про граничні коефіцієнти викидів для України з The IFI Dataset of Default Grid Factors (т CO₂ / МВт-год)

Коефіцієнт викидів	Версія 2.4	Версія 3.2
Комбінований граничний коефіцієнт викидів для проектів відновлюваної енергетики із постійною генерацією	0,525	0,435
Комбінований граничний коефіцієнт викидів для проектів відновлюваної енергетики із змінною генерацією	0,738	0,643
Комбінований граничний коефіцієнт викидів для проектів підвищення енергоефективності	0,525	0,435
Комбінований граничний коефіцієнт викидів для проектів, які залежать від споживання електроенергії з мережі	0,525	0,435
Операційний граничний коефіцієнт викидів	0,866	0,768

¹³ Mykola Shlapak. Carbon Emission Factor for Ukrainian Electricity Grid, <https://www.slideshare.net/slideshow/carbon-emission-factor-for-ukrainian-electricity-grid-80745723/80745723>

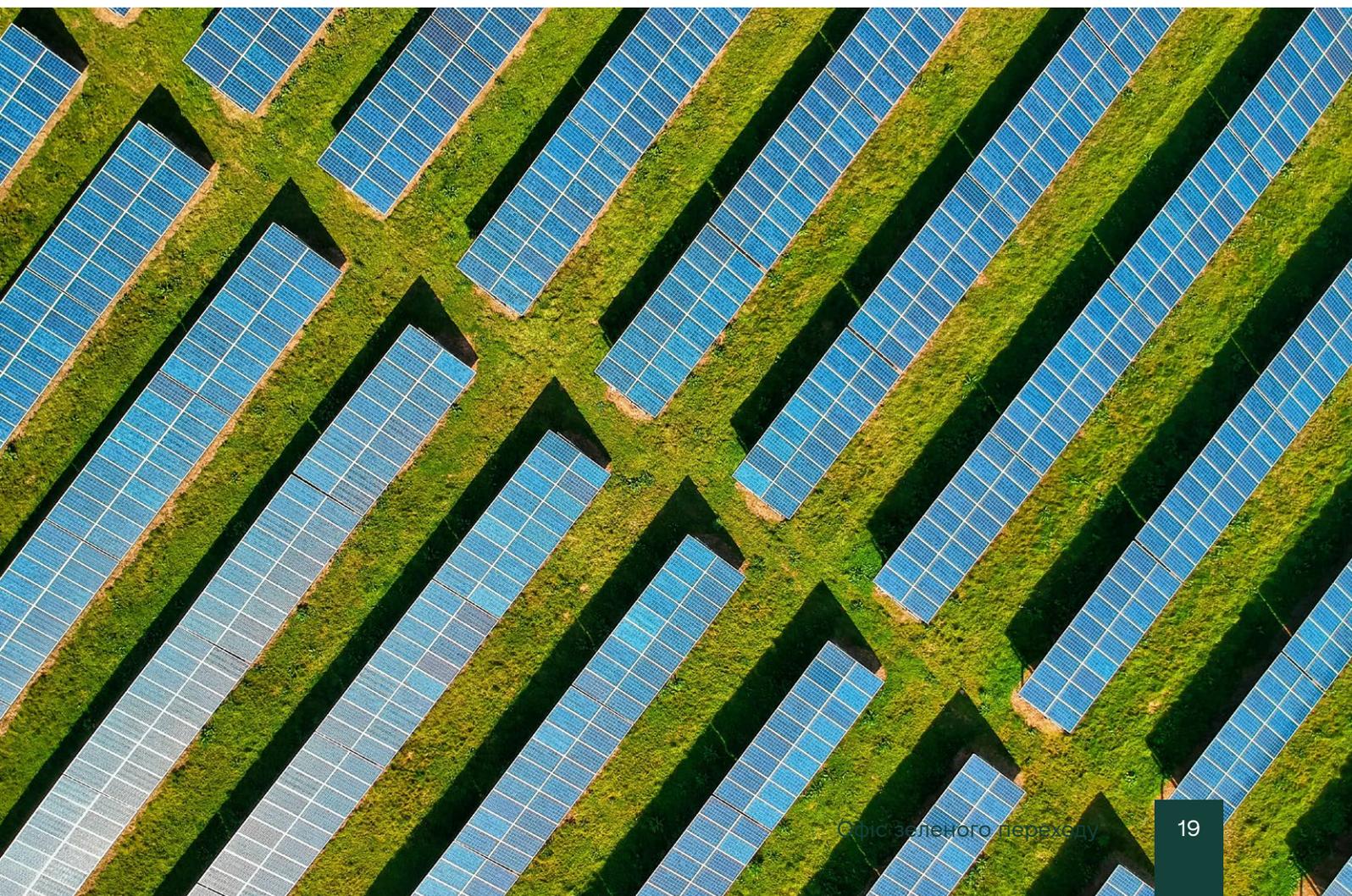
2.4 Ключові прогалини та недоліки наявних даних

Таким чином, для енергомережі України відсутні надійні актуальні та відкриті дані про середні та граничні коефіцієнти викидів для електроенергії.

Серед ключових прогалин та недоліків наявних джерел даних варто підкреслити такі:

- Брак інформації про різні коефіцієнти викидів з одного джерела, що забезпечувало б узгодженість даних та підходів до розрахунку;
- Відсутність актуальної інформації, оскільки більшість даних про коефіцієнти викидів базуються на застарілих даних, тоді як структура генерації електроенергії змінюється з року в рік; навіть середні коефіцієнти викидів МЕА публікуються із затримкою у майже два роки;
- Суттєва розбіжність даних – різні джерела даних навіть для однакових або близьких періодів надають дуже різні показники коефіцієнтів викидів, що підкреслює роль надійних даних та узгоджених методологічних підходів до розрахунку; коефіцієнти викидів розроблялися у різні періоди, для різних цілей та із використанням різних методологічних підходів, тому результати можуть суттєво відрізнятись;
- Брак прозорості – інколи самі результати розрахунків, як у випадку бази даних МЕА, доступні лише на комерційній основі; у більшості випадків відсутня інформація про вихідні дані, які використовувалися для розрахунку, та детальний опис методологічного підходу.

Разом з тим, потреба у такій інформації зростає через необхідність оцінки викидів від виробництва продуктів для дотримання вимог механізму вуглецевого коригування імпорту, корпоративної звітності, оцінки кліматичного впливу проектів та програм та інших потреб.



3

**АНАЛІЗ НАЯВНИХ
ПІДХОДІВ ТА ОСНОВНИХ
МЕТОДОЛОГІЧНИХ
КЕРІВНИЦТВ**

3.1 Підхід Міжнародного енергетичного агентства

Міжнародне енергетичне агентство щорічно готує інформацію про коефіцієнти викидів CO₂, CH₄ та N₂O для виробництва електроенергії в різних країнах, в тому числі для України¹⁴. Крім того, набір даних містить інформацію про врахування втрат при передачі та розподілі електроенергії. База даних доступна лише за оплату і містить дані із затримкою у більшості випадків на два роки (у вересні 2024 року публікується інформація про коефіцієнти викидів за 2022 рік); більш оперативні дані можуть бути доступними лише для країн ОЕСР та деяких інших країн на основі попередніх звітних даних.

База даних коефіцієнтів викидів містить, зокрема, інформацію про такі показники для періоду, починаючи із 1990 року:

- Коефіцієнт викидів CO₂ від виробництва і електричної, і теплової енергії для країн світу (в кг CO₂ на кВт·год);
- Коефіцієнт викидів CO₂ лише від виробництва електричної енергії (включаючи когенераційні установки) для країн світу (в кг CO₂ на кВт·год) – середній коефіцієнт, в якому враховуються загальні викиди від споживання викопного палива при виробництві електроенергії, включаючи електростанції та когенераційні установки, поділені на загальне виробництво електроенергії усіма електростанціями, тобто враховуючи і електростанції, які не споживають викопне паливо (враховуються також електростанції підприємств (autoproducers));
- Коефіцієнт, що характеризує викиди CO₂, пов'язані із втратами електроенергії в мережі (в кг CO₂ на кВт·год) – коефіцієнт, який враховує втрати при транспортуванні від електростанції до кінцевого споживача (як правило, знаходяться у діапазоні 5%-15%);
- Коефіцієнт викидів CH₄ та N₂O від виробництва електричної енергії (в кг CO₂ екв. на кВт·год).

Таким чином, набір даних включає показник середнього коефіцієнту для виробництва електроенергії (може використовуватися при розрахунку непрямих викидів від споживання електроенергії відповідно до GHG Protocol (Scope 2)), а також окремо коефіцієнт викидів для урахування втрат при передачі та розподілі електроенергії, який може використовуватися для окремого розрахунку частини інших непрямих викидів (Scope 3, категорія 3) або для розрахунку середнього коефіцієнту для споживання електроенергії (сума викидів від виробництва та втрат при передачі та розподілі).

Додатково, в разі наявності даних, при розрахунку викидів від споживання електроенергії може здійснюватися коригування, яке враховує імпорт та експорт електроенергії.

Дані МЕА містять інформацію не лише про викиди CO₂, що відповідають за лівову частку викидів парникових газів при спалюванні палива, але й про викиди інших парникових газів: CH₄ та N₂O. При цьому, для CH₄ та N₂O використовуються стандартні коефіцієнти викидів відповідно до методології першого рівня МГЕЗК (Tier 1 з 2006 IPCC Guidelines), а для конвертації викидів у CO₂ еквівалент використовуються показники потенціалу глобального потепління відповідно до 6 Оціночного звіту МГЕЗК (27 для CH₄ та 273 для N₂O).¹⁵

Розрахунки викидів CH₄ та N₂O включають дані про споживання біомаси для виробництва електроенергії, де викиди CO₂ не враховуються відповідно до керівництв МГЕЗК, а викиди інших

14 Додаткова інформація: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/emissions-factors-2024>

15 До 2024 року використовувалися показники 4 Оціночного звіту МГЕЗК для узгодження із звітністю країн в рамках РКЗК ООН відповідно до Decision 24/CP.19 from UNFCCC's Measurement, Reporting and Verification (MRV) framework, <https://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/eng/10a03.pdf>. Починаючи із 2024 року для звітності в рамках РКЗК ООН будуть використовуватися показники 5 Оціночного звіту МГЕЗК відповідно до Decision 18/CMA.1 Modalities, procedures and guidelines for the transparency framework for action and support referred to in Article 13 of the Paris Agreement, <https://unfccc.int/resource/tet/0/00mpg.pdf>. Водночас, МЕА обрало показники 6 Оціночного звіту МГЕЗК для узгодження із вимогами стандартів щодо розкриття інформації про вплив на клімат, в т.ч. European Sustainability Reporting (ESRS).

парникових газів включаються у розрахунки відповідних коефіцієнтів викидів. Стандартні коефіцієнти викидів CH_4 та N_2O мають високий рівень невизначеності.

Дані про обсяги споживання палива, які використовуються при розрахунку, базуються на даних IEA World Energy Balances, джерелом для яких є запитальники MEA.

Починаючи із 2023 року, MEA також публікує набір даних про коефіцієнти викидів, які враховують видобування та транспортування енергетичних ресурсів, що використовуються для виробництва електроенергії (upstream emission factors).¹⁶ Зокрема, база даних містить такі показники:

- Загальний висхідний коефіцієнт викидів (upstream emission factor) для виробництва електроенергії в національній мережі (в кг CO_2 екв. на кВт·год) – відповідає усім викидам протягом життєвого циклу технологій виробництва енергії / палив, але не включає прямі викиди від спалювання палива при виробництві електричної енергії; розраховується на основі показників для окремих технологій як середньозважене значення.
- Висхідний коефіцієнт викидів для палива (fuel-cycle emission factor), що використовується для виробництва електроенергії в національній мережі (в кг CO_2 екв. на кВт·год) – розраховується на основі висхідних показників коефіцієнтів викидів для викопного палива, урану та біопалива як середньозважене значення, враховуючи частки різних технологій у виробництві електроенергії. Даний показник є складовою загального висхідного коефіцієнту викидів і так само не включає прямих викидів від спалювання палива, а також не включає висхідні викиди, пов'язані із виробництвом технологічного обладнання.
- Коефіцієнт викидів, що характеризує викиди, пов'язані із втратами електроенергії в мережі при передачі та розподілі із урахуванням усього життєвого циклу (в кг CO_2 екв. на кВт·год).

3.2 Підхід міжнародних фінансових організацій

Міжнародні фінансові організації розробили спільний підхід до визначення коефіцієнта викидів та публікують відповідний набір даних для різних країн.¹⁷

Оскільки пріоритетом міжнародних фінансових організацій є вплив проектів, які фінансуються, на обсяги викидів, то методологічний підхід охоплює розрахунок граничних коефіцієнтів викидів:

- операційного граничного коефіцієнту;
- граничного коефіцієнту нових потужностей;
- комбінованого граничного коефіцієнту.

Усі три типи граничних коефіцієнтів викидів враховують лише дані про генерацію електроенергії всередині країн та не враховують торгівлю електроенергією між країнами.

Розрахунок стандартних значень **операційного граничного коефіцієнта** для різних країн базується на даних Міжнародного енергетичного агентства щодо виробництва електроенергії у розрізі палив та викидів CO_2 при виробництві електроенергії. При розрахунку використовується середнє значення для 3 років для згладжування коливань, а також коригуючий коефіцієнт для урахування споживання палива ТЕС на власні потреби. Інформація може також оновлюватися на основі національних даних,

16 IEA. Life Cycle Upstream Emissions Factors 2024, <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/life-cycle-upstream-emissions-factors-2024-2>; Life cycle Upstream Emission Factors 2024. Database documentation, https://iea.blob.core.windows.net/assets/62c02614-3753-48f6-b5f8-2206ecf356f0/IEAupstreamlifecycleemissionfactors_2024.pdf

17 Див. Methodology GHG Accounting for Grid Connected Renewable Energy Projects developed by the IFC Technical Working Group (TWG) on GHG Accounting, <https://unfccc.int/climate-action/sectoral-engagement/ifis-harmonization-of-standards-for-ghg-accounting/ifi-twg-list-of-methodologies>

коли такі дані стають доступними.

Операційний граничний коефіцієнт враховує генерацію електростанціями, які мають найвищі змінні експлуатаційні витрати на виробництво електроенергії. До них відносяться електростанції на природному газі та нафтопродуктах, а також на вугіллі. При цьому вважається, що атомні електростанції, гідроелектростанції, когенераційні установки та інші електростанції, включаючи на основі спалювання відходів та використання відновлюваних джерел енергії, як правило, забезпечують базову потужність (мають працювати у будь-якому випадку) або пов'язані із низькими експлуатаційними витратами, тому враховуються в операційному граничному коефіцієнті лише в окремих випадках.

Відповідно, для цілей розрахунку операційного граничного коефіцієнту враховується 50% найбільш витратної з експлуатаційної точки зору генерації на викопному паливі. Урахування лише половини генерації пов'язане із тим, що у багатьох країнах викопне паливо використовується також для забезпечення базової потужності в енергосистемі. Таким чином, у розрахунок операційного граничного коефіцієнту включають в першу чергу електростанції на природному газі та нафтопродуктах, а також додатково на вугіллі, якщо частка вугілля перевищує 50% від загальної генерації на викопному паливі. У випадках, коли генерація на невикопному паливі перевищує 50%, у розрахунок використовуються також електростанції з категорії «Інші» (ГЕС, АЕС, ВЕС, СЕС, біомаса, геотермальна тощо).

Граничний коефіцієнт нових потужностей розраховується на основі прогнозних даних Міжнародного енергетичного агентства (world energy model (WEM)), які дозволяють оцінити викиди CO₂ від нових електроенергетичних потужностей за різних сценаріїв. Для розрахунку граничного коефіцієнту нових потужностей використовується середній показник викидів для 8 майбутніх років за сценарієм наявних та заявлених політик та заходів в країні (Stated Policy Scenario (STEPS)) відповідно до останньої наявної версії World Energy Outlook (WEO). Для країн без детальних прогнозів при розрахунок граничного коефіцієнту нових потужностей використовується регресійний аналіз, що враховує прогноз для регіону, середній показник викидів за 3 роки та рівень ВВП на душу населення.

Комбінований граничний коефіцієнт поєднує граничний операційний коефіцієнт та граничний коефіцієнт нових потужностей у співвідношеннях, які залежать від типу проекту, для якого проводиться оцінка:

- для проектів з відновлюваної енергетики:
 - > для змінної генерації (сонячні та вітрові електростанції) - комбінований граничний коефіцієнт, який розраховується як 75% від операційного граничного коефіцієнта та 25% від граничного коефіцієнта для нових потужностей;
 - > для сталої генерації (наприклад, гідроенергетика, геотермальна, біомаса) - комбінований граничний коефіцієнт, який розраховується як 33% від операційного граничного коефіцієнта та 67% від граничного коефіцієнта для нових потужностей;
- для проектів із підвищення енергоефективності: комбінований граничний коефіцієнт, який розраховується як 33% від операційного граничного коефіцієнта та 67% від граничного коефіцієнта для нових потужностей;
- для проектів, які залежать від споживання електроенергії з мережі: комбінований граничний коефіцієнт, який розраховується як 33% від операційного граничного коефіцієнта та 67% від граничного коефіцієнта для нових потужностей;
- більш точні коефіцієнти викидів на основі додаткових досліджень мають використовуватися для проектів, які передбачають управління попитом на електроенергію через узгодження попиту та доступної генерації із певного джерела.

Очікувалося, що набір стандартних коефіцієнтів викидів буде оновлюватися щонайменше раз на два роки. Наразі доступний набір даних IFl Dataset (version 3.2), опублікований у квітні 2022 року.

3.3 Підхід для проектів Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату та Паризької угоди

У рамках механізму чистого розвитку РКЗК ООН було розроблено спеціальне керівництво для розрахунку коефіцієнту викидів для енергетичної системи¹⁸, яке вірогідно буде також використовуватися (після оновлення та адаптації) і для проектів в рамках ринкових механізмів Паризької угоди. У 2024 році відбувалися публічні консультації щодо оновлення даного керівництва.¹⁹ Коментарі, що надійшли в рамках консультацій, стосувалися підходів для узгодження коефіцієнтів із цілями Паризької угоди, зміни підходів до вибору коефіцієнтів, урахування технологій зберігання енергії, оцінки викидів від водосховищ ГЕС, використання моделювання енергетичних систем та інших аспектів.²⁰ Крім того, дане керівництво із незначними змінами також планується використовувати для проектів добровільних вуглецевих ринків.²¹

Дане керівництво використовує схожі підходи і коефіцієнти, які і методологія міжнародних фінансових організацій, однак є більш детальним щодо урахування специфіки різних енергосистем.

Керівництво визначає підхід для розрахунку викидів CO₂ для заміщення (внаслідок зменшення споживання чи збільшення виробництва) електроенергії шляхом розрахунку комбінованого граничного коефіцієнту для енергосистеми на основі операційного граничного коефіцієнту та граничного коефіцієнту нових потужностей.

Керівництво пропонує різні способи для обрахунку **операційного граничного коефіцієнту та граничного коефіцієнту нових потужностей**, які відрізняються потребою у даних (наприклад, дані щодо споживання палива та виробництва електроенергії для кожної окремої електростанції чи агреговані дані, потреба у погодинних даних щодо споживання палива та виробництва електроенергії, погодинних даних щодо навантаження в мережі, тощо). Крім того, керівництво містить схему прийняття рішень про спосіб обрахунку на основі характеристик мережі.

18 Methodological tool. Tool to calculate the emission factor for an electricity system. Version 07.0, <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-07-v7.0.pdf>

19 Article 6.4 SB, <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/paris-agreement-crediting-mechanism/calls-for-input/call-for-input-2024-acm0002-and-tool07>

20 Submission o the MDB Working Group on Article 6 of the Paris Agreement, https://unfccc.int/sites/default/files/resource/ACM0002_TOOL07_A6.4StakeholderInput_MDB%20WG_Clean.pdf

21 Verra. Consultation on Revision to CDM Tool to Calculate Electricity System Emission Factor, <https://verra.org/consultation-on-revision-to-cdm-tool-to-calculate-electricity-system-emission-factor/>

Таблиця 6. Методи обрахунку операційних граничних коефіцієнтів викидів

Метод обрахунку	Умови застосування та потреба в даних	Спосіб обрахунку
Простий операційний граничний коефіцієнт (Simple OM)	Частка низьковитратних / обов'язкових для включення (Low-cost/ must-run (LCMR)) джерел електроенергії є меншою 50% протягом останніх п'ять років або середня потужність низьковитратних / обов'язкових для включення джерел електроенергії є меншою за середнє найнижче навантаження в енергосистемі (Lowest annual system load (LASL)) за три роки.	Середньозважений (за обсягом генерації) показник викидів CO ₂ в т CO ₂ / МВт•год для усіх електростанцій енергосистеми за виключенням низьковитратних / обов'язкових для включення електростанцій. Може розраховуватися на основі даних для кожної окремої електростанції (Варіант А) або, якщо такі дані відсутні і до низьковитратних / обов'язкових для включення електростанцій включені лише атомні електростанції та електростанції на ВДЕ, на основі обсягу виробництва (нетто) усіх електростанцій енергосистеми, типів палива та даних про загальне споживання палива електростанціями енергосистеми.
Простий скоригований операційний граничний коефіцієнт (Simple adjusted OM)	Частка низьковитратних / обов'язкових для включення (Low-cost/must-run (LCMR)) джерел електроенергії є більшою за 50% протягом останніх п'яти років і середня потужність низьковитратних / обов'язкових для включення джерел електроенергії є більшою за середнє найнижче навантаження в енергосистемі (Lowest annual system load (LASL)) за три роки. Необхідні погодинні дані щодо навантаження в енергосистемі, але в разі їх відсутності метод може також використовуватися, коли найнижче навантаження в енергосистемі є більшим за 1/3 найвищого навантаження в енергосистемі.	Даний коефіцієнт є варіантом простого операційного граничного коефіцієнту. Для коригування використовується параметр λ – коефіцієнт, який відображає відсоток часу, коли низьковитратні / обов'язкові для включення електростанції працювали в граничному режимі у кожному році. Таким чином, цей метод враховує ситуації, коли низьковитратні / обов'язкові для включення електростанції використовуються для балансування і, як правило, зменшує граничний коефіцієнт викидів. Керівництво пропонує значення за замовчуванням для параметру λ залежно від частки низьковитратних / обов'язкових для включення електростанцій у виробництві електроенергії, а також окрему процедуру для розрахунку.

Метод обрахунку	Умови застосування та потреба в даних	Спосіб обрахунку
Аналіз диспетчерських даних (Dispatch data analysis)	Необхідні погодинні дані для кожної електростанції щодо виробництва електроенергії та споживання палива.	Метод може використовуватися лише для поточного моніторингу, але не для аналізу історичних даних, оскільки базується на аналізі диспетчерських даних в період роботи проектної електростанції.
Середній операційний граничний коефіцієнт (Average OM)	Використовується, коли найнижче навантаження в енергосистемі є меншим за 1/3 найвищого навантаження в енергосистемі. Необхідні щорічні агреговані дані для енергосистеми щодо обсягу виробництва електроенергії, типів та обсягів споживання палива.	Середній операційний граничний коефіцієнт розраховується як середнє значення показники викидів для усіх електростанцій, використовуючи такий же підхід як і для простого операційного граничного коефіцієнту, але також включаючи низьковитратні / обов'язкові для включення електростанції.

Граничний коефіцієнт нових потужностей покликаний оцінити викиди електростанцій, будівництво і майбутня робота яких може зазнати впливу проекту використання відновлюваних джерел енергії або підвищення енергоефективності. Для спрощення керівництво пропонує оцінювати даний коефіцієнт на основі аналізу питомих викидів найновіших існуючих електростанцій. При цьому, не враховуються електростанції, де відбувається реконструкція чи збільшення потужності. Керівництво пропонує детальний алгоритм для відбору переліку електростанцій, на основі даних яких має розраховуватися граничний коефіцієнт нових потужностей. Така вибірка електростанцій повинна охоплювати 20% від усього виробництва електроенергії і має включати принаймні п'ять найновіших електростанцій (навіть якщо обсяг їх генерації перевищує 20%). Як правило вибірка має обмежуватися електростанціями, введеними в дію протягом останніх 10 років, але якщо нових потужностей було мало, то може включати і електростанції, збудовані раніше. Граничний коефіцієнт нових потужностей розраховується як середньозважений (за обсягом генерації) показник викидів CO₂ в т CO₂ / МВт·год для електростанцій із обраної вибірки протягом останнього року, для якого наявні дані.

Комбінований граничний коефіцієнт розраховується як середньозважене значення операційного граничного коефіцієнту та граничного коефіцієнту нових потужностей або, в окремих випадках, за спрощеним підходом із використанням значень за замовчуванням.

Співвідношення для розрахунку середньозваженого значення залежать від типу проекту, для якого проводиться оцінка:

- для змінної генерації (сонячні та вітрові електростанції) – 75% від операційного граничного коефіцієнта та 25% від граничного коефіцієнта для нових потужностей;
- для інших проектів значення залежать від періоду оцінки:
 - > 50% від операційного граничного коефіцієнта та 50% від граничного коефіцієнта для нових потужностей для першого кредитного періоду;
 - > 25% від операційного граничного коефіцієнта та 75% від граничного коефіцієнта для нових потужностей для наступних періодів.

Для проектів сонячних та вітрових електростанцій підхід аналогічний до підходу міжнародних фінансових організацій, однак для інших типів проектів підхід до розрахунку комбінованого граничного коефіцієнту відрізняється.

Для окремих країн (найменш розвинуті країни, малі острівні держави, країни з малою кількістю проектів) в якості комбінованого граничного коефіцієнту дозволяється використовувати значення операційного граничного коефіцієнту.

У випадках, коли частка відновлюваних джерел енергії у встановленій потужності енергосистеми є меншою за 20%, дозволяється також використовувати стандартні значення граничного коефіцієнту нових потужностей:

- 0,326 т CO₂ / МВт·год, якщо в енергосистемі використовується природний газ для виробництва електроенергії; або
- 0,568 т CO₂ / МВт·год, якщо природний газ не використовується.

Якщо частка відновлюваних джерел енергії у встановленій потужності енергосистеми перевищує 20%, дозволяється використовувати значення граничного коефіцієнту нових потужностей рівному 0.

Відповідно до керівництва, у разі використання спрощених підходів до розрахунку комбінованого коефіцієнту, операційний граничний коефіцієнт має розраховуватися як середній операційний граничний коефіцієнт.

Варто відзначити, що керівництво розроблялося для проектів Механізму чистого розвитку, тому враховує специфіку країн, що розвиваються, яка не завжди може бути актуальною для інших країн.

Додаткові положення керівництва:

- при розрахунку операційного граничного коефіцієнта показник викидів для електроенергії, яка імпортується, може вважатися рівним нулю або розраховуватися окремо для енергосистеми, яка експортує електроенергію;
- експорт електроенергії не має відніматися від обсягів виробництва при розрахунку коефіцієнтів викидів;
- низьковитратні / обов'язкові для включення електростанції - це електростанції із низькими граничними витратами або ті, які постачають електроенергію в енергосистему не залежно від добових або сезонних коливань навантаження в енергосистемі; вони можуть включати гідроелектростанції, геотермальні, вітрові, низьковитратні електростанції на біомасі, атомні станції та сонячні електростанції; якщо електростанція на викопному паливі постачає електроенергію незалежно від добових або сезонних коливань навантаження в енергосистемі та це може бути підтверджено, вона також включається в дану категорію; крім того, імпорт електроенергії включається як єдина електростанція у цій категорії.

3.4 Методика оцінки питомих викидів для проектів спільного впровадження в Україні

Проекти спільного впровадження реалізувалися в Україні в межах першого періоду Кіотського протоколу (2008-2012 роки). Для цілей проектів була розроблена спеціальна методика розрахунку питомих викидів двоокису вуглецю при виробництві електричної енергії на теплових електростанціях та при її споживанні.²²

Методика охоплювала викиди лише при виробництві електричної енергії на теплових електростанціях та при її подальшому споживанні і містила вказівки щодо порядку розрахунку показників питомих викидів двоокису вуглецю, а також щодо джерел вихідних даних, які використовуються при розрахунках.

22 Наказ Національного агентства екологічних інвестицій України від 21.03.2011 №39 «Про затвердження Методики розрахунку питомих викидів двоокису вуглецю при виробництві електричної енергії на теплових електростанціях та при її споживанні», <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0039825-11#Text>

Розрахунок питомих викидів двоокису вуглецю при виробництві та споживанні електричної енергії тепловими електростанціями базувався на даних щодо:

- кількості електричної енергії, що відпущена тепловою електростанцією;
- витрати палива на відпуск електричної енергії;
- нижчої теплоти згоряння палива;
- втрати тепла з хімічною та механічною неповнотою згорання;
- технологічних витрат електричної енергії в електричних мережах.

Оскільки методика обмежувалася лише тепловими електростанціями, розрахунок базувався не на загальних статистичних даних, а на даних роботи окремих електростанцій, зокрема:

- дані щодо кількості відпущеної електричної енергії, витрат палива та його нижчої теплоти згоряння приймалися за інформацією річного звіту електростанції за формою державного статистичного спостереження №6-тп (річна) «Звіт про роботу теплової електростанції», що заповнювалася у відповідності з СОУ-Н МПЕ 40.1.08.552:2005.
- дані щодо втрати тепла з хімічною та механічною неповнотою згорання приймалися за інформацією річного звіту за відомчою формою №3-тех «Техніко-економічні показники роботи обладнання», що розраховувалися у відповідності з ГКД 34.09.103-96.

Додатково у розрахунках використовувалися дані щодо технологічних витрат електричної енергії в електричних мережах, що приймалися за даними річного звіту за формою 1-Б ТВЕ «Структура балансу електроенергії та технологічних витрат електроенергії на передачу по електричних мережах».

Підхід до розрахунку, використаний у методиці, відповідає підходу для розрахунку простого операційного граничного коефіцієнту викидів відповідно до керівництва для проектів чистого розвитку, яке діяло на час підготовки методики ($EF_{grid, OMSimple, y}$). Відповідно до керівництва, простий операційний граничний коефіцієнт викидів враховує викиди від усіх електростанцій, які постачають електроенергію в мережу, окрім електроустановок з категорії низьковитратних / обов'язкових для включення.²³

3.5 Вимоги GHG Protocol та керівництва до обліку викидів Обсягу 2 (Scope 2 Guidance)

GHG Protocol є загальновизнаним міжнародним стандартом обліку корпоративних викидів парникових газів та визначає основні принципи та правила щодо такого обліку, в тому числі обліку непрямих викидів від споживання електричної енергії.²⁴

Відповідно до GHG Protocol для Обсягу 2 (Scope 2) компанії мають обраховувати викиди від виробництва придбаної електричної енергії, а також теплової енергії, пари чи охолодження. Такі викиди відносяться до непрямих, оскільки фактичні викиди відбуваються не в операційних межах компаній, а в інших місцях – наприклад, на електростанціях.

В Україні корпоративний облік викидів лише набирає популярності, але компанії, які працюють на міжнародних ринках і міжнародні компанії, які мають активи в Україні, уже здійснюють такі обрахунки і потребують надійного джерела інформації про коефіцієнт викидів для електроенергії.

Scope 2 Guidance визначає два методи для розрахунку викидів від споживання електроенергії:

23 Tool to calculate the emission factor for an electricity system, https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-07-v1.1.pdf/history_view

24 GHG Protocol. Scope 2 Guidance, <https://ghgprotocol.org/scope-2-guidance>

- територіальний метод (location-based method), який відображає середні питомі викиди для електричної мережі, з якої відбувається споживання електроенергії;
- ринковий метод (market-based method), який відображає викиди від виробництва електроенергії, яку компанія свідомо обирає для закупівлі, або також може відобразити відсутність вибору для компанії.

Компанії, які працюють на ринках, де надається інформація від конкретних постачальників у формі будь-яких контрактних інструментів, мають звітувати про викиди Обсягу 2 (Scope 2), використовуючи і територіальний, і ринковий методи (подвійна звітність).

Компанії мають зазначити, який метод використовується для розрахунку загальних викидів, встановлення та відстежування досягнення цілі, а також обліку інших непрямих викидів в разі їх включення у розрахунок (Обсяг 3 (Scope 3)).

Для **територіального методу** використовується коефіцієнт викидів, розрахований на основі загальних статистичних даних про викиди та обсяг виробництва електроенергії для визначеної географічної території та визначеного періоду часу (середній коефіцієнт викидів для мережі). Він не повинен враховувати будь-які коригування через використання ринкових контрактних інструментів.

Поняття середнього коефіцієнту викидів електроенергії мережі може мати різні трактування, оскільки такі коефіцієнти можуть розраховуватися для різних цілей та можуть відрізнятися в частині включення окремих парникових газів, трактуванні біомаси та комбінованого виробництва тепла та електроенергії.

Зокрема, відповідно до вимог GHG Protocol будь-які викиди CH_4 або N_2O з біогенних джерел енергії мають бути враховані в Обсязі 2, тоді як викиди CO_2 від спалювання біопалива мають бути включені у звітність окремо за межами визначених обсягів викидів (як біогенні викиди). Для територіального методу середні коефіцієнти викидів найчастіше охоплюють лише викиди CO_2 , враховуючи спалювання біомаси як джерело енергії з нульовими викидами. Таке відхилення від загальних вимог має бути задокументоване компаніями у звітності. Якщо ж інформація про викиди від біомаси (CH_4 , N_2O та біогенні викиди CO_2) при виробництві електроенергії доступні або включені у коефіцієнти викидів, то вони мають включатися у звітність. Географічне охоплення при розрахунку середніх коефіцієнтів викидів має відображати чи бути близьким до меж розподілу електроенергії в мережі. Усі дані про обсяги генерації електроенергії та обсяги викидів у визначених межах мають бути враховані, а також врахованим має бути будь-який нетто фізичний імпорт або експорт електроенергії та відповідні обсяги викидів.

Часто є обмеження у доступності даних про середні коефіцієнти викидів – як правило, вони стають доступними через рік або два після періоду генерації електроенергії та утворення викидів. Компанії мають враховувати це та використовувати найбільш актуальні дані.

Варто пам'ятати, що середній коефіцієнт викидів відрізняється від граничних коефіцієнтів викидів для мережі, які відображають викиди лише тих електростанцій, які приймають участь у балансуванні мережі. Граничні коефіцієнти викидів не можна використовувати для корпоративного обліку викидів Обсягу 2, але доречно використовувати, наприклад, для оцінки скорочення викидів. Скорочення викидів чи обсяг викидів, яких вдалося уникнути ("avoided emissions") внаслідок проектів із використання відновлюваних джерел, можуть включатися у корпоративний звіт окремо для інформації, використовуючи керівництво для проектів - GHG Protocol Project Protocol.

Для **ринкового методу** використовуються коефіцієнти викидів із контрактних інструментів, що можуть включати будь-які договори між двома сторонами на купівлю-продаж енергії, в яких зафіксовано певні атрибути виробленої електроенергії, або окремі договори на купівлю визначених атрибутів електроенергії – сертифікатів (unbundled attribute claims), які містять певну інформацію про закуплену електроенергію, але не охоплюють власне купівлю-продаж електроенергії. Доступність тих чи інших контрактних інструментів залежить від країни та відповідного регуляторного середовища щодо

гарантій походження електроенергії, сертифікатів відновлюваної електроенергії, прямих договорів на купівлю електроенергії тощо. Крім того, для ринкового методу важлива інформація про специфічні для конкретних постачальників коефіцієнти викидів або інші стандартні коефіцієнти викидів, які відображають електроенергію та викиди, які неможливо відстежити через ринкові інструменти (так званий «залишковий мікс» або «залишкова структура виробництва електроенергії» / “residual mix”).

Коефіцієнт викидів для залишкової структури виробництва електроенергії відображає викиди від електроенергії, яка не покрита контрактними інструментами і розраховується за схожими принципами, як і коефіцієнт викидів для територіального методу, із вирахуванням тієї електроенергії, для якої використані контрактні інструменти.

Компанії не повинні робити спроб самостійно розрахувати специфічний для постачальника коефіцієнт викидів на основі даних про частки палива через можливі різні правила щодо розкриття інформації, які можуть вплинути на точність розрахованого показника. Специфічний для постачальника коефіцієнт має враховувати викиди від виробництва усієї закупленої електроенергії, але не враховувати будь-яку можливу купівлю вуглецевих сертифікатів (carbon offsets).

Компанії, які не використовують контрактні інструменти або не мають даних про коефіцієнти викидів за контрактними інструментами (наприклад, не купують будь-які сертифікати, не мають прямих договорів купівлі-продажу електроенергії і не мають інформації про коефіцієнт викидів від постачальника), для ринкового методу мають використовувати коефіцієнт викидів для залишкової структури виробництва електроенергії. Залежно від регіону та частки електроенергії, походження якої відстежується, такий коефіцієнт може бути близьким до середнього коефіцієнту мережі, але також може суттєво відрізнятись. Лише у разі відсутності даних про коефіцієнт викидів для залишкової структури виробництва електроенергії для ринкового методу може використовуватися середній коефіцієнт мережі як і у випадку територіального методу. Компанії не повинні робити спроб розрахувати коефіцієнт залишкової структури виробництва електроенергії самостійно.

Керівництво для обліку викидів Обсягу 2 GHG Protocol встановлює критерії якості для контрактних інструментів (Scope 2 Quality Criteria), які мають бути дотримані компаніями. Якщо наявні контрактні інструменти не відповідають критеріям, для ринкового методу мають бути використані інші джерела даних про викиди.

Обсяг 2 включає лише непрямі викиди від виробництва електроенергії, тому інші викиди, які пов'язані із видобуванням чи виробництвом палива, втратами електроенергії в мережі при транспортуванні або розподілі, не включаються до Обсягу 2, а можуть бути включеними до інших непрямих викидів Обсягу 3 (Категорія 3 – викиди, пов'язані із паливом та енергією, які не включені до Обсягу 1 або Обсягу 2). Відповідно, для розрахунку викидів Обсягу 2 необхідно використовувати лише коефіцієнти викидів для виробництва електроенергії (викиди на етапі генерації електричної енергії). У випадках, коли наявні коефіцієнти розраховані для кінцевих користувачів електроенергії, тобто включають втрати, їх необхідно розділити на викиди від виробництва та викиди, пов'язані із втратами електроенергії при транспортуванні і розподілі.

Загалом, компаніям рекомендується використовувати найбільш релевантні, достовірні та точні коефіцієнти викидів серед усіх наявних як для територіального, так і для ринкового методів.

3.6 Залишковий коефіцієнт викидів

Залишковий коефіцієнт викидів (residual mix emission factor) відображає викиди парникових газів для виробництва електроенергії, яка залишаються після виключення із розрахунку обсягу виробництва електричної енергії щодо якого були використані контрактні інструменти, включаючи гарантії походження. У країнах Європи розрахунок даного коефіцієнту тісно пов'язаний із функціонуванням системи гарантій походження електричної енергії із відновлюваних джерел. Іншими словами, такий коефіцієнт відображає викиди на МВт·год виробленої електроенергії, якщо брати до уваги

лише залишковий обсяг електричної енергії – той обсяг, який не покритий гарантіями походження. Відповідно, залишковий коефіцієнт викидів, як правило є вищим за середній коефіцієнт викидів для мережі.

Залишковий коефіцієнт викидів може використовуватися для розрахунку корпоративних викидів парникових газів Обсягу 2 за ринковим методом відповідно до положень GHG Protocol.

Метою даної системи обліку є уникнення подвійного урахування переваг від електроенергії, виробленої із відновлюваних джерел. Адже, якщо компанії чи інші споживачі звітують про споживання електроенергії із відновлюваних джерел на основі гарантій походження і відсутність викидів, а інші компанії або споживачі при цьому звітують про непрямі викиди від споживання електроенергії на основі середнього коефіцієнту викидів для мережі, то відбувається подвійний облік, оскільки уся електроенергія із відновлюваних джерел враховується при розрахунку середнього коефіцієнту викидів.

Для більшості європейських країн (34 країни) розрахунок залишкових коефіцієнтів викидів та публікація відповідної інформації здійснюється в Асоціацією органів-емітентів (AIB - The Association of Issuing Bodies) - асоціація випускаючих органів гарантій походження. Оскільки існує можливість торгівлі електроенергією між країнами і передачі гарантій походження в інші країни, розрахунок залишкового коефіцієнту має відбуватися централізовано та враховувати такі транзакції.

Розрахунок залишкового обсягу електроенергії здійснюється відповідно до спеціальної методики, яка враховує імпорт та експорт електроенергії різними країнами, а також міжнародні транзакції із гарантіями походження.²⁵ Залишковий обсяг електроенергії включає увесь обсяг електроенергії, походження якого не можна відстежити за допомогою контрактних інструментів, тому окрім електроенергії, виробленої із ископного палива, він може включати електроенергію, вироблену атомними електростанціями. Крім того, до залишкового обсягу можуть включатися анульовані гарантії походження електроенергії, виробленої з відновлюваних джерел, оскільки такі гарантії вже не можуть бути використані споживачами.

Прямі викиди від виробництва електроенергії базуються на національних даних (в разі наявності) або розраховуються на основі джерел виробництва електроенергії та коефіцієнтів викидів бази даних Ecoinvent (використовується для більшості країн). Коефіцієнти викидів визначаються для країни і основних технологій / джерел палива, тому можуть не відображати реальні характеристики палива, зміни ефективності виробництва електроенергії, різні підходи до розподілу викидів у випадку когенерації та деякі інші фактори.

Результати розрахунку залишкових коефіцієнтів для європейських країн публікуються щорічно.²⁶ Якщо увесь обсяг виробленої електроенергії можна відстежити за допомогою контрактних інструментів, то залишковий обсяг електроенергії буде дорівнювати нулю і відповідно не здійснюється розрахунок залишкового коефіцієнту викидів (в Австрії та Швейцарії весь обсяг спожитої електроенергії можна відстежити за допомогою гарантій походження і отримати інформацію про відповідні коефіцієнти викидів від постачальника електроенергії). Залишкові коефіцієнти викидів для електроенергії можуть розраховуватися і на рівні окремих країн.

Асоціація органів-емітентів також публікує значення розрахункових величин середніх коефіцієнтів викидів при виробництві електроенергії (production mix emission factor), однак через відмінність у методологічних підходах такі значення можуть відрізнятися від інших джерел інформації, зокрема, офіційних національних даних про середні коефіцієнти викидів. Оскільки для розрахунку викидів парникових газів для більшості країн використовуються коефіцієнти викидів бази даних Ecoinvent,

25 Issuance Based Residual Mix Calculation Methodology. Antti Kuronen, Marko Lehtovaara, Stefan Jakobsson, 31.03.2020, Version 1.2, <https://www.aib-net.org/facts/european-residual-mix>

26 European Residual Mixes. Results of the calculation of Residual Mixes for the calendar year 2023, https://www.aib-net.org/sites/default/files/assets/facts/residual-mix/2023/AIB_2023_Residual_Mix_FINALResults09072024.pdf

результати розрахунків не будуть враховувати усі національні особливості та національні підходи до розрахунку викидів від виробництва електроенергії.

Залишкові коефіцієнти викидів існують і для різноманітних інших систем відстеження походження електроенергії.²⁷

3.7 Екологічна цінність електричної енергії

У 2024 році в Україні було запроваджено механізм гарантій походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії²⁸ і наразі ведеться робота щодо створення умов для його повноцінного функціонування. Порядок видачі, обігу та погашення гарантій походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, зокрема, визначає функціонування реєстру гарантій походження, реєстрацію об'єктів, видачу, обіг та погашення гарантій походження. Інформація, що міститься в реєстрі гарантій походження, використовується для розкриття інформації споживачам електричної енергії про джерела енергії у загальній структурі балансу електричної енергії, придбаної постачальниками електроенергії та/або виробленої на їх власних генеруючих установках. Держателем та адміністратором реєстру гарантій походження є НКРЕКП як уповноважений орган щодо видачі, обігу та погашення гарантій походження на території України. Гарантія походження формується автоматично з використанням функціональних можливостей реєстру гарантій походження виключно на підставі сертифікованих даних комерційного обліку, що вносяться адміністратором комерційного обліку. Гарантія походження видається на обсяг електричної енергії із відновлюваних джерел енергії, відпущеної до системи передачі та/або системи розподілу, та/або в мережу інших власників, зокрема по прямій лінії, або виробленої та використаної для власного споживання електричної енергії. Гарантія походження не видається на електроенергію, вироблену гідроакмулюючими електростанціями. Видані гарантії походження можуть бути передані (шляхом переміщення між обліковими записами в реєстрі протягом 12 місяців із часу виробництва електроенергії), погашені (одноразово із припиненням подальшого обігу) або анульовані (якщо погашення не відбувається протягом 18 місяців). Гарантії походження потенційно можуть передаватися і за межі України на основі відповідних міжнародних договорів.

Погашення гарантій походження може відбуватися з метою підтвердження виробництва електроенергії із відновлюваних джерел; підтвердження виробництва товарів з використанням електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії; або розкриття інформації споживачу електричної енергії про джерела енергії у загальній структурі балансу електричної енергії, придбаної електропостачальниками та/або виробленої на їх власних генеруючих установках.²⁹

Постановою КМУ №227 також затверджено «Порядок визначення екологічної цінності електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії». Відповідно до порядку, екологічна цінність вимірюється у кілограмах CO₂ еквіваленту на 1 МВт·год електричної енергії та визначає усереднений обсяг парникових газів, який було б викинуто виробниками електричної енергії, що використовують теплоелектростанції у процесі виробництва електричної енергії з викопних видів палива, у разі заміщення електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії. Інформація про екологічну цінність міститься у гарантії походження, і гарантія походження засвідчує права її власника на екологічну цінність та позитивний ефект від виробництва електричної енергії з відновлюваних

27 Див. наприклад Residual Mix methodology for IREC issuing countries, https://www.trackingstandard.org/wp-content/uploads/NORSUS-Residual-Mix-Methodology_OR15.23.pdf

28 Постанова Кабінету Міністрів України від 27 лютого 2024 р. № 227 «Про запровадження гарантій походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії», <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/227-2024-%D0%BF#Text>

29 Відповідно до Порядку розкриття інформації споживачам електричної енергії про джерела енергії у загальній структурі балансу електричної енергії, придбаної електропостачальником та/або виробленої на його власних електроустановках, затвердженого постановою НКРЕКП від 27 грудня 2023 р. № 2626

джерел енергії. Адміністратор реєстру гарантій походження щороку до 31 грудня вносить до реєстру гарантій походження та публікує на своєму офіційному веб-сайті показник екологічної цінності електричної енергії на наступний рік. Розрахунок обсягу екологічної цінності проводиться Міненерго на підставі публічної інформації щодо річних обсягів викидів парникових газів сектору енергетики, визначених у національному кадастрі (категорія 1.A(a)s1 спільного формату звітності національного кадастру), та обсягів виробництва електричної енергії з викопних видів палива за даними фактичного балансу електричної енергії об'єднаної енергетичної системи України за період, що становить п'ять років та закінчується за два роки до року, в якому видається гарантія походження електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії.

Для 2024 року показник екологічної цінності електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, затверджено в обсязі 1232,84 кілограмів CO₂ еквіваленту на 1 МВт-год електричної енергії.³⁰

3.8 Підхід Європейського агентства з охорони довкілля

Європейське агентство з охорони довкілля (European Environment Agency) публікує інформацію про питомі викиди парникових газів при виробництві електричної енергії в Європі.³¹ Питомі викиди CO₂ розраховуються як відношення обсягу викидів CO₂ від виробництва електричної енергії та бруто обсягу виробництва електроенергії.

Розрахунки базуються на даних звітності про обсяги викидів парникових газів до РКЗК ООН та даних енергетичних балансів щодо загального виробництва електроенергії і електростанціями загального користування (main activity producers, статистичні коди GEP_MAPE та GEP_MAPCHP), і електростанціями підприємств (autoproducers, статистичні коди GEP_APE та GEP_ARCHP). Результати публікуються у г CO₂ екв. на кВт-год Дані про викиди парникових газів базуються на даних національних кадастрів викидів, що готуються відповідно до вимог РКЗК ООН та Європейського механізму моніторингу парникових газів (EU Greenhouse Gas Monitoring Mechanism).

Дані кадастрів викидів парникових газів від виробництва електроенергії (категорія 1A1a EEA) не розділяють викиди від виробництва теплової та електричної енергії у випадку когенерації, тому для такого розподілу використовується метод альтернативної генерації теплової енергії (допускається використання стандартного значення ККД виробництва тепла на рівні 90%). Крім того, дані національних кадастрів у даній категорії не включають дані про викиди від електростанцій підприємств (autoproducers), тому такі викиди оцінюються окремо шляхом множення співвідношення використання палива електростанціями підприємств до використання палива електростанціями загального користування (main activity producers) на розраховану величину викидів від виробництва електроенергії електростанціями загального користування. Іншими словами, викиди від виробництва електроенергії електростанціями підприємств приблизно оцінюються, припускаючи схожу вуглецеву інтенсивність як і в електростанцій загального користування. Для атомних електростанцій та електростанцій на відновлюваних джерелах енергії (включаючи частку біомаси у твердих побутових відходах та інші види біомаси) використовується нульовий коефіцієнт викидів, оскільки методика не включає викиди усього життєвого циклу.

30 Наказ Міністерства енергетики України «Про затвердження екологічної цінності електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії, на 2024 рік», https://mev.gov.ua/sites/default/files/field/file/nakaz-325-vid-030924_dod.pdf

31 Greenhouse gas emission intensity of electricity generation in Europe, <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1>

Дані про обсяги виробництва електричної енергії та обсяги споживання палива базуються на даних енергетичних балансів.³²

3.9 Оцінка на основі життєвого циклу

У деяких випадках для оцінки викидів від споживання електроенергії використовується підхід на основі життєвого циклу, що передбачає урахування викидів від видобування, виробництва та транспортування палива, яке використовується для генерації електричної енергії. Більше того, окремі дослідження враховують викиди, пов'язані із виробництвом та майбутнім демонтажем та утилізацією обладнання електростанцій, розподіляючи їх на увесь обсяг електроенергії, що може бути вироблений протягом усього терміну експлуатації обладнання. Крім того, даний підхід може також враховувати викиди, пов'язані із втратами електроенергії при транспортуванні та розподілі (коефіцієнт викидів для спожитої електроенергії на основі життєвого циклу). Дослідження коефіцієнтів викидів для електроенергії на основі життєвого циклу можуть відрізнятися за кількістю етапів життєвого циклу, які охоплюються, та деталізацією розрахунків.

У контексті використання електроенергії у транспорті даний метод також називають підходом «від свердловини до колес» (Well-To-Wheel approach) і використовують для порівняння із аналогічними розрахунками для інших видів палива. При цьому, викиди від виробництва та демонтажу обладнання, як правило, не враховуються через очікуваний незначний внесок у загальні значення.

Для прикладу, дослідження коефіцієнтів викидів для усього життєвого циклу для європейських країн враховувало такі джерела викидів³³:

- викиди від висхідних процесів постачання палива до електростанцій: видобування або вирощування (культивація земель та збір у випадку біомаси) палива, обробка палива, транспортування до місць виробництва електричної енергії;
- викиди від будівництва електростанцій: видобування корисних копалин для будівництва, виробництво матеріалів та обладнання, транспортування від місць виробництва до будівельних майданчиків, споживання енергії під час будівництва;
- викиди під час виробництва електроенергії: викиди від спалювання палива для виробництва електроенергії (для біомаси враховуються лише викиди CH_4 та N_2O , а для відходів враховується походження вуглецю у матеріалах), інші викиди пов'язані із обслуговуванням та ремонтом електростанцій;
- викиди від низхідних процесів: утилізація відходів, виведення електростанцій із експлуатації та рекультивація земельних ділянок.

На рівні ЄС за результатами дослідження середній коефіцієнт викидів на виробництво електроенергії, що враховує весь життєвий цикл, склав 296 г CO_2 екв. / кВт-год і включав:

- 251 г CO_2 екв. / кВт-год від спалювання палива (85%);
- 36 г CO_2 екв. / кВт-год від висхідних процесів споживання палива (12%);
- 9 г CO_2 екв. / кВт-год від будівництва електростанцій та їх виведення із експлуатації (3%).

Важливо відзначити, що величина викидів від висхідних процесів постачання палива залежить

32 Див. Complete energy balances (nrg_bal_c), https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/external/complete-energy-balances-nrg_bal_c та Simplified energy balances, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_bal_s/default/table?lang=en

33 icolae Scarlat, Matteo Prussi, Monica Padella, Quantification of the carbon intensity of electricity produced and used in Europe, Applied Energy, Volume 305, 2022, 117901, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117901>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261921012149>

від типів палива та способів їх видобутку, тому застосування єдиних стандартних коефіцієнтів для основних видів палива зменшує точність розрахунків. Як правило, найбільші викиди пов'язані із видобутком та постачанням вугілля і природного газу, однак висхідні викиди для біопалива можуть бути також високими і перевищувати висхідні викиди від постачання викопного палива. Як результат, в окремих країнах ЄС, які використовують великі обсяги викопного палива та біомаси, викиди від висхідних процесів постачання палива були значно вищими за середні показники і сягали 122 г CO₂ екв. / кВт·год

Для викопного палива, основним джерелом викидів є прямі викиди від спалювання палива, проте інші джерела викидів протягом життєвого циклу також можуть бути досить суттєвими і складати близько 60 – 100 г CO₂ екв. / кВт·год.

Викиди від будівництва електростанцій враховують викиди і для електростанцій на відновлюваних джерелах енергії (СЕС, ВЕС та інші), величина яких у розрахунку на кВт·год проте характеризується високою невизначеністю і залежить від припущень щодо терміну експлуатації та коефіцієнтів використання встановленої потужності. Величина таких викидів, як правило, коливається у межах 10 – 40 г CO₂ екв. / кВт·год.





4.

ПІДХОДИ ДО УРАХУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

4.1 Необхідність розподілу споживання палива та викидів

Комбіноване виробництво тепла та електроенергії (наприклад, на ТЕЦ), яке також називають «когенерацією», — це одночасне виробництво теплової (у вигляді гарячої води та / або пари) та електричної енергії в одному інтегрованому процесі.

Комбіноване виробництво електричної та теплової енергії дозволяє суттєво підвищити ефективність використання палива. Разом з тим, для потреб оцінки викидів на одиницю виробленої електричної енергії та теплової енергії виникає потреба розподілу споживання палива окремо на виробництво двох джерел енергії з використанням певних припущень і формул.

Існують дуже різні підходи до такого розподілу, які відрізняються складністю, потребою у даних та сферах застосування. Основними методами є такі:

- метод на основі показників ефективності,
- метод альтернативної генерації теплової енергії,
- метод альтернативної генерації електричної енергії,
- енергетичний метод,
- метод 1/3 до 2/3.

Існує і багато інших методів розподілу споживання палива та викидів для комбінованого виробництва теплової та електричної енергії, які розроблялися для різних потреб.^{34, 35} Водночас, також не існує консенсусу щодо найбільш оптимального методу розподілу, або принаймні алгоритму прозорого вибору найбільш відповідного методу залежно від конкретних потреб.³⁶

Різниця між методами може бути досить суттєва – до 30-50% і більше залежно від методів, які порівнюються.

Варто також зауважити, що методи у різних випадках описуються для різних цілей обліку (наприклад, для обліку на рівні окремої установки чи споживача, а не на рівні національної енергомережі), а тому не завжди можуть бути напряму використані для цілей розрахунку середнього національного коефіцієнту викидів парникових газів від виробництва та споживання електроенергії.

4.2 Метод на основі показників ефективності

Існує декілька підходів, які використовують для розподілу показники ефективності виробництва і теплової, і електричної енергії в когенераційних установках, а також показники ефективності для альтернативних способів окремого виробництва тепла та електроенергії.

34 CO2 emission allocation in CHP systems and recommendations, BSR LTDH project, https://www.lowtemp.eu/wp-content/uploads/2021/06/PPT_CO2Allocation.pdf

35 Allocation of GHG Emissions from a Combined Heat and Power (CHP) Plant. Guide to calculation worksheets (September 2006) v1.0 A. WRI/WBCSD GHG Protocol Initiative calculation tool, https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/CHP_guidance_v1.0.pdf

36 Allocation of carbon dioxide emissions to the by-products of combined heat and power plants: A methodological guidance, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667095X23000259>

У регуляторних документах щодо **механізму вуглецевого коригування імпорту (СВАМ)** використовується **метод на основі показників ефективності**. Зокрема, Регламент 2023/1773³⁷ містить правила щодо визначення споживання палива при виробництві теплової енергії когенераційними установками для розрахунку вуглецевого сліду продуктів (embedded emissions) (додаток III, розділ C.2.2), які також мають використовуватися для розрахунку коефіцієнтів викидів для електроенергії, виробленої на установках комбінованого виробництва теплової та електричної енергії (як зазначено у розділі D.4.2 регламенту). Додаткові роз'яснення надані у пункті 6.7.4 «Правила для комбінованого виробництва теплової та електричної енергії» Методичного документу щодо впровадження СВАМ для операторів установок за межами ЄС.³⁸

Загальні викиди від когенераційних установок визначаються на основі обсягів споживання палива, нижчої теплотворної здатності палива та коефіцієнтів викидів для відповідного типу палива, а також враховуючи технологічні викиди від очищення відхідних газів. Аналогічно, загальне використання енергії визначається на основі обсягів споживання палива та нижчої теплотворної здатності палива.

Розподіл споживання палива на виробництво теплової та електричної енергії відбувається на основі відповідних середніх коефіцієнтів корисної дії, які розраховуються як співвідношення нетто обсягу виробництва теплової енергії до загального використання палива в енергетичних одиницях (ККД для теплової енергії) та співвідношення нетто обсягу виробництва електричної енергії до загального використання палива в енергетичних одиницях (ККД для електричної енергії). Для цілей розрахунку обсягу споживання палива та виробництва різних видів енергії виражаються в єдиних енергетичних одиницях (ТДж). Якщо визначення ефективності виробництва теплової та електричної енергії з певних причин неможливе, мають використовуватися проектні дані відповідно до технічної документації, а якщо і такі дані відсутні, то можуть використовуватися консервативні значення за замовчуванням: 0,55 – для виробництва теплової енергії та 0,25 – для електричної енергії.

Власне коефіцієнти для розподілу викидів на виробництво теплової та електричної енергії розраховуються із використанням таких формул:

$$F_{CHP, heat} = \frac{\eta_{heat} / \eta_{ref, heat}}{\eta_{heat} / \eta_{ref, heat} + \eta_{el} / \eta_{ref, el}} \quad F_{CHP, el} = \frac{\eta_{el} / \eta_{ref, el}}{\eta_{heat} / \eta_{ref, heat} + \eta_{el} / \eta_{ref, el}}$$

Частка теплової енергії Частка електричної енергії

де:

- $F_{CHP, heat}$ – коефіцієнт для визначення частки теплової енергії;
- $F_{CHP, el}$ – коефіцієнт для визначення частки електричної енергії;
- η_{heat} – коефіцієнт корисної дії при виробництві теплової енергії когенераційною установкою;
- $\eta_{ref, heat}$ – коефіцієнт корисної дії при виробництві теплової енергії альтернативним методом (котлом);
- η_{el} – коефіцієнт корисної дії при виробництві електричної енергії когенераційною установкою;
- $\eta_{ref, el}$ – коефіцієнт корисної дії при виробництві електричної енергії альтернативним методом (електростанцією) без комбінованого виробництва електричної та теплової енергії.

37 Commission Implementing Regulation (EU) 2023/1773 of 17 August 2023 laying down the rules for the application of Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and of the Council as regards reporting obligations for the purposes of the carbon border adjustment mechanism during the transitional period, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1773>

38 Guidance document on CBAM implementation for installation operators outside the EU, <https://taxation-customs.ec.europa.eu/system/files/2023-12/Guidance%20document%20on%20CBAM%20implementation%20for%20installation%20operators%20outside%20the%20EU.pdf>

Стандартні коефіцієнти корисної дії для альтернативних методів окремого виробництва теплової та електричної енергії для різних типів палива та із урахуванням періоду будівництва потужностей наведені у Додатку IX регламенту.

Для прикладу, для окремого виробництва електричної енергії коефіцієнти корисної дії включають такі:

- 52,5% – для електростанцій на природному газі, збудованих до 2012 року;
- 44,2% – для електростанцій на вугіллі, включаючи вугілля антрацитової групи та газової групи;
- 33% – для електростанцій на сухій біомасі, включаючи пеллети та брикети, збудованих до 2012 року;
- 25% – для електростанцій на інших типах біомаси та твердих побутових відходах, збудованих до 2012 року;
- 42% – для електростанцій на біогазі, включаючи біогаз з анаеробного зброджування та полігонів твердих побутових відходів.

Для окремого виробництва теплової енергії коефіцієнти корисної дії включають такі:

- 90% – для водогрійних котлів на природному газі, встановлених до 2016 року;
- 70% – для водогрійних котлів на біогазі, включаючи біогаз з анаеробного зброджування та полігонів твердих побутових відходів, встановлених до 2016 року;
- 88% – для водогрійних котлів на вугіллі, включаючи вугілля антрацитової групи та газової групи, встановлених до 2016 року;
- 86% – для водогрійних котлів на сухій біомасі, включаючи пеллети та брикети, встановлених до 2016 року;
- 80% – для водогрійних котлів на інших типах біомаси та твердих побутових відходах, встановлених до 2016 року.

Додаток регламенту містить і інші стандартні значення для різних типів котлів, електростанцій, а також різного палива і періодів будівництва установок.

Відповідно, коефіцієнти викидів для теплової та електричної енергії при їх комбінованому виробництві визначаються шляхом множення визначеної частки на загальний обсяг викидів і ділення результату на обсяг виробництва теплової або електричної енергії відповідно.

Існує і дещо інший варіант розрахунку визначення часток на основі методу ефективності. Дане математичне вираження методу, зокрема, рекомендується до використання керівництвами до GHG Protocol.³⁹

У цьому розрахунку частки визначаються на основі пропорції палива, яке необхідне для окремого виробництва теплової та електричної енергії на двох окремих установках із урахуванням їх ефективності⁴⁰:

39 Allocation of GHG Emissions from a Combined Heat and Power (CHP) Plant. Guide to calculation worksheets (September 2006) v1.0 A. WRI/WBCSD GHG Protocol Initiative calculation tool, https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/CHP_guidance_v1.0.pdf

40 Формули, наведені у керівництві GHG Protocol, були адаптовані для використання однакових підходів та позначень у тексті дослідження.

$$F_{CHP, heat} = \frac{H / \eta_{ref, heat}}{H / \eta_{ref, heat} + P / \eta_{ref, el}}$$

Частка, віднесена на виробництво теплової енергії

$$F_{CHP, el} = 1 - F_{CHP, heat}$$

Частка, віднесена на виробництво електроенергії

де:

- $F_{CHP, heat}$ – коефіцієнт для визначення частки теплової енергії;
- $F_{CHP, el}$ – коефіцієнт для визначення частки електричної енергії;
- H – обсяг виробництва теплової енергії (пари);
- P – обсяг виробництва електричної енергії;
- $\eta_{ref, heat}$ – прийнята ефективність виробництва теплової енергії – коефіцієнт корисної дії при виробництві теплової енергії альтернативним методом (котлом);
- $\eta_{ref, el}$ – прийнята ефективність виробництва електричної енергії – коефіцієнт корисної дії при виробництві електричної енергії альтернативним методом (електростанцією) без комбінованого виробництва електричної та теплової енергії.

Показники ефективності використовуються для визначення кількості палива, а відповідно і обсягів викидів, необхідного для окремого виробництва теплової та електричної енергії. Рекомендується використання показників ККД, специфічних для певних умов виробництва енергії, однак у разі відсутності можна використовувати також стандартні значення.

Варто відзначити, що можуть бути інші методи розподілу на основі ефективності, в тому числі із урахуванням лише ефективності виробництва когенераційними установками.⁴¹

4.3 Метод альтернативної генерації теплової енергії

Метод альтернативної генерації теплової енергії (у Великобританії – Boiler Displacement Method, в Міжнародного енергетичного агентства – fixed-heat-efficiency approach) припускає, що тепла енергія, вироблена когенераційною установкою, заміщує теплову енергію, вироблену котлом із певним ККД (у Великобританії приймається ККД на рівні 81%, Міжнародне енергетичне агентство рекомендує значення 90%). Паливо або суміш палива вважається однаковою і для котла, і для когенераційної установки. Математично даний метод можна відобразити такими чином⁴²:

$$F_{CHP, heat} = \frac{H / \eta_{ref, heat}}{FC}$$

Частка, віднесена на виробництво теплової енергії

$$H_{fuel} = 1 - F_{CHP, heat}$$

Частка, віднесена на виробництво електроенергії

41 Allocation of carbon dioxide emissions to the by-products of combined heat and power plants: A methodological guidance, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667095X23000259>

42 Математичне формулювання може відрізнятися залежно від параметрів, які використовуються. Для прикладу, методологічний документ Міжнародного енергетичного агентства наводить формули для визначення споживання палива для виробництва електричної енергії, а не частки споживання палива для потреб виробництва електричної енергії. Див. https://iea.blob.core.windows.net/assets/bf862218-7fd8-4637-aca6-5a347b6ca4f1/IEA_Methodology_Emission_Factors_2023.pdf

$$H_{fuel} = FC - \frac{H}{\eta_{ref, heat}}$$

Обсяг споживання палива для виробництва теплової енергії

де:

- $F_{CHP, heat}$ – коефіцієнт для визначення частки теплової енергії;
- $F_{CHP, el}$ – коефіцієнт для визначення частки електричної енергії;
- FC – загальний обсяг споживання палива (в енергетичних одиницях);
- H – обсяг виробництва теплової енергії (пари);
- $\eta_{ref, heat}$ – прийнята ефективність виробництва теплової енергії – коефіцієнт корисної дії при виробництві теплової енергії альтернативним методом (котлом);
- H_{fuel} – обсяг споживання палива для виробництва теплової енергії.

Даний метод використовує Міжнародне енергетичне агентство та Європейське агентство з охорони довкілля.⁴³

4.4 Метод альтернативної генерації електричної енергії

Метод альтернативної генерації електричної енергії (у Великобританії - Power Station Displacement Method) припускає, що електрична енергія, вироблена когенераційною установкою, заміщує електричну енергію вироблену іншими електростанціями (без комбінованого виробництва теплової та електричної енергії) із визначеною ефективністю (у Великобританії приймається ефективність на рівні 47,6% - ефективність газової електростанції).

$$F_{CHP, el} = \frac{P / \eta_{ref, el}}{FC}$$

Частка, віднесена на виробництво електроенергії

$$F_{CHP, heat} = 1 - F_{CHP, el}$$

Частка, віднесена на виробництво теплової енергії

$$H_{fuel} = FC - \frac{P}{\eta_{ref, ref}}$$

Обсяг споживання палива для виробництва теплової енергії

де:

- $F_{CHP, heat}$ – коефіцієнт для визначення частки теплової енергії;
- $F_{CHP, el}$ – коефіцієнт для визначення частки електричної енергії;
- FC – загальний обсяг споживання палива (в енергетичних одиницях);

43 EEA, <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1>

- P – обсяг виробництва електричної енергії;
- $\eta_{ref, el}$ – прийнята ефективність виробництва електричної енергії – коефіцієнт корисної дії при виробництві електричної енергії альтернативним методом (електростанцією) без комбінованого виробництва електричної та теплової енергії.

4.5 Енергетичний метод

Енергетичний метод розподіляє викиди на основі енергетичної цінності кожного окремого енергетичного продукту. Даний метод пропонується в якості альтернативного керівництвом до GHG Protocol.⁴⁴

Енергетична цінність електричної енергії відповідає обсягу електроенергії, виробленою установкою. Енергетична цінність пари або гарячої води відповідає енергетичному вмісту пари чи гарячої води за вирахуванням енергії, що повертається у систему у вигляді конденсату (тобто корисна теплова енергія). Обсяг корисної теплової енергії може визначатися як добуток кількості пари в тоннах на різницю ентальпій виробленої пари та конденсату (значення ентальпій наводяться у спеціальних таблицях для відповідних показників температури та тиску). Це метод особливо підходить до випадків, коли пара використовується для технологічних потреб.

Частки для розподілу викидів визначаються відповідно до частки енергетичної цінності окремого виробленого продукту до загальної енергетичної цінності теплової та електричної енергії. Даний метод є відносно простим та прозорим, і тому часто використовується, однак він не враховує різниці між енергетичною цінністю теплової та електричної енергії (іншими словами – він не враховує якісні характеристики різних типів енергії).

$$F_{CHP, heat} = \frac{H}{H+P}$$

Частка, віднесена на виробництво теплової енергії

$$F_{CHP, el} = 1 - F_{CHP, heat}$$

Частка, віднесена на виробництво електроенергії

де:

- $F_{CHP, heat}$ – коефіцієнт для визначення частки теплової енергії;
- $F_{CHP, el}$ – коефіцієнт для визначення частки електричної енергії;
- H – обсяг виробництва теплової енергії (пари);
- P – обсяг виробництва електричної енергії.

4.6 Метод 1/3 до 2/3

У **Великобританії** для об'єктів, які беруть участь у схемі підписання кліматичних договорів (UK Climate Change Agreements), використовується так званий **метод 1/3 до 2/3** (DUKES), основним припущенням якого є вдвічі більша потреба палива на виробництво одиниці електричної енергії, ніж на виробництво

44 Allocation of GHG Emissions from a Combined Heat and Power (CHP) Plant. Guide to calculation worksheets (September 2006) v1.0 A. WRI/WBCSD GHG Protocol Initiative calculation tool, https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/CHP_guidance_v1.0.pdf

одиниці теплової енергії.⁴⁵ Такий підхід базується на даних щодо ефективності виробництва електроенергії, яка може варіюватися на рівні 25% - 50%, тоді як ефективність виробництва теплової енергії котлами коливається в діапазоні 50% - 90%.

Для розрахунку споживання палива на окремі види енергії використовуються такі формули⁴⁶:

$$F_{CHP, el} = \frac{2P}{2P+H}$$

Частка, віднесена на виробництво електроенергії

$$P_{fuel} = \frac{2FC}{2P+H} \times P$$

Обсяг споживання палива для виробництва електричної енергії

$$F_{CHP, heat} = \frac{H}{2P+H}$$

Частка, віднесена на виробництво теплової енергії

$$H_{fuel} = \frac{FC}{2P+H} \times H$$

Обсяг споживання палива для виробництва теплової енергії

де:

- $F_{CHP, heat}$ – коефіцієнт для визначення частки теплової енергії;
- $F_{CHP, el}$ – коефіцієнт для визначення частки електричної енергії;
- FC – загальний обсяг споживання палива (в енергетичних одиницях);
- P – обсяг виробництва електричної енергії;
- H – обсяг виробництва теплової енергії (пари);
- P_{fuel} – обсяг споживання палива для виробництва електричної енергії;
- H_{fuel} – обсяг споживання палива для виробництва теплової енергії.

4.7 Підхід на основі даних окремих установок

Хоч методи, описані вище, розроблялися для різних цілей, усі вони можуть бути адаптовані для використання агрегованих даних на національному рівні та припущень про типову ефективність виробництва теплової та електричної енергії в країні. Принципово іншим підходом може бути використання детальних даних кожної окремої установки та розрахунок споживання палива окремо на виробництво теплової та електричної енергії на рівні установки.

Такий підхід дозволяє врахувати індивідуальні особливості конкретних когенераційних установок (показники ефективності, особливості палив, технічний стан, відсоток витрат електроенергії на власні потреби, режими навантаження тощо) та зовнішні фактори (температура охолоджуючого середовища, погодні особливості опалювального періоду в конкретному році - температура зовнішнього повітря та відповідне теплове навантаження згідно індивідуального температурного графіку конкретної тепломережі), які безпосередньо впливають на показники роботи установок та питомі викиди.

45 Department for Energy Security and Net Zero, 2023 Government Greenhouse Gas Conversion Factors for Company Reporting Methodology Paper for Conversion Factors Final Report, <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/647f50dd103ca60013039a8a/2023-ghg-cf-methodology-paper.pdf>

46 Позначення величин змінено у порівнянні із джерелом для забезпечення узгодженості із іншими частинами документу.

Водночас, такий підхід потребує значно більшого обсягу даних, що зумовлено значною кількістю установок, на основі форм статистичної звітності або інших джерел інформації. Наприклад, у формах статистичної звітності 4а-НКРЕКП, 3-ТЕХ-ТЕС, 6-тп, для конкретної установки наводяться дані по питомим витратам умовного палива (окремо на теплову та електричну енергію, порашовані згідно затверджених галузевих методик), які можуть бути безпосередньо використані для розрахунку вуглецеємності виробленої теплової та електричної енергії для цієї установки. Використання такого методу можливо і доцільно у випадку відносно невеликої кількості установок для комбінованого виробництва теплової та електричної енергії або наявності ефективної оцифрованої системи збору та аналізу даних на рівні установок.

Для прикладу, методика, яка використовувалася для проектів спільного впровадження відповідно до механізмів Кіотського протоколу,⁴⁷ обмежувалася лише тепловими електростанціями і використовувала дані статистичної звітності для розрахунку фактичної витрати палива в натуральному обчисленні на відпущену електричну енергію електростанцією. Формула розрахунку базується на даних загальної фактичної витрати виду палива на відпуск електричної та теплової енергії в натуральному обчисленні електростанцією та даних щодо споживання умовного палива окремо для виробництва електричної енергії відповідно до форм статистичної звітності (форма N 6-ТП "Звіт про роботу теплової електростанції"):

$$V_{\text{нпе}, m, y, i} = V_{\text{нп}, m, y, i} \times \frac{V_{\text{упе}, m, y}}{V_{\text{уп}, m, y}}$$

де:

- $V_{\text{нпе}, m, y, i}$ – фактична витрата i -го виду палива в натуральному обчисленні на відпущену електричну енергію електростанцією m у році y (у тонах або тис. м³);
- $V_{\text{нп}, m, y, i}$ – фактична витрата i -го виду палива в натуральному обчисленні на відпуск електричної та теплової енергії електростанцією m у році y (у тонах або тис. м³);
- $V_{\text{упе}, m, y}$ – фактична витрата умовного палива на відпущену електричну енергію електростанцією m у році y (у тонах умовного палива);
- $V_{\text{уп}, m, y}$ – фактична витрата умовного палива на відпуск електричної та теплової енергії електростанцією m у році y (у тонах умовного палива).

4.8 Підсумки та вибір методу

При комбінованому виробництві теплової та електричної енергії результати розподілу споживання палива, а відповідно і викидів парникових газів, окремо на виробництво електричної енергії для цілей розрахунку коефіцієнтів викидів залежать від обраного методу та прийнятих припущень.

Існують також відмінності у потребі у даних для використання різних методів. Більшість методів потребує даних щодо виробництва теплової та електричної енергії, тоді як деякі додатково потребують даних або припущень щодо ККД виробництва теплової та електричної енергії альтернативними способами або обсягів використання палива когенераційною установкою для безпосереднього використання у розрахунках або для обчислення ефективності виробництва теплової та електричної енергії когенераційною установкою.

47 Методика розрахунку питомих викидів двоокису вуглецю при виробництві електричної енергії на теплових електростанціях та при її споживанні, затверджена наказом Національного агентства екологічних інвестицій України №39 від 21.03.2011 р., <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0039825-11#Text>

Таблиця 7. Потреба у даних для різних методів розподілу споживання палива та викидів при комбінованому виробництві теплової та електричної енергії

Метод	Рекомендації щодо використання	Потреба у даних				
		Використання палива	Виробництво теплової енергії	Виробництво електроенергії	Припущення про ККД виробництва тепла альтернативним методом	Припущення про ККД виробництва електроенергії альтернативним методом
Метод на основі показників ефективності	CBAM Regulation, GHG Protocol Guidance	+	+	+	+	+
Метод альтернативної генерації теплової енергії	MEA, Department for Energy Security and Net Zero (Великобританія)	+	+		+	
Метод альтернативної генерації електричної енергії	Department for Energy Security and Net Zero (Великобританія)	+		+		+
Енергетичний метод	КОВІЗЕ (Польща)		+	+		
Метод 1/3 до 2/3	Department for Energy Security and Net Zero (Великобританія) - основний метод		+	+		

Результати розрахунків частки виробництва електричної енергії у загальному споживанні палива та викидах парникових газів можуть суттєво відрізнятись, залежно від обраного методу та припущень. Розрахунки на основі наявних обмежених статистичних даних для 2020-2023 років демонструють результати у діапазоні від 24% до 67% (Таблиця 8). Найменші показники притаманні для енергетичного методу, а найбільша частка - для методу альтернативної генерації електричної енергії із відносно низьким ККД.

Чим більші обсяги виробництва та частка когенерації у загальному виробництві електричної енергії, тим більший вплив матиме вибір методу та припущень на результати розрахунків коефіцієнтів викидів для виробництва та споживання електричної енергії. Менша частка, віднесена на виробництво електричної енергії, зменшуватиме коефіцієнти і навпаки.

Належне урахування комбінованого виробництва теплової та електричної енергії при розрахунку коефіцієнтів викидів також важливе в контексті можливих майбутніх змін в енергосистемі і використання високоефективної когенерації для підвищення надійності енергопостачання та ефективності використання енергоресурсів.

Таблиця 8. Результати модельних розрахунків на основі різних методів та припущень

Метод розподілу	2020	2021	2022	2023
Частка, віднесена на виробництво електричної енергії				
Метод на основі показників ефективності (CBAM Regulation) - розрахункова ефективність на основі обсягів виробництва та споживання палива	51%	40%	39%	44%
Метод на основі показників ефективності (CBAM Regulation) - стандартна ефективність	48%	48%	48%	48%
Метод на основі показників ефективності (GHG Protocol) - референтні значення ефективності із CBAM regulation	51%	40%	39%	44%
Метод на основі показників ефективності (GHG Protocol) - референтні значення ефективності на основі припущень про національні показники	61%	50%	48%	54%
Метод альтернативної генерації теплової енергії (підхід МЕА - ККД виробництва тепла на рівні 90%)	57%	50%	52%	56%
Метод альтернативної генерації теплової енергії (ККД виробництва тепла на рівні 81%)	52%	45%	46%	51%
Метод альтернативної генерації електричної енергії (ККД виробництва електричної енергії на рівні 30%)	67%	50%	45%	52%
Метод альтернативної генерації електричної енергії (ККД виробництва електричної енергії на рівні 44.2%)	45%	34%	30%	35%
Енергетичний метод	34%	25%	24%	28%
Метод 1/3 до 2/3	51%	40%	38%	44%
Частка, віднесена на виробництво теплової енергії				
Метод на основі показників ефективності (CBAM Regulation) - розрахункова ефективність на основі обсягів виробництва та споживання палива	49%	60%	61%	56%
Метод на основі показників ефективності (CBAM Regulation) - стандартна ефективність	52%	52%	52%	52%
Метод на основі показників ефективності (GHG Protocol) - референтні значення ефективності із CBAM regulation	49%	60%	61%	56%
Метод на основі показників ефективності (GHG Protocol) - референтні значення ефективності на основі припущень про національні показники	39%	50%	52%	46%
Метод альтернативної генерації теплової енергії (підхід МЕА - ККД виробництва тепла на рівні 90%)	43%	50%	48%	44%
Метод альтернативної генерації теплової енергії (ККД виробництва тепла на рівні 81%)	48%	55%	54%	49%
Метод альтернативної генерації електричної енергії (ККД виробництва електричної енергії на рівні 30%)	33%	50%	55%	48%

Метод розподілу	2020	2021	2022	2023
Метод альтернативної генерації електричної енергії (ККД виробництва електричної енергії на рівні 44.2%)	55%	66%	70%	65%
Енергетичний метод	66%	75%	76%	72%
Метод 1/3 до 2/3	49%	60%	62%	56%

Для цілей розрахунку національних коефіцієнтів викидів пропонується використати **метод альтернативної генерації теплової енергії**. Використання даного методу потребує даних про загальне споживання палива та виробництво теплової енергії і припущення лише про ефективність виробництва тепла альтернативними способами. Крім того, використання даного методу забезпечить відповідність підходам Міжнародного енергетичного агентства і кращу порівнянність даних. Альтернативою, у разі підтвердження доступності даних, може бути використання підходу на основі даних окремих установок для більш точної оцінки викидів.



A miniature model of a wind turbine and a tree on a solar panel. The wind turbine is white with three blades, mounted on a grey base with two small rectangular panels. The tree is green with a brown trunk, also on a grey base. Both are placed on a dark solar panel with a grid pattern. The background is a blurred indoor setting with a window and greenery.

5

ОПИС

МЕТОДОЛОГІЧНОГО

ПІДХОДУ

5.1 Важливість узгодженого методологічного підходу

Для ефективного планування кліматичної політики на рівні держави або окремих компаній потрібне чітке розуміння джерел та обсягів викидів парникових газів, а також узгоджені підходи до обліку викидів.

Оскільки виробництво і споживання електроенергії є суттєвим джерелом викидів, наявність узгодженого методологічного підходу та єдиного джерела інформації про різні типи коефіцієнтів викидів є важливим для належної оцінки впливу на клімат та переваг від впровадження різних заходів та політик.

Узгодженість методологічного підходу включає аспекти, пов'язані із методом розрахунку коефіцієнтів викидів і усіх проміжних етапів, сферою охоплення джерел викидів та виробництва електричної енергії, а також якості даних щодо споживання палива, коефіцієнтів викидів для палива та обсягів відпуску електроенергії в мережу.

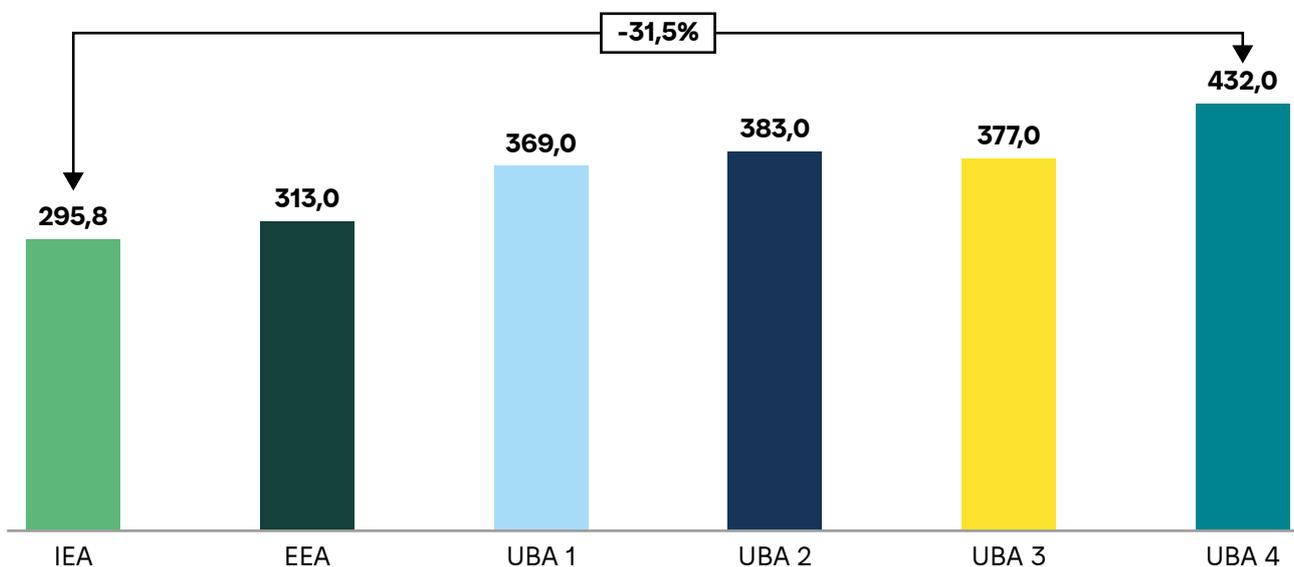


Рисунок 1. Розбіжності у значеннях середнього коефіцієнта викидів для електроенергії в Німеччині за даними різних джерел / підходів до розрахунку (г CO₂ екв. на кВт·год).

Джерело: дослідження про коефіцієнти викидів для Німеччини⁴⁸

Дослідження демонструють, що залежно від джерела інформації та підходу до розрахунку, коефіцієнти викидів для електроенергії можуть суттєво відрізнятися. Для прикладу, середній коефіцієнт викидів для Німеччини у 2020 році за даними Міжнародного енергетичного агентства становим 295,8 г CO₂ / кВт·год (IEA на рисунку). Екологічна агентство Німеччини (Umweltbundesamt або UBA) наводить розрахунки за різними підходами, зокрема, в частині урахування міжнародної торгівлі електроенергією, визначення меж обрахунку (лише прямі викиди від спалювання чи викиди на основі усього життєвого циклу) та урахування різних парникових газів (усі основні парникові гази або лише CO₂). Як наслідок, значення коефіцієнта викидів коливається між 369 і 432 г CO₂ екв. / кВт·год. Навіть найменше значення, яке враховує лише прямі викиди CO₂ від спалювання палива і не враховує торгівлю електроенергією,

48 Malte Schäfer, Felipe Cerdas, Christoph Herrmann. Towards standardized grid emission factors: methodological insights and best practices, Energy Environ. Sci., 2024, 17, 2776–2786, <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2024/ee/d3ee04394k>

суттєво відрізняється від даних МЕА та Європейського агентства з охорони довкілля. Загалом же, різниця між найбільшим та найменшим значенням складає 31.5%.⁴⁹

Для узгодження методологічного підходу важливе урахування таких аспектів:

- визначення меж для оцінки викидів при виробництві електричної енергії – урахування лише прямих викидів від спалювання палива чи також непрямих викидів, пов'язаних із видобуванням і транспортуванням палива або будівництвом електростанцій;
- визначення парникових газів, які враховуються при розрахунку коефіцієнтів викидів: урахування лише викидів CO₂ чи також інших парникових газів на основі показників потенціалу глобального потепління;
- вибір методу для розподілу викидів при комбінованому виробництві теплової та електричної енергії;
- визначення підходу до урахування або неврахування електростанцій підприємств, які виробляють електроенергію для власних потреб, але також можуть постачати електроенергію до загальної мережі; вплив даного фактору на коефіцієнт викидів особливо великий, коли в обчисленні враховується лише виробництво електроенергії або лише обсяги викидів, але не обидві величини;
- визначення підходу до урахування власного споживання електроенергії електростанціями, тобто використання або загального виробництва електроенергії або відпуску електроенергії при розрахунку коефіцієнтів викидів;
- рішення щодо урахування міждержавної торгівлі електроенергією (імпорту та експорту) при розрахунку; при урахуванні торгівлі необхідно враховувати обсяги нетто імпорту у розрізі країн та основних інтерконекторів, а також мати інформацію про коефіцієнти викидів для мереж, з яких імпортується електроенергія;
- інші фактори, які можуть впливати на розрахунок, включають урахування втрат при використанні різних технологій збереження електроенергії, в тому числі ГАЕС, та деталізація даних, які використовуються у розрахунках (річні, добові чи погодинні дані).

Урахування втрат при транспортуванні і розподілі електроенергії також впливає на відповідні результати, однак відповідно до практик використання коефіцієнтів викидів рекомендується розраховувати коефіцієнти викидів і з урахуванням втрат, і без урахування втрат (або коефіцієнту викидів без урахування втрат і окремого коефіцієнту для втрат електроенергії при транспортуванні).

Вибір варіантів для кожного із цих аспектів може призводити до різниці у розрахованих коефіцієнтах викидів від кількох відсотків до десяти відсотків та більше. Відповідно, поєднання різних варіантів може призводити до розбіжностей у коефіцієнтах викидів на рівні 10-20% і більше.

5.2 Методологічний підхід до обрахунку середніх коефіцієнтів викидів

Даний розділ описує обраний методологічний підхід для розрахунку таких коефіцієнтів:

- **Середнього коефіцієнту для відпущеної електроенергії**, який відображає середні питомі викиди усіх електростанцій об'єднаної енергетичної системи України на одиницю відпущеної електроенергії;

49 Malte Schäfer, Felipe Cerdas, Christoph Herrmann. Towards standardized grid emission factors: methodological insights and best practices, Energy Environ. Sci., 2024, 17, 2776–2786, <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2024/ee/d3ee04394k>

- **Середнього коефіцієнту для споживання електроенергії** кінцевими споживачами, який відображає середні питомі викиди на одиницю спожитої електроенергії і враховує викиди від виробництва електроенергії та втрати при її передачі та розподілі.

Методологічний підхід до розрахунку середніх коефіцієнтів викидів базується на таких вихідних умовах:

- враховуються лише прямі викиди від спалювання палива, тоді як непрямі викиди, пов'язані із видобуванням і транспортуванням палива або будівництвом електростанцій не враховуються;
- враховуються лише викиди CO₂ (включення інших парникових газів, в тому числі від використання біомаси, рекомендується розглянути у майбутньому);
- для розподілу викидів при комбінованому виробництві теплової та електричної енергії окремо на теплову енергію та електричну енергію використовується метод альтернативної генерації теплової енергії;
- при розрахунку не враховуються викиди та виробництво електроенергії, що постачається в мережу електростанціями підприємств.
- розрахунок базується на обсягах відпуску електроенергії в мережу (net generation);
- при розрахунку не враховується імпорт та експорт електроенергії.

5.2.1 Середній коефіцієнт викидів для відпущеної електроенергії

Середній коефіцієнт викидів для відпущеної електроенергії, або показник питомих викидів для відпущеної електричної енергії, розраховується як відношення усіх викидів від використання палива для виробництва електроенергії до загального відпуску електроенергії і вимірюється в кг CO₂ еквіваленту на кВт·год (т CO₂ еквіваленту на МВт·год) відпущеної електроенергії. Загальний відпуск електроенергії враховує відпуск від всіх електростанцій, підключених до мережі (і теплових електростанцій, які використовують викопне паливо, і інших електростанцій, зокрема, атомних електростанцій і електростанцій, що використовують відновлювані джерела енергії).⁵⁰

$$EF_{average, grid, CO_2} = \frac{E}{P}$$

де:

- $EF_{average, grid, CO_2}$ – середній коефіцієнт викидів для відпущеної електричної енергії в кг CO₂ екв. на кВт·год (тонн CO₂ екв. на МВт·год);
- E – загальний обсяг викидів парникових газів при виробництві електричної енергії електростанціями ОЕС України в тоннах CO₂ еквіваленту;
- P – загальний відпуск електричної енергії електростанціями ОЕС України в тис. кВт·год (МВт·год).

Використання палива для виробництва електричної енергії і відповідні викиди парникових газів від його спалення повинні враховувати як процеси виробництва лише електроенергії, так і комбіноване виробництво електричної та теплової енергії. При цьому, для комбінованого виробництва необхідно розділяти витрати палива та викиди і виділяти окремо викиди для виробництва електричної енергії.

Ураховуючи необхідність розрахунку загального обсягу викидів парникових газів при виробництві електричної енергії електростанціями ОЕС України формулу можна записати таким чином:

50 IEA, Emissions Factors 2023. Database documentation, https://iea.blob.core.windows.net/assets/bf862218-7fd8-4637-aca6-5a347b6ca4f1/IEA_Methodology_Emission_Factors_2023.pdf

$$EF_{average, grid, CO_2} = \frac{44}{12} \times \frac{\sum FC_{ij} \times Q_{ij} \times EF_{ij} \times k_{ij}}{P}$$

- $EF_{average, grid, CO_2}$ – середній коефіцієнт викидів для виробництва електричної енергії, т CO₂ на тис. кВт·год (т CO₂ на МВт·год);
- FC – фактична витрата *i*-го виду палива в натуральному обчисленні для виробництва електричної енергії у тоннах або тисячах метрів кубічних залежно від типу палива; у випадку виробництва лише електричної енергії відповідає загальній витраті палива, а у випадку комбінованого виробництва електричної та теплової енергії розраховується за методом альтернативного виробництва теплової енергії, описаним нижче;
- Q – нижча теплота згоряння натурального палива на робочу масу для *i*-го виду палива, що було використано для виробництва електричної енергії, в ТДж на тонну або ТДж на тис. м³ залежно від типу палива; у разі необхідності здійснюється переведення у відповідні енергетичні одиниці (наприклад з ккал на кг у ТДж на тонну);
- EF – коефіцієнт викидів вуглецю при спалюванні *i*-го виду палива, що було використано для виробництва електричної енергії, в тоннах вуглецю (C) на ТДж;
- k – коефіцієнт окислення вуглецю для *i*-го виду палива, що було використано для виробництва електричної енергії, при його спалюванні на електростанції у відносних одиницях;
- P – обсяг електричної енергії, відпущеної усіма електростанціями до енергосистеми в тис. кВт·год;
- 44/12 – коефіцієнт перерахунку маси вуглецю в масу двоокису вуглецю на основі співвідношення молярних мас;
- *i* – індекс виду та / або марки / типу палива, що використовується на електростанціях для виробництва електричної енергії;
- *j* – індекс окремої електростанції або групи електростанцій (для прикладу для ТЕС чи ТЕЦ розрахунок може проводитися для кожної електростанції окремо, враховуючи фактичні витрати палива, нижчу теплоту згоряння та інші характеристики, або електростанції можуть бути об'єднані в групи і розрахунок може здійснюватися на основі загальних статистичних даних для даного типу електростанцій).

Розрахунок здійснюється для кожного календарного року на основі фактичних даних. Для розрахунку важливо враховувати інформацію про структуру виробництва електричної енергії і класифікації, які використовуються при зборі статистичної інформації.

Середній коефіцієнт викидів для виробництва електроенергії може використовуватися для обліку непрямих викидів Обсягу 2 (від споживання придбаної електроенергії з мережі).

Витрати палива для виробництва електричної енергії

В Україні викопне паливо використовується для виробництва електроенергії на ТЕС, ТЕЦ та електростанціях підприємств.

Для урахування комбінованого виробництва теплової та електричної енергії, враховуючи наявність та доступність статистичних даних на момент виконання цього дослідження, пропонується використовувати метод альтернативної генерації теплової енергії.

$$F_{CHP, heat} = \frac{H / \eta_{ref, heat}}{FC}$$

Частка, віднесена на виробництво теплової енергії

$$F_{CHP, el} = 1 - F_{CHP, heat}$$

Частка, віднесена на виробництво електроенергії

де:

- $F_{CHP, heat}$ – коефіцієнт для визначення частки теплової енергії;
- $F_{CHP, el}$ – коефіцієнт для визначення частки електричної енергії;
- H – обсяг відпуску теплової енергії;
- $\eta_{ref, heat}$ – прийнята ефективність виробництва теплової енергії – коефіцієнт корисної дії при виробництві теплової енергії альтернативним методом (котлом);
- FC – загальний обсяг споживання палива (в енергетичних одиницях).

Дані щодо витрат палива для виробництва електричної енергії можуть базуватися на даних окремих електростанцій (на основі показників форм статистичної звітності 3-ТЕХ ТЕС «Звіт електростанції з техніко-економічних показників роботи устаткування», 4-а-НКРЕКП «Виробництво електричної та теплової енергії (місячна)») або груп електростанцій (наприклад, усіх ТЕС загального користування на основі наявної статистичної інформації).

Нижча теплота згоряння палива

Для узгодження із системою національного обліку викидів дані щодо нижчої теплоти згоряння палива базуються на даних Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України.⁵¹

Нижча теплота згоряння для природного газу та вугілля, яке спалюється на ТЕС, базується на національних даних. Згідно до методики національного обліку викидів, для оцінки викидів від ТЕС загального користування обрано підхід, розроблений Інститутом вугільних енерготехнологій НАН України, відповідно до якої використовуються національні показники нижчої теплоти згоряння, а також коефіцієнта окислення вуглецю і коефіцієнта викидів вуглецю при спалюванні палива для усіх ТЕС України. Для інших видів палива використовуються стандартні значення нижчої теплоти згоряння або дані національної статистики. Детальна інформація наводиться у таблиці A2.4 національного кадастру.

Серед великих ТЕС України половина проектувалися для спалювання газового та довгополуменового вугілля (Зуївська, Вуглегірська, Запорізька, Курахівська, Ладизинська, Добротвірська, Бурштинська), а половина – для спалювання антрациту (Трипільська, Зміївська, Придніпровська, Старобешівська, Слов'янська, Луганська, Криворізька). Починаючи з 2014 року, у зв'язку з виникненням гострого дефіциту постачання антрацитового вугілля, частина енергоблоків Трипільської, Зміївської, Придніпровської та Криворізької ТЕС були реконструйовані з переводом їх з антрациту на газове вугілля, і частка використання антрацитового вугілля суттєво впала.

Урахування характеристик палива є важливим, оскільки вони можуть суттєво різнитися на різних ТЕС та в різні періоди і впливати на результати розрахунку.

Для цілей розрахунку коефіцієнтів викидів дані про нижчу теплоту згоряння натурального палива можуть базуватися на даних окремих електростанцій (наприклад, на основі форми 3-ТЕХ ТЕС «Звіт електростанції з техніко-економічних показників роботи устаткування» чи даних Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України) або груп електростанцій (наприклад, середньозважені показники або значення за замовчуванням).

51 Ukraine. 2023 National Inventory Report (NIR), <https://unfccc.int/documents/628276>

У разі відсутності даних для останніх років допускається використання значення найближчого року, для якого наявні дані.

Коефіцієнти викидів вуглецю

Значення коефіцієнтів викидів вуглецю залежить від вмісту вуглецю у паливі. Коефіцієнти викидів базуються на національних даних відповідно до Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України.⁵² Зокрема, національна методика враховує характеристики вугілля, яке спалюється на ТЕС, в тому числі частку летючих компонентів.

Детальна інформація про методи оцінки вмісту вуглецю у паливі для цілей національного обліку викидів представлена у додатку А2.6.1 кадастру (для природного газу) та додатку А2.6.2 (для вугілля, що спалюється на ТЕС). Для інших видів палива використовуються стандартні показники вмісту вуглецю.

Для цілей розрахунку коефіцієнтів викидів для електроенергії дані про коефіцієнти викидів вуглецю можуть базуватися на даних окремих електростанцій (наприклад, розрахованих на основі показників форм 3-ТЕХ ТЕС «Звіт електростанції з техніко-економічних показників роботи устаткування» або 4-а-НКРЕКП «Виробництво електричної та теплової енергії (місячна)» чи даних Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України) або груп електростанцій (наприклад, середньозважені показники або значення за замовчуванням).

У разі відсутності даних для останніх років допускається використання значення найближчого року, для якого наявні дані.

Також допускається використання значення за замовчуванням⁵³ відповідно до таблиці нижче.

Таблиця 9. Коефіцієнти викидів вуглецю (значення за замовчуванням)

Вид палива	Коефіцієнт викидів вуглецю, т С / ТДж
Вугілля:	
антрацит	26,8
пісне	26,8
газове та довгополуменеве	25,8
буре	27,6
Мазут	21,1
Природний газ	15,3

Коефіцієнт окислення вуглецю

Коефіцієнти окислення вуглецю базуються на національних даних відповідно до Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України.⁵⁴ Для усіх видів палива, окрім як для вугілля, що спалюється на ТЕС загального користування, коефіцієнт окислення вуглецю приймається рівним 1.

Для вугілля, що спалюється на ТЕС (категорія 1.A.1.ai національного кадастру, див. Додаток А.2.6.2 кадастру), коефіцієнт окиснення базується на даних кадастру.

52 Ukraine. 2023 National Inventory Report (NIR), <https://unfccc.int/documents/628276>

53 Наказ Національного агентства екологічних інвестицій України від 21.03.2011 №39 «Про затвердження Методики розрахунку питомих викидів двоокису вуглецю при виробництві електричної енергії на теплових електростанціях та при її споживанні», <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0039825-11#Text>

54 Ukraine. 2023 National Inventory Report (NIR), <https://unfccc.int/documents/628276>

Для цілей розрахунку коефіцієнтів викидів для електроенергії дані про коефіцієнти окислення вуглецю можуть базуватися на даних окремих електростанцій (наприклад, розрахованих на основі показників форми 3-ТЕХ ТЕС «Звіт електростанції з техніко-економічних показників роботи устаткування» або даних Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України) або груп електростанцій (наприклад, середньозважені показники або значення за замовчуванням).

У разі відсутності даних для останніх років допускається використання значення найближчого року, для якого наявні дані.

Також допускається використання значення за замовчуванням на рівні 0,98.⁵⁵

У разі відсутності інформації про марку вугілля, яке спалювалося на електростанції, слід приймати значення, що відповідає проектній марці вугілля.

Дані про характеристики палива

Для розрахунку коефіцієнтів викидів від електроенергії важливо використовувати національні дані про характеристики палива, зокрема, вугілля, яке використовується на теплових електростанціях, оскільки різниця із стандартними значеннями може бути суттєвою.

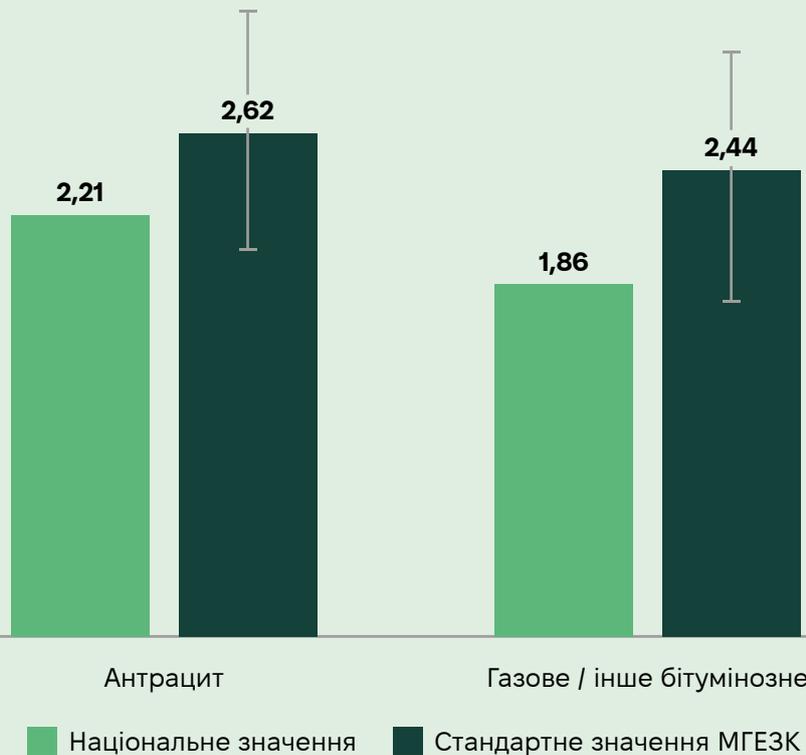


Рисунок 2. Розбіжності між стандартними та національними показниками викидів CO₂ на тону спаленого на електростанціях вугілля

МГЕЗК у керівництвах для національних кадастрів викидів парникових газів⁵⁶ наводить стандартні значення характеристик різних видів палива, в тому числі нижчої теплоти згоряння, коефіцієнту викидів вуглецю та коефіцієнтів окислення вуглецю.

55 Наказ Національного агентства екологічних інвестицій України від 21.03.2011 №39 «Про затвердження Методики розрахунку питомих викидів двоокису вуглецю при виробництві електричної енергії на теплових електростанціях та при її споживанні», <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0039825-11#Text>

56 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy. Chapter 1: Introduction, https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf

Порівняння розрахованих обсягів викидів на тону спаленого вугілля із відповідними національними даними для 2021 року демонструє суттєву різницю. Стандартні значення МГЕЗК мають суттєвий рівень невизначеності і різниця між значеннями на основі можливих мінімальних та максимальних величин є значною. Розраховані національні показники є близькі до мінімальних значень відповідно до даних керівництва МГЕЗК.

Дані також свідчать про важливість використання неагрегованих даних за марками вугілля, яке використовується, оскільки викиди на тону антрацитового вугілля і газового вугілля суттєво різняться. Вугілля газової групи має вищий вміст летких речовин і менший вміст вуглецю у порівнянні із антрацитом.

Обсяг відпуску електроенергії

Дані про обсяги електроенергії, відпущеної до загальної енергомережі, можуть базуватися на даних окремих електростанцій або груп електростанцій відповідно до наявних статистичних даних.

Відпуск електроенергії гідроакмулюючими електростанціями (ГАЕС) не враховується при розрахунку коефіцієнтів викидів, оскільки ГАЕС спочатку використовують електроенергію для закачування води у верхній басейн, а потім виробляють електроенергію, спрацьовуючи накопичений обсяг води у нижній басейн, фактично виконуючи функцію накопичення, зберігання та зворотної видачі енергії. При цьому через почергове перетворення енергії значна частина електроенергії втрачається (загальна ефективність ГАЕС в реальних умовах з урахуванням втрат в електричній мережі оцінюється на рівні 65%). Залежно від стану виробництва електроенергії у енергосистемі, ГАЕС може бути як терміновим споживачем електроенергії (споживає електроенергію в періоди провалів навантажень), так і терміновим генератором (генерує електроенергію для покриття пікових навантажень), підвищуючи збалансованість енергосистеми. Режим їх роботи суттєво відрізняється від роботи гідроелектростанцій (ГЕС), і вони не відносяться до відновлюваних джерел енергії (оскільки для закачування може використовуватися енергія з невідновлюваних джерел). Споживання електроенергії відбувається в періоди низького попиту, коли електроенергія виробляється електростанціями, які забезпечують базову генерацію, і відпуск електроенергії якими уже враховується в інших категоріях. У випадку урахування відпуску електроенергії від ГАЕС, від загального обсягу відпуску електроенергії в мережу для уникнення подвійного обліку необхідно віднімати втрати електроенергії, які виникли при роботі ГАЕС в насосному та генераторному режимах – різницю між загальним споживанням електроенергії ГАЕС та її відпуском (такі дані не доступні для аналізу для цілей даного дослідження).

Електростанції підприємств

На низці підприємств різних галузей промисловості встановлені власні енергогенеруючі установки.

У різних статистичних формах такі електростанції відносяться до категорії «блок-станції» або «ТЕС підприємств» і «ТЕЦ та когенераційні установки підприємств». Зокрема, у статистичних формах, які збираються НЕК Укренерго, використовується термін «блок-станція». Блок-станція визначалася як електростанція, яка належить споживачеві енергії, працює в ОЕС України і підпорядковується її централізованому диспетчерському управлінню, електрична енергія якої використовується для покриття власного споживання, а надлишки виробленої електричної енергії продаються енергопостачальнику.⁵⁷

Як правило, такі електростанції встановлюються на тих підприємствах, де в ході виробництва основної продукції утворюються побічні продукти та відходи, які можуть бути використані як вторинні енергетичні ресурси (наприклад, доменні гази, коксові гази, феросплавні гази, синтез-

57 Про затвердження Порядку складання річних та місячних прогнозних балансів електричної енергії об'єднаної енергетичної системи України (документ втратив чинність), <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1224-16#Text>

гази, відходи біомаси тощо). Основною задачею таких енергоустановок є корисна утилізація вторинних енергетичних ресурсів для генерації електроенергії (а в разі необхідності і тепла) для покриття власних енергетичних потреб підприємств. Власні електростанції підприємств також можуть споруджуватись через обмеження енергетичних мереж у певному регіоні (наприклад, неможливість покриття навантаження через недостатню потужність наявної системи передачі електроенергії). Надлишкова електроенергія, вироблена електростанцією підприємства, може бути відпущена в загальну електричну мережу і, як правило, такий обсяг відпуску становить лише незначну частку від загального виробництва.

Електростанції підприємств можуть використовувати різноманітні види палив, в тому числі різного роду вторинні енергетичні ресурси, побічні продукти та відходи. Разом з тим, аналіз наявних обмежених історичних даних за минуле десятиліття дозволяє визначити, що лівова частка електростанцій підприємств використовували природний газ або промислові гази, причому саме доменний та коксовий гази забезпечували близько двох третин від обсягу виробництва електроенергії електростанціями підприємств.⁵⁸

Інші види палива можуть включати мазути та інші важкі нафтопродукти, інші види твердого палива.

Обсяги споживання та частки різних видів палива електростанціями підприємств також можуть суттєво відрізнятися з року в рік і залежати від обсягів виробництва на підприємствах, доступності енергетичних ресурсів, економічних та інших чинників. Як наслідок, частки природного газу, коксового газу та доменного газу можуть суттєво різнитися в різні роки. Частки інших видів палив є незначними.

Більше того, дані про обсяги споживання палива електростанціями підприємств можуть різнитися в різних джерелах.

Висока частка доменного газу може суттєво впливати на викиди від виробництва електроенергії на електростанціях підприємств. Доменний газ (blast furnace gas) може мати різні характеристики і стандартні значення мають високий рівень невизначеності, однак, загалом, коефіцієнт викидів для даного палива більш ніж удвічі перевищує відповідний показник для вугілля. Доменний газ утворюється під час виплавляння чавуну в доменних печах на металургійних підприємствах і має високий вміст вуглецю. Стандартне значення складає 70,8 кг С на ГДж або 260 кг CO₂ на ГДж.⁵⁹ Коефіцієнт викидів враховує CO₂, який від початку був у складі доменного газу і той, який утворюється у процесі його спалювання. Для порівняння відповідний стандартний показник для антрациту складає 26,8 кг С на ГДж, для природного газу – 15,3 кг С на ГДж, а для коксового газу – 12,1 кг С на ГДж. При виробництві електроенергії з доменного газу питомі викиди можуть сягати близько 3 т CO₂ / МВт·год

З огляду на це, середні питомі викиди від виробництва електроенергії електростанціями підприємств можуть бути досить суттєвими і, за попередніми оцінками на основі наявних обмежених історичних даних, в окремі роки сягали 1,23 – 1,45 т CO₂ на МВт·год

Водночас, для останніх років інформація про споживання палива електростанціями підприємств відсутня, а структура виробництва електроенергії у даній категорії зазнала суттєвих змін. Через руйнування металургійних підприємств під час війни обсяги використання доменного газу суттєво зменшилися. Водночас, вірогідно, збільшилася частка природного газу.

Тим не менш, відпуск електроенергії в загальну мережу електростанціями підприємствами складає лише незначну частку від загального відпуску електроенергії – в середньому орієнтовно 1,6% протягом 2011-2020 років.

58 Див., для прикладу, Бюлетені Державної служби статистики України "Результати використання палива, теплоенергії та електроенергії" за 2011-2015 роки. https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/5a/Arch_zept_bl.htm

59 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy. Chapter 1: Introduction, https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf

Через обмеженість даних для цілей дослідження електростанції підприємств не враховувалися для розрахунку коефіцієнтів викидів. Як зазначалося вище, вплив такого виключення не суттєвий, якщо одночасно виключається і відпуск електричної енергії в мережу від електростанцій підприємств, і споживання палива. Як демонструють наведені дані, частка електростанцій підприємств у загальному відпуску електроенергії в мережу є незначною, тому їх робота не впливає суттєво на розраховані коефіцієнти викидів. Тим не менш, урахування електростанцій підприємств для майбутніх періодів є важливим для забезпечення повноти та точності обліку коефіцієнтів викидів при виробництві та споживанні електричної енергії.

Для належного урахування електростанцій підприємств при розрахунку коефіцієнтів викидів для електроенергії необхідні надійні дані щодо кожної окремої установки, в тому числі дані щодо загального виробництва електричної енергії, відпуску електричної енергії в мережу, загального споживання палива, типів палив та їх характеристик, а також дані щодо обсягів виробництва теплової енергії у випадку комбінованого виробництва теплової та електричної енергії (для розділення витрат палива між електричною та тепловою енергією). Інформація про споживання палива повинна мати належну деталізацію, враховуючи різні характеристики палива та коефіцієнти викидів вуглецю. Наприклад, не достатньо мати в якості виду палива промислові газу, оскільки коефіцієнт викидів для доменного газу в рази перевищує викиди для коксового газу. Аналогічно, недостатньо інформації про інше тверде паливо, якщо до такої категорії може входити одночасно викопне паливо та біомаса.

Дані щодо загального виробництва електроенергії та загального споживання палива збираються на основі державних статистичних спостережень для цілей запитальників MEA⁶⁰, однак такі актуальні дані наразі недоступні для аналізу.

Обсяг відпуску теплової енергії

Для розрахунку коефіцієнтів викидів важлива інформація про обсяги відпуску теплової енергії електростанціями, які здійснюють комбіноване виробництво електричної та теплової енергії. Дані використовуються для розрахунку частки палива, а відповідно і викидів парникових газів, які відносяться на виробництво електричної енергії.

Дані про виробництво теплової енергії

Складність зі збором надійних та повних даних про обсяги виробництва теплової енергії пов'язана із великою кількістю та різноманітністю джерел виробництва теплової енергії, а також різними формами регулювання та підпорядкування таких підприємств.

Дані про обсяги виробництва теплової енергії ТЕЦ збираються принаймні двома установами: НКРЕКП та Державною службою статистики.

НКРЕКП використовує форму «4а-НКРЕКП-виробництво електричної та теплової енергії», яка серед інших параметрів містить дані про корисний відпуск енергії, в тому числі корисний відпуск електричної та/або теплової енергії (з колекторів джерел виробництва теплової енергії в системи транспортування теплової енергії, у тому числі для потреб інших видів діяльності ліцензіата, а також для подальшої реалізації теплової енергії споживачам) відповідно до показників точок комерційного обліку відпущеної електричної енергії та/або показників вузлів обліку обсягів виробництва теплової енергії. Детальна інформація про обсяги корисного відпуску теплової енергії наводиться у Додатку

60 Electricity and heat annual questionnaire. https://iea.blob.core.windows.net/assets/080c855b-6fe1-4f61-bed4-3aa3ecb1272d/Electricity_Heat_Questionnaire_Instructions.pdf

1 до форм.⁶¹

Державна служба статистики використовує форму 4-мтп (річна) "Звіт про використання та запаси палива"⁶², яка серед інших параметрів містить показники про обсяг відпуску теплової енергії за звітний рік категоріями установок, в тому числі:

- тепловими електростанціями (ТЕС) загального користування,
- тепловими електростанціями (ТЕС) підприємства,
- теплоелектроцентралями (ТЕЦ) загального користування,
- теплоелектроцентралями (ТЕЦ) підприємства.

При цьому, публічні агреговані дані Держстату наводяться для груп ТЕС та ТЕЦ в цілому без розподілу на електростанції загального користування та установки підприємств. Аналіз історичних даних демонструє, що частка ТЕЦ підприємств у виробництві теплової енергії може бути досить вагомою і суттєво коливатися з року в рік (орієнтовно 40%-70%).

25 517

18 693

■ За даними Державної служби статистики України

■ За даними НКРЕКП

Рисунок 3. Дані щодо обсягів виробництва теплової енергії ТЕЦ у 2020 році, тис. Гкал

Як демонструють дані 2020 року, різниця в обсягах виробництва теплової енергії ТЕЦ на основі інформації Держстату та НКРЕКП є суттєвою. Це може бути пов'язано, як із різним охопленням даних (наприклад, різні підходи до включення ТЕЦ підприємств, різне охоплення через включення лише ліцензіатів в даних НКРЕКП тощо), різною повнотою подання даних (наприклад, через подання даних у різні періоди і можливість їх уточнення, використання різних джерел первинних даних, включення обсягів виробництва теплової енергії окремими котлами, що встановлені на тому ж об'єкті, тощо) або різними підходами до аналізу та агрегування даних. Збір даних щодо виробництва теплової енергії також ускладнюється недосконалою системою обліку виробництва та відпуску теплової енергії на ТЕЦ (наприклад, відсутністю приладів обліку відпуску теплової енергії).

Важливо удосконалювати систему обліку обсягів виробництва теплової енергії із використанням різних статистичних форм, в тому числі в частині узгодження визначень, категорій та класифікацій.

Крім того, для цілей розрахунку коефіцієнтів викидів для електроенергії важливим є узгодження даних щодо виробництва та відпуску теплової енергії, виробництва та відпуску електричної енергії та споживання палива, які часто збираються за допомогою окремих статистичних форм.

Детальний аналіз даних про обсяги виробництва теплової енергії ТЕЦ можливий при опрацюванні різних статистичних форм окремих електростанцій.

61 ІНСТРУКЦІЯ щодо заповнення форми звітності № 4а-НКРЕКП-виробництво електричної та теплової енергії (місячна) «Звіт про використання палива/енергії та стан розрахунків», <https://www.nerc.gov.ua/derzhavnij-kontrol/formi-zvitnosti-nkrekp>

62 Про затвердження форм державного статистичного спостереження № 4-мтп (місячна) «Звіт про використання та запаси палива» та № 4-мтп (річна) «Звіт про використання та запаси палива», <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0109832-22#Text>

5.2.2 Середній коефіцієнт викидів для споживання електроенергії

Розрахунок середнього коефіцієнту викидів для споживання електроенергії кінцевими споживачами (питомий показник викидів на одиницю електричної енергії, що споживається кінцевим споживачем) базується на значенні середнього коефіцієнту для відпуску електричної енергії і враховує втрати електроенергії при транспортуванні та розподілі.

$$EF_{average, consumption, CO_2} = \frac{EF_{average, grid, CO_2}}{(1 - L)}$$

де

- $EF_{average, consumption, CO_2}$ – середній коефіцієнт викидів для споживання електричної енергії, т CO₂ на тис. кВт·год (т CO₂ на МВт·год);
- $EF_{average, grid, CO_2}$ – середній коефіцієнт викидів для виробництва електричної енергії, т CO₂ на тис. кВт·год (т CO₂ на МВт·год);
- L – показник втрат електричної енергії в енергосистемі, % або відносні одиниці.

Для розрахунків використовуються значення середніх технологічних витрат електричної енергії у магістральних електричних мережах та в мережах енергопостачальних компаній в Україні в цілому.

У разі відсутності фактичних даних про технологічні витрати електричної енергії в електричних мережах для споживачів другого класу напруги можна використовувати консервативне значення 12,5%, що враховує технологічні витрати електричної енергії в електричних мережах напругою 154-0,38 кВ (орієнтовно 10%) та технологічні витрати в магістральних електричних мережах напругою 800-220 кВ (орієнтовно 2,5%), а для споживачів першого класу напруги – 2,5%, що враховує лише технологічні витрати в магістральних електричних мережах напругою 800-220 кВ.

Необхідно підкреслити, що даний коефіцієнт враховує викиди і від виробництва електроенергії, і від втрат при транспортуванні та розподілі. Для цілей корпоративного обліку викидів відповідно до GHG Protocol в частині непрямих викидів Обсягу 2 (Scope 2) необхідно використовувати середній коефіцієнт викидів для відпущеної електроенергії.

5.2.3 Середній коефіцієнт викидів для втрат електроенергії

Середній коефіцієнт викидів для втрат електроенергії розраховується як різниця між середнім коефіцієнтом викидів для споживання електроенергії та середнім коефіцієнтом викидів для відпущеної електроенергії.

$$EF_{average, losses, CO_2} = EF_{average, consumption, CO_2} - EF_{average, grid, CO_2}$$

де

- $EF_{average, losses, CO_2}$ – середній коефіцієнт викидів для втрат електричної енергії, т CO₂ на тис. кВт·год (т CO₂ на МВт·год);
- $EF_{average, consumption, CO_2}$ – середній коефіцієнт викидів для споживання електричної енергії, т CO₂ на тис. кВт·год (т CO₂ на МВт·год);
- $EF_{average, grid, CO_2}$ – середній коефіцієнт викидів для виробництва електричної енергії, т CO₂ на тис. кВт·год (т CO₂ на МВт·год).

Альтернативним способом математичного вираження розрахунку є розрахунок на основі середнього коефіцієнту викидів для відпущеної електроенергії та показника втрат.

$$EF_{average, losses, CO_2} = EF_{average, grid, CO_2} \times \frac{L}{1 - L}$$

де

- $EF_{average, losses, CO_2}$ – середній коефіцієнт викидів для втрат електричної енергії, т CO₂ на тис. кВт·год (т CO₂ на МВт·год);
- $EF_{average, grid, CO_2}$ – середній коефіцієнт викидів для виробництва електричної енергії, т CO₂ на тис. кВт·год (т CO₂ на МВт·год);
- L – показник втрат електричної енергії в енергосистемі, % або відносні одиниці.

5.3 Підхід до обрахунку граничних коефіцієнтів викидів

Граничний коефіцієнт викидів покликаний оцінити скорочення викидів або їх зростання внаслідок зміни попиту на електричну енергію. Із урахуванням великої частки атомних електростанцій, які є основою базової генерації в Україні, граничні коефіцієнти викидів для електроенергії є суттєво вищими за середні коефіцієнти викидів для енергомережі України.

Підхід до обрахунку граничного коефіцієнту викидів базується на положеннях методологічного керівництва для проектів механізму чистого розвитку Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату.⁶³ Керівництво було розроблено для оцінки коефіцієнта викидів CO₂ для електроенергії, яка заміщується в енергомережі чи то за рахунок проектів виробництва електроенергії з відновлюваних джерел, чи то через зменшення споживання електроенергії за рахунок підвищення енергоефективності.

5.3.1 Підхід до обрахунку операційного граничного коефіцієнту

За відсутності погодинних даних із кожної електростанції щодо відпуску електроенергії, типу палива та обсягів споживання палива вибір методу здійснюється на основі загальних характеристики роботи мережі.

У попередніх дослідженнях (див. розділ 2.2) використовувалися або простий операційний граничний коефіцієнт або простий скоригований операційний граничний коефіцієнт.

Для розрахунку граничного коефіцієнту важливим є визначення низьковитратних / обов'язкових для включення джерел виробництва електроенергії (Low-cost/must-run), які мають низькі граничні витрати на генерацію (тобто витрати на виробництво додаткової одиниці електроенергії) або такі, що працюють незалежно від добового чи сезонного навантаження в енергосистемі. Відповідно до керівництва, до них відносяться атомні, гідро-, вітрові, сонячні, геотермальні електростанції, а також електростанції на біомасі із низькими операційними витратами. Якщо станція на викопному паливі працює незалежно від добового або сезонного навантаження енергосистеми і якщо це можна продемонструвати на основі загальнодоступних даних, вона також повинна розглядатися як низьковитратна / обов'язкова для включення. Крім того, імпорт електроенергії повинен розглядатися як одна низьковитратна / обов'язкова для включення електростанція.

У попередніх дослідженнях (див. розділ 2.2) використовувалися різні підходи до визначення низьковитратних / обов'язкових для включення електростанцій, зокрема, в частині включення

63 Methodological tool. Tool to calculate the emission factor for an electricity system, Version 07.0, <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-07-v7.0.pdf>

гідроелектростанцій та ТЕЦ.⁶⁴

Для цілей розрахунку граничного коефіцієнту викидів до низьковитратних / обов'язкових для включення електростанцій віднесено атомні електростанції, електростанції на відновлюваних джерелах енергії, а також ТЕЦ.

Для цілей дослідження групу ТЕЦ включено до категорії низьковитратних / обов'язкових для включення електростанцій, оскільки такі електростанції в Україні забезпечують роботу систем централізованого теплопостачання і обсяги виробництва електроенергії у великій мірі визначаються тепловим навантаженням цих ТЕЦ. Аналогічний підхід використовувався у попередніх дослідженнях (див. розділ 2.2).

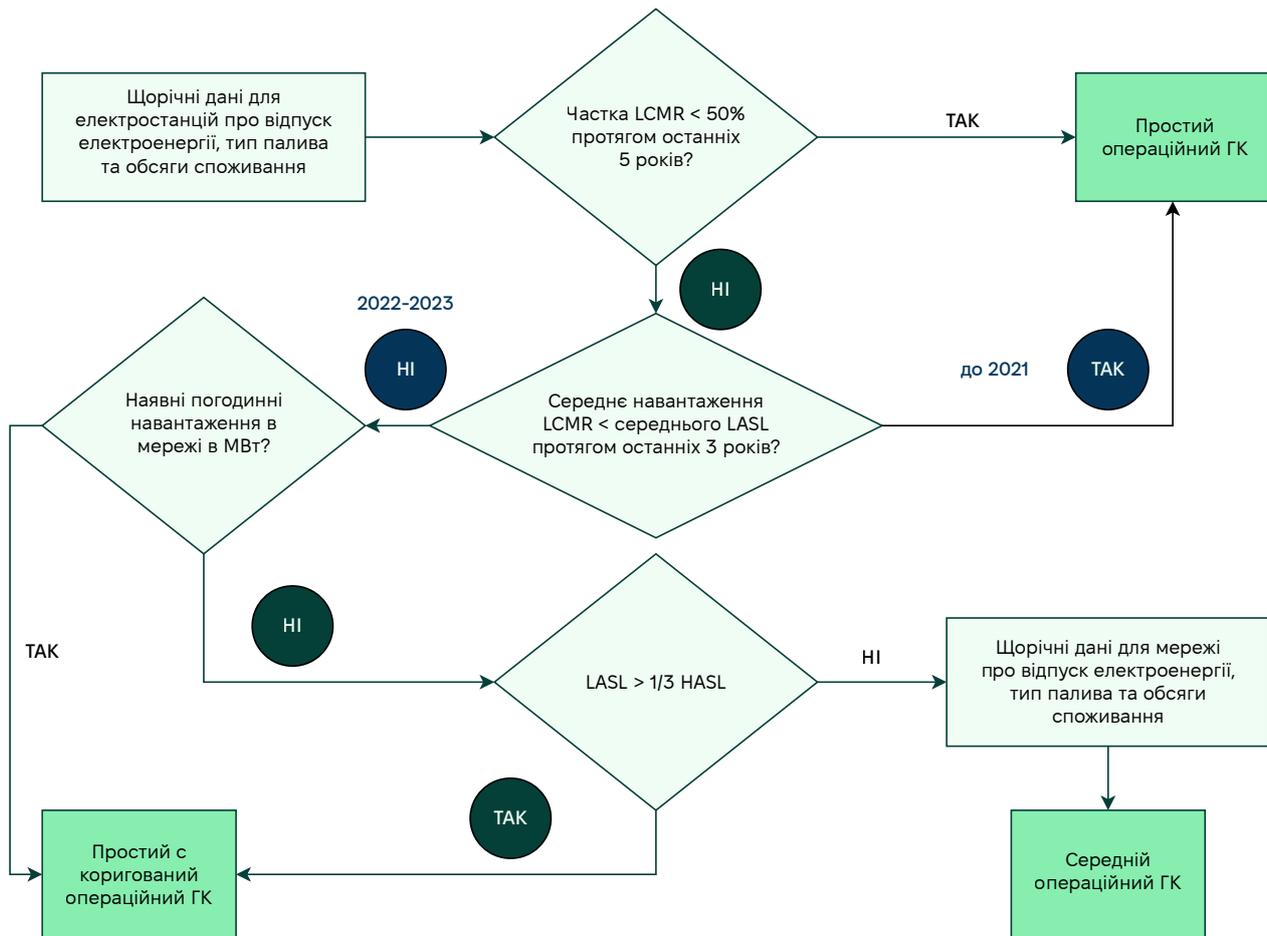
На практиці ТЕЦ в Україні різняться за встановленою тепловою та електричною потужністю, параметрами пари, складом та характеристиками котельного та турбінного обладнання, характером проведених реконструкцій та модернізацій, паливним балансом (природний газ, вугілля, торф, біомаса тощо), режимами роботи, температурними графіками теплових мереж та іншими факторами. ТЕЦ також можуть приймати участь в балансуванні енергосистеми, а режими їх роботи можуть суттєво різнитися і змінюватися протягом року. Належне урахування таких особливостей можливе при аналізі даних роботи кожної окремої електростанції та визначення її приналежності до «операційного резерву» або «базової генерації».

Відповідно до керівництва, імпорт електроенергії має розглядатися як умовна окрема електростанція в групі низьковитратних / обов'язкових для включення електростанцій, однак Україна традиційно була експортером електричної енергії, а чистий імпорт електроенергії, який спостерігався в 2023 році та був викликаний пошкодженнями в енергосистемі внаслідок військових дій, був незначним з точки зору впливу на показники, які використовуються для обрання методу розрахунку операційного граничного коефіцієнту.

Простий операційний граничний коефіцієнт викидів може використовуватися, якщо виконується будь-яка із таких двох вимог (див. також Рисунок 4):

- низьковитратні / обов'язкові для включення джерела виробництва електроенергії складають менше 50% виробництва електроенергії в мережі (в середньому за 5-річний період включно із розрахунковим роком); або
- середнє навантаження в МВт, яке забезпечується в мережі низьковитратними / обов'язковими для включення джерелами виробництва (розраховане як обсяг виробництва поділений на 8760 годин) протягом трьох останніх років (в середньому за 3-річний період включно із розрахунковим роком) є меншим за середнє значення мінімальних зафіксованих значень погодинного навантаження в енергосистемі протягом тих же трьох років в МВт.

64 EBRD. Development of the electricity carbon emission factors for Ukraine, https://encon.sumdu.edu.ua/doc/methodics/Baseline_Study_Ukraine_Final_English.pdf



Пояснення:

- LCMR - низьковитратні / обов'язкові для включення джерела виробництва електроенергії (Low-cost/must-run)
- LASL – мінімальне зафіксоване значення погодинного навантаження в енергосистемі протягом календарного року в МВт (Lowest annual system load)
- HASL – максимальне зафіксоване значення погодинного навантаження в енергосистемі протягом календарного року в МВт (Highest annual system load)
- ГК – граничний коефіцієнт

Рисунок 4. Алгоритм вибору методу розрахунку операційного граничного коефіцієнту викидів

В українській об'єднаній енергосистемі через високу частку АЕС частка низьковитратних / обов'язкових для включення електростанцій протягом останніх десятиліть завжди перевищувала 50%, тому перша умова не виконується для енергосистеми України.

Друга умова виконувалася для більшості років, однак ситуація змінилася протягом останніх кількох років. Ще у 2021 році показники середнього навантаження, яке забезпечується в мережі низьковитратними / обов'язковими для включення джерелами виробництва були близькими, але дещо вищими за показники мінімального навантаження в енергосистемі. У 2022-2023 роках різниця стала значно більшою, оскільки мінімальні навантаження суттєво зменшилися через військові дії та пошкодження в енергосистемі, тоді як навантаження низьковитратних / обов'язкових для включення джерел виробництва електроенергії зменшилося менш суттєво. Як результат, друга умова використання простого операційного граничного коефіцієнту викидів не виконується для 2022-2023

років. При цьому, для аналізу недоступні погодинні навантаження в мережі, а мінімальні навантаження в мережі перевищують одну третину від максимальних погодинних навантажень.

Разом з тим, така ситуація пов'язана із руйнуванням енергетичної інфраструктури, в тому числі системи передачі і системи генерації, внаслідок військових дій та вимушеними тимчасовими відключеннями електричної енергії. Як наслідок, мінімальне навантаження в енергосистемі протягом року пов'язане саме із періодами відключень і не відображає нормальний режим роботи енергетичної системи. Іншими словами, вимушені відключення електроенергії ніяким чином не характеризують можливість заміщення електростанцій, які наразі включені до групи низьковитратних / обов'язкових для включення джерел електроенергії.

З огляду на це, а також враховуючи необхідність даних щодо кожної окремої електростанції для використання простого скоригованого операційного граничного коефіцієнту, для обрахунку граничного коефіцієнту викидів обрано **метод простого операційного граничного коефіцієнту**.

Простий операційний граничний коефіцієнт розраховується як середньозважений показники викидів CO₂ на одиницю відпуску електроенергії (т CO₂ на МВт·год) для усіх електростанцій в енергосистемі, окрім тих, що включені до групи низьковитратних / обов'язкових для включення. Таким чином, на основі проведеного вище аналізу даних коефіцієнт відобразатиме середньозважені викидів від виробництва електроенергії ТЕС, а тому дещо відрізнятиметься від середнього коефіцієнту для електростанцій, що використовують викопне паливо (включають ТЕС та ТЕЦ).

Керівництво пропонує два основних методи розрахунку, один з яких вимагає даних про обсяги відпуску та коефіцієнти викидів для кожної електростанції / установки (Опція А), а інший – дозволяє використання загальних даних про обсяги відпуску електроенергії усіма електростанціями та загальних даних щодо обсягів споживання палива для виробництва електроенергії (Опція Б). При цьому, другий варіант може використовуватися лише при дотриманні усіх таких вимог:

- відсутності інформації для Опції А;
- включення до групи низьковитратних / обов'язкових для включення лише атомних електростанцій та електростанцій із використанням ВДЕ та наявності інформації про відпуск електроенергії даними джерелами;
- виключення з обрахунку коефіцієнта викидів електростанцій, не під'єднаних до енергосистеми.

Зазначені опції є близькими і відрізняються лише рівнем деталізації даних, однак використання більш агрегованих даних може призводити до підвищення рівня невизначеності результатів.

Відповідно до запропонованого методологічного підходу, операційний граничний коефіцієнт розраховується за допомогою такої формули (базується на методологічному підході до розрахунку середніх коефіцієнтів викидів):

$$EF_{OM, grid, CO_2} = \frac{44}{12} \times \frac{\sum FC_{i,m} \times Q_{i,m} \times EF_{i,m} \times k_{i,m}}{P_{OM}}$$

- $EF_{OM, grid, CO_2}$ – операційний граничний коефіцієнт викидів для виробництва електричної енергії, т CO₂ на тис. кВт·год (т CO₂ на МВт·год);
- FC – фактична витрата i -го виду палива в натуральному обчисленні для виробництва електричної енергії електростанціями, що не входять до групи низьковитратних / обов'язкових для включення, у тоннах або тисячах метрів кубічних залежно від типу палива; у випадку виробництва лише електричної енергії відповідає загальній витраті палива, а у випадку комбінованого виробництва електричної та теплової енергії розраховується за методом альтернативного виробництва теплової енергії;

- Q – нижча теплота згоряння натурального палива на робочу масу для i -го виду палива, що було використано для виробництва електричної енергії, в ТДж на тонну або ТДж на тис. м³ залежно від типу палива; у разі необхідності здійснюється переведення у відповідні енергетичні одиниці (наприклад з ккал на кг у ТДж на тонну);
- EF – коефіцієнт викидів вуглецю при спалюванні i -го виду палива, що було використано для виробництва електричної енергії, в тоннах вуглецю (C) на ТДж;
- k – коефіцієнт окислення вуглецю для i -го виду палива, що було використано для виробництва електричної енергії, при його спалюванні на електростанції у відносних одиницях;
- P_{OM} – обсяг електричної енергії, відпущеної до енергосистеми електростанціями, що не входять до групи низьковитратних / обов'язкових для включення, в тис. кВт·год;
- $44/12$ – коефіцієнт перерахунку маси вуглецю в масу двоокису вуглецю на основі співвідношення молярних мас;
- i – індекс виду та / або марки палива, що використовується на електростанціях для виробництва електричної енергії;
- m – індекс окремої електростанції або групи електростанцій, що не входять до групи низьковитратних / обов'язкових для включення.

Враховуючи наявні дані, для цілей дослідження використані дані щодо окремих груп електростанцій. Використаний для цілей дослідження рівень деталізації фактично знаходиться посередині між опціями А та Б, що пропонуються керівництвом. У подальшому, при використанні даних окремих електростанцій, підхід відповідатиме Опції А (А.1) керівництва.

Аналіз для вибору методу розрахунку граничного коефіцієнту викидів необхідно повторювати кожного року на основі відповідних показників роботи енергосистеми країни. При наявності доступу до даних окремих електростанцій (щодо відпуску електроенергії, видів та палива та обсягів споживання палива) необхідно їх використовувати і для методу простого операційного граничного коефіцієнту i (в разі необхідності) для методу простого скоригованого операційного граничного коефіцієнту.

5.3.2 Підхід до обрахунку граничного коефіцієнту нових потужностей

Відповідно до рекомендацій GHG Protocol, граничний коефіцієнт нових потужностей може не враховуватися для енергомереж, де відсутня потреба у нових потужностях, а також для проектів зі скорочення споживання електричної енергії. Роль граничного коефіцієнту нових потужностей також є меншою для проектів із нестабільним обсягом генерації, на зразок СЕС та ВЕС. Узагальнюючи, можна зазначити, що важливість коефіцієнта нових потужностей залежить від того, наскільки проект забезпечує потребу в нових потужностях, коли така потреб існує, та, відповідно, може впливати на відмову від будівництва додаткових електростанцій. У випадку надмірних потужностей в енергосистемі проекти генерації не впливатимуть на будь-які нові потужності, а впливатимуть лише на операційний резерв енергосистеми. Так само малі проекти потужністю до 1 МВт, можна вважати, не мають впливу на рішення про будівництво нових потужностей.⁶⁵

З початку 1990-х років, в енергосистемі України виник профіцит встановленої енергетичної потужності, який зберігався протягом тривалого періоду часу. Однак, через моральну застарілість і суттєве фізичне зношення обладнання більшості електростанцій, низькі показники маневреності, роботу на непроєктних паливах та досить швидкий темп розвитку відновлюваних джерел енергії, протягом останніх років загострювалася потреба в маневрових потужностях. До російського вторгнення, у звіті з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей у 2020 році, наводилася потреба

65 The Greenhouse Gas Protocol. Guidelines for Quantifying GHG Reductions from Grid-Connected Electricity Projects, <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2022-12/Guidelines%20for%20Grid-Connected%20Electricity%20Projects.pdf>

у мінімум 1 ГВт високоманеврових потужностей зі швидким стартом та щонайменше 0,5 ГВт систем акумулювання електроенергії (energy storage).⁶⁶ Пошкодження та руйнування електростанцій під час війни суттєво змінило ситуацію, однак детальні дані про оновлені оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей наразі залишаються конфіденційними.⁶⁷

Керівництво для проектів механізму чистого розвитку⁶⁸ оцінює граничний коефіцієнт нових потужностей на основі даних електростанцій, збудованих протягом останніх років. При цьому, зростання потужностей внаслідок реконструкції електростанцій не враховується у розрахунку коефіцієнта. Відповідно до керівництва, необхідно враховувати лише вибірку з новозбудованих електростанцій: 5 найновіших або ті, що відповідають за 20% від генерації електроенергії, залежно від того що більше (пріоритетом є електростанції терміном роботи менше 10 років, але в разі відсутності таких включаються і електростанції збудовані понад 10 років тому).

В умовах України протягом останніх двох десятиліть будувалися, головним чином, електростанції на відновлюваних джерелах енергії, включаючи сонячні та вітрові електростанції, малі ГЕС, а також електростанції на біомасі та біогазі. Додавалися також нові потужності електростанцій та когенераційних установок підприємств, однак їх частка у загальному постачанні електроенергії в мережу є незначною. Крім того, впроваджувались проекти реконструкції та модернізації енергетичного обладнання ТЕС та великих ГЕС, в т.ч. із збільшенням його фактичної потужності, однак таке додавання потужності не враховується при розрахунку граничного коефіцієнту нових потужностей. Були також збудовані та запущені в експлуатацію нові гідроагрегати ГАЕС (Дністровської ГАЕС у 2009-2021 роках, Ташлицька ГАЕС у 2007), однак, як зазначалося вище, ГАЕС виконують функцію збереження електроенергії і не враховуються при розрахунку коефіцієнтів викидів для електроенергії. Для досягнення частки 20% генерації електроенергії новозбудованими електростанціями необхідно було б враховувати, щонайменше, атомні енергоблоки Хмельницької АЕС (блок 2) та Рівненської АЕС (блок 4), додані в мережу у 2004 році.

Граничний коефіцієнт нових потужностей для України, розрахований на основі такої вибірки, буде близьким до нуля, оскільки частка електростанцій підприємств, які можуть використовувати викопне паливо, буде дуже низькою.

Разом з тим, урахування електростанцій, збудованих протягом такого тривалого періоду, особливо враховуючи масштабні проекти атомних електростанцій, не відображає поточні умови розвитку енергосистеми і потужності, будівництво яких можна очікувати у найближчому майбутньому.

Потреба у заміщенні зруйнованих потужностей та маневровій генерації пояснює оголошені плани про будівництво розподіленої генерації на природному газі, однак їх загальна потужність та можливі обсяги постачання до об'єднаної енергосистеми характеризуються високою невизначеністю. Україна також продовжуватиме розвивати розподілену генерацію із використанням відновлюваних джерел енергії і відновлюватиме зруйновані електростанції.

Саме ці фактори визначатимуть нові потужності, які будуть додаватися до енергосистеми в наступні роки і на які можуть впливати проекти, для яких здійснюється розрахунок скорочень викидів парникових газів.

66 НКРЕКП затвердила Звіт з оцінки відповідності генерації у 2020 році, <https://ua.energy/zagalni-novyny/nkrekp-zatverdyla-zvit-z-otsinky-vidpovidnosti-generatsiyi-u-2020-rotsi/>

67 НКРЕКП затвердила Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей для покриття прогнозованого попиту на електроенергію та забезпечення необхідного резерву у 2023 році, <https://www.nerc.gov.ua/news/nkrekp-zatverdila-zvit-z-ocinki-vidpovidnosti-generuyuchih-potuzhnostej-dlya-pokrittya-prognozovanogo-popitu-na-elektrichnu-energiyu-ta-zabezpechennya-neobhidnogo-rezervu-u-2023-roci>

68 Methodological tool. Tool to calculate the emission factor for an electricity system. Version 07.0, <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-07-v7.0.pdf>

Керівництво для проектів механізму чистого розвитку також пропонує використання значень за замовчування для граничного коефіцієнту нових потужностей залежно від особливостей мереж:

- для енергосистем із часткою відновлюваних джерел енергії у встановленій потужності більше 20% - 0 т CO₂ на МВт·год; в Україні частка усіх видів ВДЕ у встановленій потужності енергосистеми перевищує 20%.
- для енергосистем із часткою відновлюваних джерел енергії у встановленій потужності менше 20% - на основі кращих практик для технологій з використанням природного газу або нафтопродуктів, які традиційно використовуються в регіоні проекту для будівництва нових потужностей (наприклад 0,326 т CO₂ на МВт·год для газових турбін із комбінованим циклом (CCGT)).

Для цілей поточного дослідження граничний коефіцієнт нових потужностей вважається рівним нулю.

5.3.3 Комбінований граничний коефіцієнт викидів

Загальний підхід до розрахунку середньозваженого комбінованого граничного коефіцієнту викидів можна відобразити такою формулою:

$$EF_{CM, grid, CO_2} = EF_{om, grid, CO_2} \times W_{OM} + EF_{BM, grid, CO_2} \times W_{BM}$$

де:

- $EF_{CM, grid, CO_2}$ – комбінований граничний коефіцієнт викидів для виробництва електричної енергії, т CO₂ на тис. кВт·год (т CO₂ на МВт·год);
- $EF_{om, grid, CO_2}$ – операційний граничний коефіцієнт викидів для виробництва електричної енергії, т CO₂ на тис. кВт·год (т CO₂ на МВт·год);
- w_{OM} – ваговий коефіцієнт для операційного граничного коефіцієнту викидів (відносні одиниці);
- $EF_{BM, grid, CO_2}$ – граничний коефіцієнт викидів нових потужностей для виробництва електричної енергії, т CO₂ на тис. кВт·год (т CO₂ на МВт·год);
- W_{BM} – ваговий коефіцієнт для граничного коефіцієнту викидів нових потужностей (відносні одиниці).
- Керівництво для проектів механізму чистого розвитку пропонує такі стандартні вагові коефіцієнти:
 - для проектів вітрових та сонячних електростанцій: $w_{OM} = 0,75$ та $W_{BM} = 0,25$;
 - для інших проектів: $w_{OM} = 0,5$ та $W_{BM} = 0,5$.

Такий розподіл пояснюється непостійною генерацією СЕС та ВЕС та їх залежністю від природних факторів, що зменшує можливу роль у заміщенні нових потужностей.

Разом з тим, у разі відсутності даних або через особливості характеристик енергетичної мережі допускається використання спрощеного підходу, де для граничного коефіцієнту нових потужностей використовується ваговий коефіцієнт, що дорівнює нулю.

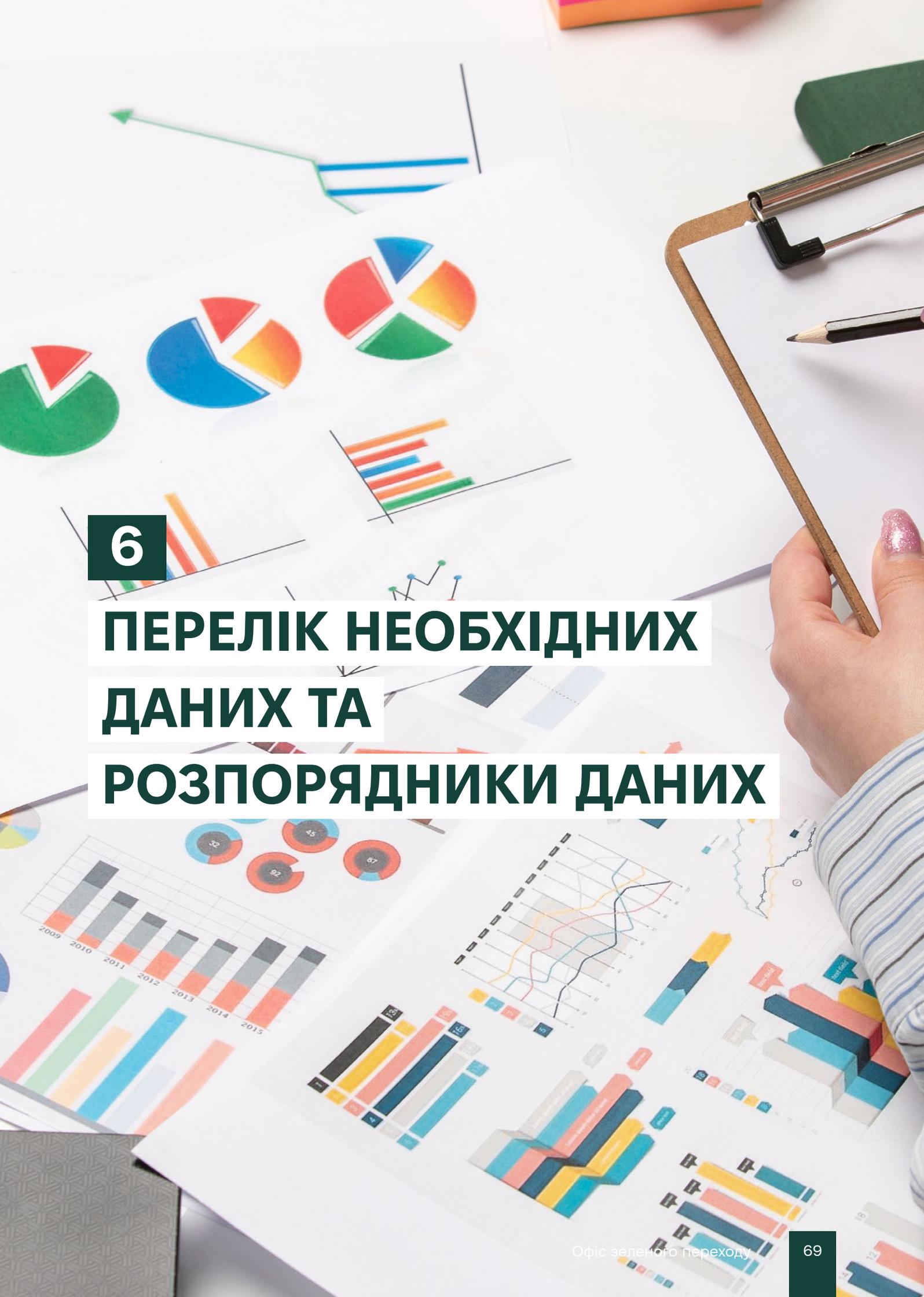
Саме такий підхід використано для цілей поточного дослідження. У такому випадку комбінований граничний коефіцієнт буде дорівнювати операційному граничному коефіцієнту:

$$EF_{CM, grid, CO_2} = EF_{OM, grid, CO_2}$$

Аналогічний підхід використовувався в усіх попередніх дослідженнях щодо граничного коефіцієнту для української мережі, а також закладався при розробці Методики розрахунку питомих викидів двоокису вуглецю при виробництві електричної енергії на теплових електростанціях та при її споживанні (див. розділ 2.2). Такий вибір обґрунтовувався тим, що для української енергосистеми не характерний ріст потужностей, а підключення нових електростанцій та установок було пов'язано передусім із розвитком відновлюваних джерел енергії. Частка збудованих за 5-річний період потужностей є дуже низькою, а для урахування потужностей, що забезпечують виробництво 20% електроенергії, необхідно враховувати будівництво електростанцій за період понад 20 років. Урахування доданих у 2004 році потужностей атомних електростанцій також недоречно, оскільки нові проекти будівництва електростанцій не можуть впливати на базову генерацію атомними електростанціями, а будівництво АЕС не може вважатися репрезентативним для визначення майбутнього розвитку енергетичної системи України.

Разом з тим, ситуація може змінитися у майбутньому, в тому числі через значні пошкодження енергосистеми України внаслідок військових дій. З огляду на це, необхідно аналізувати відповідну інформацію, розділяючи відновлення і реконструкцію існуючих потужностей та будівництво нових електростанцій, і, за необхідності, переглянути підхід до розрахунку комбінованого граничного коефіцієнту викидів у майбутньому.





6

ПЕРЕЛІК НЕОБХІДНИХ ДАНИХ ТА

РОЗПОРЯДНИКИ ДАНИХ

6.1 Загальна інформація про потребу в даних

Розраховані коефіцієнти викидів мають базуватися на основі надійних та достовірних даних, які, бажано, стають доступними протягом менш ніж 12 місяців по завершенню звітного періоду.

Відповідно до методологічного підходу, описаного вище, для розрахунку коефіцієнтів викидів для виробництва та споживання електроенергії необхідні такі основні дані:

- обсяги використання палива;
- нижче теплота згоряння палива;
- коефіцієнт викидів вуглецю;
- коефіцієнт окислення вуглецю;
- обсяги відпуску електричної енергії;
- обсяги відпуску теплової енергії електростанціями, які виробляють і електричну, і теплову енергію;
- дані про втрати електричної енергії при транспортуванні та розподілі.

Дані про обсяги використання палива і відпуску електричної енергії (а в деяких випадках і якісні характеристики палива) для цілей розрахунку необхідні у розрізі різних типів та груп електростанцій.

Для цілей дослідження використані дані груп електростанцій відповідно до наявної статистичної інформації, а не дані окремих електростанцій чи електрогенеруючих установок.

6.2 Доступність даних

В контексті аналізу доступності даних важливо враховувати низку аспектів:

- наявність даних – чи збирається інформація про усі необхідні показники в рамках державних статистичних спостережень або збору статистичної інформації державними органами;
- узгодженість даних – чи однакові дані надають різні розпорядники даних та чи узгоджені дані для різних періодів;
- відкритість даних – чи публікуються дані у відкритому доступі або чи можуть бути отримані за запитом;
- своєчасність отримання даних – наскільки тривалим є процес аналізу, агрегації та перевірки даних і їх публікації або можливості до отримання за запитом.

В частині наявності даних прогалини можуть стосуватися як загалом відсутності системи збору даних (наприклад, детальної інформації про типи, обсяги та характеристики біомаси, яка використовується для виробництва електричної енергії), так і відсутності необхідного рівня деталізації даних. Прогалини у відсутності даних й, зокрема, необхідного рівня деталізації особливо актуальні для історичних періодів. Для прикладу, навіть для цілей Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України для 1990-1997 років не розділяються викиди щодо категорій «Виробництво електроенергії», «Комбіноване виробництво електричної та теплової енергії» та «Котельні», а наводяться узагальнено для категорії «Виробництво електричної та теплової енергії».

У частині узгодженості даних проблемні питання виникають через складну систему збору енергетичної статистики та наявність різних джерел первинної інформації, а також різних практик до її аналізу та агрегації. Додатково ускладнює ситуацію часта зміна структури статистичних форм та складність узгодження даних, зібраних із використанням різних статистичних форм або різних версій однієї статистичної форми.

Відкритість даних може обмежуватися як положеннями законодавства про захист конфіденційної інформації, так і положеннями законодавства про військовий стан.

Зокрема, відповідно до Закону України «Про захист інтересів суб'єктів подання звітності та інших документів у період дії воєнного стану або стану війни» респонденти можуть подавати звітність протягом трьох місяців після припинення чи скасування воєнного стану або стану війни, а адміністративна відповідальність за неподання чи несвоєчасне подання звітності не застосовується. Як наслідок, зменшилося охоплення статистичних спостережень, а агреговані дані не публікуються.

У частині своєчасності отримання даних, час між закінченням звітного періоду до можливості використання даних може бути дуже суттєвим. Для прикладу, часто необхідні агреговані дані стають доступними наприкінці року, наступного за звітним.

6.3 Основні розпорядники і джерела даних

Складність збору необхідних даних полягає у тому, що існують різні канали збору відповідної інформації, які використовують різні первинні джерела інформації, інколи використовують різні визначення та методичні підходи.

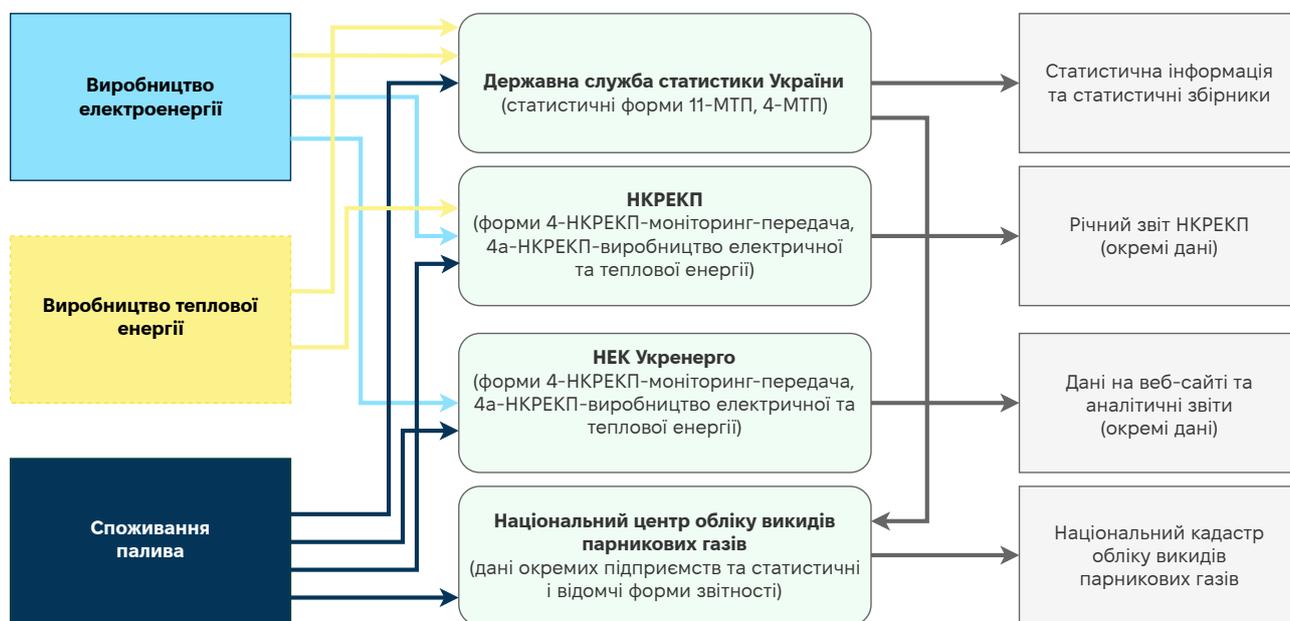


Рисунок 5. Система збору інформації про виробництво енергії та споживання палива

Більше того, навіть в рамках однієї установи дані можуть бути неузгодженими, якщо збираються із використанням різних статистичних форм (наприклад, виробництво енергії і споживання палива). Як результат, дані щодо обсягів виробництва теплової та електричної енергії та відповідних обсягів споживання палива можуть різнитися в різних джерелах. Крім того, дані оприлюднюються відповідно до різних графіків або не оприлюднюються загалом, що призводить до відсутності відповідної інформації або її появу через кілька років після звітного періоду.

6.3.1 Державна служба статистики

Державна служба статистики України (Держстат) є спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади у сфері статистики, діяльність якого спрямовується та координується Кабінетом Міністрів України та який бере участь у формуванні державної політики у сфері статистики і забезпечує її реалізацію.⁶⁹

69 Постанова Кабінету Міністрів України від 23 вересня 2014 р. № 481 «Про затвердження Положення про Державну службу статистики України», <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/481-2014-%D0%BF#Text>

До основних завдань Держстату, зокрема належить:

- збирання, збереження, оброблення, аналіз, захист та поширення офіційної державної статистичної інформації;
- гармонізація системи державної статистики з міжнародними та європейськими нормами і стандартами;
- забезпечення актуальності, точності і надійності, узгодженості і порівнянності, доступності і ясності офіційної державної статистичної інформації.

Держстат збирає також інформацію про постачання та використання енергії і палива.

Відповідно до Закону України «Про ринок електричної енергії», з метою удосконалення політики у сфері електроенергетики всі суб'єкти господарювання, що здійснюють виробництво, передачу, розподіл, постачання, експорт, імпорт електричної енергії, зберігання енергії, агрегацію, повинні надавати відомості про свою діяльність органу державної статистики для впорядкування енергетичної статистики та публікації у щорічному енергетичному балансі.⁷⁰

Детальна інформація про статистичні форми, які використовуються Держстатом для збору енергетичної статистики, представлена нижче.

Таблиця 10. Статистичні форми Державної служби статистики

Статистична форма	Опис
11-МТП (річна) «Звіт про постачання та використання енергії»	<ul style="list-style-type: none"> • Звіт про постачання та використання енергії (наказ Держстату від 25.05.2022 № 107 (зі змінами, внесеними наказом Держстату від 10.11.2022 № 279)) • Роз'яснення Держстату від 12 липня 2021 року № 19.1.2.-12/19-21 • Подається щорічно не пізніше 28 лютого <p>Містить дані, зокрема, щодо:</p> <ul style="list-style-type: none"> > установленної електричної та теплової потужності станом на кінець звітнього року; > обсягу відпуску електричної (не включає витрат на власні виробничі потреби) та теплової енергії за звітний рік, зокрема, в розрізі ТЕС та ТЕЦ загального користування та підприємств; > обсягів використання електроенергії та використання теплоенергії (пари і гарячої води). <p>Агреговані дані публікуються у статистичних збірниках та у наборах статистичних даних.</p>

70 Закон України «Про ринок електричної енергії», <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text>

Статистична форма	Опис
4-МТП (річна) "Звіт про використання та запаси палива"	<ul style="list-style-type: none"> • Звіт про використання та запаси палива (наказ Держстату від 26.05.2022 № 109 (зі змінами, внесеними наказом Держстату від 10.11.2022 № 279)); • Подається щорічно не пізніше 28 лютого; <p>Містить дані щодо:</p> <ul style="list-style-type: none"> > обсягів використання палива (за звітний рік) та запасів (станом на кінець звітного року) палива в розрізі різних видів палива, в т.ч. відновлюваних джерел енергії; > витрати палива енергетичним сектором, в т.ч. обсяг витрат палива на перетворення в тепло- та електроенергію ТЕС в розрізі ТЕС та ТЕЦ загального користування та підприємств, обсяг витрат палива на власне споживання енергетичним сектором та теплоту згоряння палива; > кінцевого використання палива та втрат палива. <p>Агреговані дані публікуються у статистичних збірниках та у наборах статистичних даних.</p>

6.3.2 Регулятор

Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (далі – Регулятор), – це постійно діючий центральний орган виконавчої влади зі спеціальним статусом, який утворюється Кабінетом Міністрів України. Регулятор здійснює державне регулювання, моніторинг та контроль за діяльністю суб'єктів господарювання у сферах енергетики та комунальних послуг.⁷¹

До повноважень Регулятора на ринку електричної енергії, зокрема, належать здійснення моніторингу, затвердження форм звітності учасників ринку, а також затвердження порядку розкриття інформації споживачам електричної енергії про джерела енергії у загальній структурі балансу електричної енергії, придбаній електропостачальником та/або виробленої на його власних електроустановках.

До того ж, до повноважень Регулятора належить забезпечення доступу до інформації про обсяги та інші показники споживання електричної енергії споживачем і сприяння налагодженню процесу обміну даними для забезпечення розвитку ринку електричної енергії.

Крім того, до основних завдань Регулятора на ринку електричної енергії належить забезпечення функціонування реєстру гарантій походження електричної енергії і видача гарантій походження.

Інформація про деякі статистичні форми, які використовуються Регулятором, для збору інформації у сфері енергетики, представлена нижче.

71 Закон України «Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг», <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1540-19#Text>

Таблиця 11. Статистичні форми НКРЕКП

Статистична форма	Опис
<p>4-НКРЕКП-моніторинг-передача (місячна) «Звіт про фактичні обсяги виробництва та споживання електричної енергії»</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Форма звітності № 4-НКРЕКП-моніторинг-передача (місячна) «Звіт про фактичні обсяги виробництва та споживання електричної енергії», затверджена постановою НКРЕКП від 29.03.2019 № 450; • Подається не пізніше до 25 числа місяця, наступного за звітним періодом. <p>Містить дані щодо:</p> <ul style="list-style-type: none"> > фактичного обсягу виробництва електричної енергії в розрізі видів генерації і детальною структурою ВДЕ; > фактичного обсягу споживання електричної енергії (за категоріями споживачів); > обсягу відпуску електричної енергії виробниками в розрізі торгових зон та видів генерації (в т.ч. розподіл за типами мереж: ОСП, ОСР, МСР, пряма лінія); > обсягів постачання електричної енергії споживачам; > обсягів витрат електричної енергії в мережах ОСР. <p>Агреговані дані можуть публікуватися у Річному звіті НКРЕКП.</p>
<p>4а-НКРЕКП-виробництво електричної та теплової енергії (місячна) «Звіт про використання палива/енергії та стан розрахунків»</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Форма звітності № 4а-НКРЕКП-виробництво електричної та теплової енергії (місячна) «Звіт про використання палива/енергії та стан розрахунків», затверджена постановою від 28.02.2019 № 282; • Подається не пізніше до 25 числа місяця, наступного за звітним періодом. <p>Містить дані щодо:</p> <ul style="list-style-type: none"> > витрат палива у натуральному вимірі та калорійний еквівалент переведення в умовне паливо в розрізі видів палива, а також інші характеристики палива; зазначається окремо для виробництва теплової та електричної енергії; > довідкової інформації про обсяги виробництва електричної та теплової енергії, споживання на власні потреби, відпуск, а також питомі витрати умовного палива на виробництво електричної та теплової енергії; > потужності генеруючого обладнання (теплової та електричної). <p>Поширюється виключно на суб'єктів господарювання, що мають ліцензію на:</p> <p>а) провадження господарської діяльності з виробництва електричної енергії;</p> <p>б) провадження господарської діяльності з виробництва теплової енергії, що виробляється на теплоелектроцентралях, теплоелектростанціях, атомних електростанціях і когенераційних установках.</p>

Статистична форма	Опис
	<p>Відповідно до Ліцензійних умов провадження господарської діяльності з виробництва електричної енергії (постанова НКРЕКП від 27.12.2017 № 1467) діяльність з виробництва електричної енергії суб'єктів господарювання (крім випадків, якщо електрична енергія виробляється без мети її продажу на підставі договору та споживається для власних потреб або виробляється мобільною (автономною) електростанцією) підлягає ліцензуванню, якщо сумарна встановлена потужність електрогенеруючого обладнання складає 5 МВт та більше або незалежно від встановленої потужності об'єкта електроенергетики з альтернативних джерел енергії (а з використанням гідроенергії - лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями), виробництво електричної енергії на якому підлягає стимулюванню відповідно до закону шляхом встановлення «зеленого» тарифу або аукціонної ціни.</p> <p>Згідно з Ліцензійними умовами провадження господарської діяльності з виробництва теплової енергії (постанова НКРЕКП 22.03.2017 № 308) діяльність з виробництва теплової енергії суб'єктів господарювання не підлягає ліцензуванню, якщо виробництво теплової енергії провадиться без мети її продажу на підставі договору та споживається для власних потреб, або виробляється когенераційними установками, сумарна номінальна активна електрична потужність (сумарна встановлена теплова потужність) яких не перевищує 5 МВт (4,3 Гкал/год), та які використовуються як резервне джерело енергії під час відключень електропостачання від мереж оператора системи для об'єктів критичної інфраструктури та/або об'єктів систем тепlopостачання, водопостачання, водовідведення, закладів соціальної сфери (закладів освіти, охорони здоров'я (крім санаторно-курортних закладів)).</p>
<p>№ 2-НКРЕКП-моніторинг-передача (річна)</p> <p>«Звіт про характеристику користувачів системи передачі електричної енергії»</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Форма звітності № 2-НКРЕКП-моніторинг-передача (річна) «Звіт про характеристику користувачів системи передачі електричної енергії», затверджена постановою НКРЕКП від 29.03.2019 № 450; • Подається щорічно не пізніше 25 лютого. <p>Містить дані щодо:</p> <ul style="list-style-type: none"> > характеристики користувачів системи передачі та характеристики установок зберігання енергії; > характеристики генеруючих одиниць за типами та видами генерації, в т.ч. кількість та сумарна встановлена потужність електроустановок. <p>Агреговані дані можуть публікуватися у Річному звіті НКРЕКП.</p>

6.3.3 Національний центр обліку викидів парникових газів

Національний центр обліку викидів парникових газів є бюджетною установою у складі Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, ключовими сферами діяльності якої є інвентаризація та аналіз викидів парникових газів.⁷²

72 Національний центр обліку викидів парникових газів, <https://nci.org.ua/mission/>

Управління інвентаризації парникових газів, зокрема, займається інвентаризацією парникових газів для формування державної політики у сфері зміни клімату та для забезпечення виконання вимог Рамкової конвенції ООН про зміну клімату. Основними завданнями управління є збирання, оброблення, систематизація, аналіз, накопичення та зберігання інформації, необхідної для проведення підготовки та супроводу розгляду національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів, а також удосконалення національної системи оцінки антропогенних викидів та абсорбції парникових газів.

Відповідно до покладених завдань у процесі підготовки Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України Національний центр обліку викидів парникових газів може запитувати та одержувати в установленому законодавством порядку у міністерств, інших центральних та регіональних органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій усіх форм власності інформацію, необхідну для проведення оцінки антропогенних викидів та абсорбції парникових газів.

Як правило, інформація, яка використовується для інвентаризації, базується на офіційних агрегованих статистичних даних, однак також можуть надсилатися запити на окремі підприємства для збору первинних документів статистичної звітності та іншої інформації для їх використання при розрахунку викидів парникових газів.

У частині виробництва електроенергії дані про викиди парникових газів розраховуються в категорії 1.A.1 Паливо та енергетична промисловість (1.A.1 Fuel and Energy Industry) таблиць спільного формату звітності. Дана категорія містить такі підкатегорії:

- 1.A.1.a Public Electricity and Heat Production (Виробництво теплової та електричної енергії електростанціями загального користування)
 - > 1.A.1.ai Electricity Generation (Виробництво електроенергії) – дані базуються на інформації із форми статистичної звітності №4-МТП (Розділ 2, колонка 8);
 - > 1.A.1.aii Combined Heat and Power Generation (CHP) (Комбіноване виробництво теплової та електричної енергії) – дані базуються на інформації із форми статистичної звітності №4-МТП (Розділ 2, колонки 9-11);
 - > 1.A.1.aiii Heat Plants (Котельні) – дані базуються на інформації із форми статистичної звітності №4-МТП (Розділ 2, колонка 12).

Викиди від комбінованого виробництва теплової та електричної енергії не розділяються на складові (окремо для виробництва електричної енергії і окремо для теплової енергії), оскільки для цілей національної інвентаризації викидів немає такої потреби. Національний кадастр також не містить інформації, яка б дозволяла здійснити такий розподіл.

Крім того, викиди від виробництва електроенергії електростанціями підприємств не виділяються окремо в кадастрі, а обліковуються разом із іншими джерелами викидів від споживання енергетичних ресурсів у промисловості.

Таким чином, у частині викидів парникових газів від виробництва електроенергії національний кадастр окремо наводить дані лише для теплових електростанцій загального користування. Для обліку викидів від спалювання вугілля використовується національна методика, відповідно до якої визначаються національні значення нижчої теплоти згоряння вугілля, коефіцієнт окиснення вуглецю у паливі і вміст вуглецю у вугіллі (додаток A2.6.2 національного кадастру). Для природного газу якісні характеристики (нижча теплота згоряння, вміст вуглецю, щільність тощо) базуються на даних паспортів фізико-хімічних параметрів природного газу.

6.3.4 НЕК Укренерго

Національна енергетична компанія «Укренерго» – це приватне акціонерне товариство зі 100% акцій у власності держави, що належить до сфери управління Міністерства енергетики України. Укренерго є оператором системи передачі України з функціями оперативно-технологічного управління Об'єднаною енергосистемою України (ОЕС), передачі електроенергії магістральними електромережами від генерації до розподільчих мереж. Крім того, Укренерго виконує функції адміністратора комерційного обліку.⁷³

Відповідно до своїх функцій НЕК Укренерго має два джерела інформації про обсяги виробництва та відпуску електричної енергії:

- агреговані дані комерційного обліку електричної енергії⁷⁴;
- дані відомчих статистичних форм.

Дані комерційного обліку електричної енергії отримуються на основі вимірювання засобами комерційного обліку і, у разі необхідності, уточнюються, тому є надійним джерелом інформації про обсяги відпуску електричної енергії в мережу.

Дані відомчих статистичних форм збираються через територіальні управління обслуговування мереж. Відомчі статистичні форми подаються відповідно до наказу Міністерства енергетики України від 14 жовтня 1999 року № 289.⁷⁵

Таблиця 12. Статистичні форми НЕК Укренерго

Статистична форма	Опис
Форма 37-енерго Звітний баланс електроенергії	<ul style="list-style-type: none"> • Форма 37-енерго у відповідності до наказу Міністерства енергетики України №289 від 14.10.1999 "Про затвердження переліку форм відомчої статистичної звітності". • Відповідно до наказу подається щомісяця до 15 числа. <p>Містить дані щодо:</p> <ul style="list-style-type: none"> > обсягів виробництва електроенергії у розрізі видів генерації та форм власності електростанцій; > обсягів відпуску електроенергії в мережу та обсягів споживання електроенергії; > технологічних витрат електроенергії на передачу та витрати на виробничі потреби енергосистем, > перетоків між суміжними енергосистемами, імпорту, експорту тощо.

73 НЕК Укренерго, https://ua.energy/pro_kompaniyu/

74 Постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 311 Про затвердження Кодексу комерційного обліку електричної енергії, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0311874-18#Text>

75 Наказ Міністерства енергетики України від 14 жовтня 1999 року № 289, <https://mev.gov.ua/sites/default/files/field/file/order/%D0%9D%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%B7%20%E2%84%96289%20%D0%B2%D1%96%D0%B4%2014.10.1999.pdf>

Статистична форма	Опис
Форма 2-енерго Звіт про оперативний баланс потужності	<ul style="list-style-type: none"> • Форма 2-енерго у відповідності до наказу Міністерства енергетики України №289 від 14.10.1999 "Про затвердження переліку форм відомчої статистичної звітності". • Відповідно до наказу - щодобово. <p>Містить дані щодо:</p> <ul style="list-style-type: none"> > потужностей та статусу: генерація, в ремонті, максимум споживання тощо.
Форма 19-енерго Баланс потужності енергосистеми у період проходження річного максимуму навантаження ОЕС України	<ul style="list-style-type: none"> • Форма 19-енерго у відповідності до наказу Міністерства енергетики України №289 від 14.10.1999 "Про затвердження переліку форм відомчої статистичної звітності". • Відповідно до наказу подається щорічно до 25 січня. <p>Містить дані щодо:</p> <ul style="list-style-type: none"> > потужності на період проходження річного максимуму навантаження та власний максимум навантаження, заходи щодо зниження максимуму енергосистеми; > звіту про роботу блок-станцій: потужність по агрегатах, загальне виробництво, відпуск в мережі енергосистеми тощо.
Форма 3-енерго Звіт про використання палива	<ul style="list-style-type: none"> • Форма 3-енерго (макет 001) у відповідності до наказу Міністерства енергетики України №289 від 14.10.1999 "Про затвердження переліку форм відомчої статистичної звітності". • Відповідно до наказу - щодобово. <p>Містить дані щодо:</p> <ul style="list-style-type: none"> > видів, витрат та залишків палива (рідке, тверде, газ).

6.3.5 Запитальники МЕА

Запитальники для Міжнародного енергетичного агентства / Статистичного департаменту ООН / ЄЕК ООН / Євростату відповідно до встановлених форм готуються Державною службою статистики і надаються Відділу статистики енергетики МЕА.⁷⁶ Набір запитальників включає:

- запитальник стосовно вугілля,
- запитальник стосовно нафти,
- запитальник стосовно природного газу,
- запитальник стосовно електроенергії та
- запитальник стосовно відновлювальних ресурсів.

Запитальники МЕА готуються Державною службою статистики України на основі різних джерел інформації. Дані запитальників використовуються МЕА для розрахунку коефіцієнтів викидів для

⁷⁶ Меморандум про взаєморозуміння між Державним комітетом статистики України та Міжнародним енергетичним агентством щодо обміну статистичною інформацією, https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/930_001#Text

електроенергії відповідно до методологічного документу.⁷⁷

Методологічний документ МЕА підкреслює, що енергетична статистика на національному рівні часто збирається із використанням критеріїв та визначень, які відрізняються, інколи суттєво, від підходів міжнародних організацій. Хоч секретаріат МЕА намагається виявляти та враховувати такі розбіжності, відмінності можуть все ж таки суттєво впливати на результати розрахунків.

Дані запитальників МЕА є надійним джерелом інформації, однак, оскільки вони базуються на даних Державної служби статистики, для них характерні аналогічні обмеження щодо доступності даних.

6.4 Необхідний рівень деталізації даних

Відповідно до методологічного підходу, описаного вище, для розрахунків коефіцієнтів викидів для електроенергії дані про різні параметри можуть базуватися на даних окремих електростанцій (на основі окремих статистичних форм) або груп електростанцій (на основі агрегованих статистичних даних).

У випадку використання агрегованих статистичних даних, інформація про обсяги відпущеної електричної енергії та споживання палива (у разі використання палива електростанціями), необхідна у розрізі щонайменше таких груп електростанцій:

- атомні електростанції (АЕС);
- теплові електростанції (ТЕС) із розподілом на:
 - > ТЕС загального користування;
 - > ТЕС підприємств;
- теплоелектроцентралі (ТЕЦ) та когенераційні установки із розподілом на:
 - > ТЕЦ та когенераційні установки загального користування;
 - > ТЕС та когенераційні установки підприємств;
- електростанції на біомасі;
- електростанції на біогазі;
- сонячні електростанції;
- вітрові електростанції;
- гідроелектростанції (ГЕС);
- гідроакумулюючі електростанції (ГАЕС);
- електростанції домогосподарств на відновлюваних джерелах енергії.

Дані про використання палива необхідні із прив'язкою до визначених вище груп електростанцій та в розрізі щонайменше таких видів палива:

- антрацитове та пісне вугілля;
- газове та довгополуменеве вугілля;
- природний газ;
- мазут.

77 IEA, Emissions Factors 2023. Database documentation, https://iea.blob.core.windows.net/assets/bf862218-7fd8-4637-aca6-5a347b6ca4f1/IEA_Methodology_Emission_Factors_2023.pdf

Окремо, для майбутнього включення викидів від CH_4 та N_2O до розрахунку коефіцієнту викидів необхідно покращити якість та повноту даних про обсяги використання різних типів біомаси, в т.ч. біогазу, для виробництва електроенергії, а також про якісні характеристики даних джерел енергії, зокрема, нижчу теплоту згоряння. Така інформація може бути необхідна не лише для урахування роботи електростанцій на біомасі чи біогазі, але й інших електростанцій у випадку одночасного спалювання біомаси та викопних видів палива.

При зборі інформації про виробництво електроенергії та використання палива необхідно передбачити узгодженість статистичних даних із різних джерел, враховуючи такі аспекти:

- Забезпечення відповідності та узгодженості структури та рівня деталізації даних про відпуск електроенергії та даних про обсяги споживання палива, в т.ч. використання однакових категорій для збору інформації відповідно до рекомендацій, наведених вище.
- Забезпечення збору інформації про відпуск електричної енергії електростанціями підприємств, що виробляють лише електроенергію або електроенергію і теплову енергію і постачають її до загальної мережі. При цьому важливо забезпечити збір інформації про споживання палива такими електростанціями і можливість розрахунку споживання палива, яке відноситься саме до відпущеного в мережу обсягу електричної енергії, а не лише до загального обсягу виробництва електричної енергії. У випадку комбінованого виробництва електричної та теплової енергії такими електростанціями необхідно також забезпечити збір інформації про обсяги виробництва теплової енергії для розподілу споживання палива та викидів між різними енергетичними продуктами. Додатково також необхідно забезпечити узгодженість визначень, які використовуються при зборі інформації, зокрема використання термінів «блок-станція», «ТЕС підприємств», «ТЕЦ та когенераційні установки підприємств» тощо. Урахування даного аспекту особливо важливе із урахуванням розвитку децентралізованої генерації, в тому числі із використанням природного газу в якості палива.
- Забезпечення збору інформації про відпуск теплової енергії від установок, що виробляють електричну та теплову енергію в режимі когенерації; дані щодо відпуску теплової енергії необхідно збирати із урахуванням роботи окремих установок, оскільки на ТЕЦ та когенераційні установки можуть мати різні характеристики, режими роботи та конфігурацію обладнання.
- Включення інформації про відпуск електроенергії, виробленої домогосподарствами із використанням відновлюваних джерел енергії, до загальної мережі і забезпечення узгодження такої інформації між різними джерелами; наразі показники доступні у даних НЕК Укренерго та НКРЕКП (із певними відмінностями у значеннях), але відсутні в інформації за результатами державних статистичних спостережень.

6.5 Використані дані та обмеження розрахунку коефіцієнтів викидів

Розрахунок коефіцієнтів викидів здійснено для 2020-2023 років відповідно до описаного вище методологічного підходу і джерел даних із урахуванням обмежень, описаних у таблиці нижче.

Таблиця 13. Дані для розрахунку коефіцієнтів викидів для електроенергії

Показник	Джерело даних та коментарі щодо обмежень
Обсяг відпуску електроенергії	
Атомні електростанції (АЕС)	Дані комерційного обліку НЕК Укренерго.
Теплові електростанції (ТЕС) загального користування	Дані комерційного обліку НЕК Укренерго.
Теплові електростанції (ТЕС) підприємств	Не включено до попереднього розрахунку через брак даних. Необхідний додатковий аналіз узгодженості категорій, наявності даних і співставлення даних із різних джерел.
Теплоелектроцентралі (ТЕЦ) та когенераційні установки загального користування	Дані комерційного обліку НЕК Укренерго.
Теплоелектроцентралі (ТЕЦ) та когенераційні установки підприємств	Не включено до попереднього розрахунку через брак даних. Необхідний додатковий аналіз узгодженості категорій, наявності даних і співставлення даних із різних джерел.
Електростанції на біомасі та біогазі	Дані комерційного обліку НЕК Укренерго.
Сонячні електростанції	Дані комерційного обліку НЕК Укренерго.
Вітрові електростанції	Дані комерційного обліку НЕК Укренерго.
Гідроелектростанції (ГЕС)	Дані комерційного обліку НЕК Укренерго.
Гідроакумулюючі електростанції (ГАЕС)	Дані комерційного обліку НЕК Укренерго. Обсяг відпуску не враховується при розрахунку коефіцієнтів викидів, оскільки ГАЕС виконують функцію збереження енергії, а не її виробництва.
Електростанції домогосподарств на ВДЕ	Дані комерційного обліку НЕК Укренерго.
<p>Дані про обсяги відпуску електроенергії можуть різнитися в різних джерелах через різницю у сфері охоплення (наприклад, охоплення лише ліцензіатів або виключення електростанцій домогосподарств), неповноту подання статистичної інформації (наприклад, відсутність даних від операторів сонячних електростанцій малої потужності) та різні системи класифікації (наприклад, в частині даних про відпуск ГЕС, електростанцій на біомасі та виокремлення електростанцій підприємств). Дані комерційного обліку НЕК Укренерго обрано як найбільш повне та детальне джерело інформації за результатами проведеного аналізу та консультацій.</p>	
Витрати палива для виробництва електричної енергії	
Використання антрацитового та пісного вугілля ТЕС	Дані НЕК Укренерго на основі відомчих форм статистичної звітності. Дані НКРЕКП щодо загального споживання вугілля співпадають або не суттєво відрізняються (до 2% для окремих років), однак не містять розподілу за марками вугілля.

Показник	Джерело даних та коментарі щодо обмежень
Використання газового та довгополуменевого вугілля ТЕС	Дані НЕК Укренерго на основі відомчих форм статистичної звітності. Дані НКРЕКП щодо загального споживання вугілля співпадають або не суттєво відрізняються (до 2% для окремих років), однак не містять розподілу за марками вугілля.
Використання природного газу ТЕС	Дані НЕК Укренерго на основі відомчих форм статистичної звітності. Дані НКРЕКП співпадають або несуттєво відрізняються (до 1.2%).
Використання мазуту ТЕС	Дані НЕК Укренерго на основі відомчих форм статистичної звітності. Дані НКРЕКП для деяких років є близькими, однак для деяких років відрізняються на 9-14%. На загальні показники вплив несуттєвий, оскільки частка мазуту в структурі палива дуже незначна. Для узгодженості джерел даних використані дані НЕК Укренерго.
Використання антрацитового та пісного вугілля ТЕЦ	Дані НЕК Укренерго на основі відомчих форм статистичної звітності. Дані НКРЕКП щодо загального споживання вугілля співпадають або не суттєво відрізняються (для більшості років менше 1% і лише для 2023 року близько 3%), однак не містять розподілу за марками вугілля.
Використання газового та довгополуменевого вугілля ТЕЦ	Дані НЕК Укренерго на основі відомчих форм статистичної звітності. Дані НКРЕКП щодо загального споживання вугілля співпадають або не суттєво відрізняються (для більшості років менше 1% і лише для 2023 року близько 3%), однак не містять розподілу за марками вугілля.
Використання природного газу ТЕЦ	Дані НЕК Укренерго на основі відомчих форм статистичної звітності. Дані НКРЕКП відрізняються, однак також включають дані когенераційних установок підприємств без їх виокремлення.
Використання мазуту ТЕЦ	Дані НЕК Укренерго на основі відомчих форм статистичної звітності. Дані НКРЕКП відрізняються, однак також включають дані когенераційних установок підприємств без їх виокремлення.
<p>При виборі джерела інформації про обсяги споживання палива важливе узгодження даних із даними про обсяги виробництва та відпуску електричної енергії, в тому числі в частині сфери охоплення та використання однакової / порівнюваної класифікації.</p>	
<p>Нижча теплота згоряння палива</p>	
Антрацитове та пісне вугілля	Дані Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України для 2020-2021 років (розрахований середньозважений показник для ТЕС, які використовують лише вугілля марок А та П). Для 2022-2023 років використано значення 2021 року.

Показник	Джерело даних та коментарі щодо обмежень
Газове та довгополуменеве вугілля	Дані Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України для 2020-2021 років (розрахований середньозважений показник для ТЕС, які використовують лише вугілля марок Г та Д). Для 2022-2023 років використано значення 2021 року.
Природний газ	Дані Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України – значення розраховане на основі показника нижчої теплоти згоряння в ГДж / т та густини природного газу. Для усіх років використано значення для 2020 року, оскільки через брак інформації дані в кадастрі не оновлювалися.
Мазут	Дані Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України (таблиця А2.4).
Коефіцієнти викидів вуглецю	
Антрацитове та пісне вугілля	Дані Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України для 2020-2021 років (розрахований середньозважений показник для ТЕС, які використовують лише вугілля марок А та П). Для 2022-2023 років використано значення 2021 року.
Газове та довгополуменеве вугілля	Дані Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України для 2020-2021 років (розрахований середньозважений показник для ТЕС, які використовують лише вугілля марок Г та Д). Для 2022-2023 років використано значення 2021 року.
Природний газ	Дані Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України. Для усіх років використано значення для 2020 року, оскільки через брак інформації дані в кадастрі не оновлювалися.
Мазут	Дані Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України (таблиця А2.4).
Коефіцієнти окислення вуглецю	
Антрацитове та пісне вугілля	Дані Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України для 2020-2021 років (розрахований середньозважений показник для ТЕС, які використовують лише вугілля марок А та П). Для 2022-2023 років використано значення 2021 року.
Газове та довгополуменеве вугілля	Дані Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України для 2020-2021 років (розрахований середньозважений показник для ТЕС, які використовують лише вугілля марок Г та Д). Для 2022-2023 років використано значення 2021 року.

Показник	Джерело даних та коментарі щодо обмежень
Природний газ	Відповідно до Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України прийнято рівним 1.
Мазут	Відповідно до Національного кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів України прийнято рівним 1.
Обсяг відпуску теплової енергії	
Обсяг відпуску теплової енергії ТЕЦ	Дані Регулятора на основі інформації форми звітності № 4а-НКРЕКП-виробництво електричної та теплової енергії (місячна) "Звіт про використання палива/енергії та стан розрахунків".
Ефективність виробництва теплової енергії альтернативним методом (котлом)	Прийняте значення за замовчуванням на рівні 90%.
При виборі даних про обсяги відпуску теплової енергії важливе їх узгодження із даними про відпуск електричної енергії ТЕЦ, а також урахування лише теплової енергії виробленої в режимі когенерації, а не окремими водогрійними котлами, які можуть бути встановлені на тих же об'єктах.	
Інші параметри	
Показник втрат електричної енергії в енергосистемі	Для споживачів першого класу напруги використано значення за замовчуванням - 2,5%, що враховує лише технологічні витрати в магістральних електричних мережах напругою 800-220 кВ. Для споживачів другого класу напруги використані дані НЕК Укренерго.

Вибір джерел інформації здійснювався із урахуванням доступності даних, повноти охоплення, рівня деталізації, точності та надійності джерела інформації. У майбутньому джерела даних можуть бути змінені, враховуючи розвиток системи енергетичної статистики та урахування рекомендацій щодо покращення узгодженості та рівня деталізації даних, підготовлених за результатами виконання дослідження.



7

**РЕЗУЛЬТАТИ
РОЗРАХУНКІВ
КОЕФІЦІЄНТІВ
ВИКИДІВ**

7.1 Середні коефіцієнти викидів

Середні коефіцієнти викидів, в цілому, демонструють тенденцію до зниження, що пов'язано із розвитком відновлюваних джерел енергії та активним використанням потужностей атомних електростанцій в останні роки. Разом з тим, вплив війни та руйнування енергетичної інфраструктури потрібно буде додатково оцінювати при розрахунку коефіцієнтів викидів на наступні роки.

Результати розрахунку середніх коефіцієнтів викидів представлені на рисунку нижче.

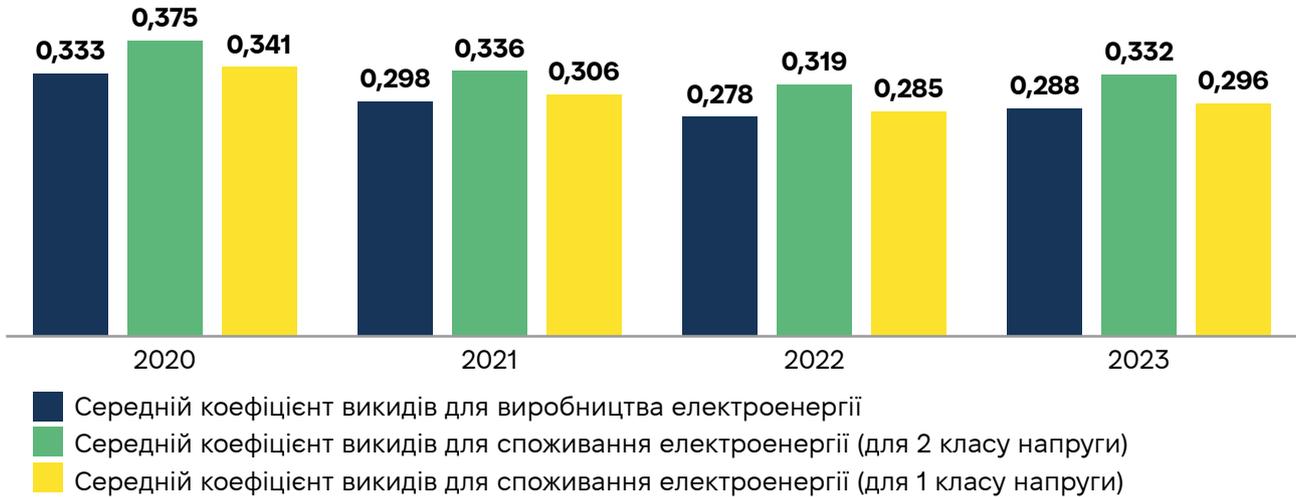


Рисунок 6. Середні коефіцієнти викидів для електроенергії, т CO₂ / МВт-год

Рекомендації щодо використання середніх коефіцієнтів викидів:

- середній коефіцієнт викидів для виробництва електроенергії відображає питомі середні викиди на етапі відпуску електроенергії в мережу і використовується для обліку непрямих викидів Обсягу 2 відповідно до вимог GHG Protocol;
- середні коефіцієнти викидів для споживання електроенергії (для споживачів різного класу напруги) враховують втрати електричної енергії при транспортуванні і можуть використовуватися для оцінки загальних викидів на етапі споживання, в т.ч. при визначенні вуглецевого сліду.

Вимоги щодо використання певного типу коефіцієнту викидів можуть також встановлюватися окремими документами програм чи стандартів, для цілей яких здійснюється оцінка.



7.2 Граничні коефіцієнти викидів

Результати розрахунку граничних коефіцієнтів викидів представлені на рисунку нижче.

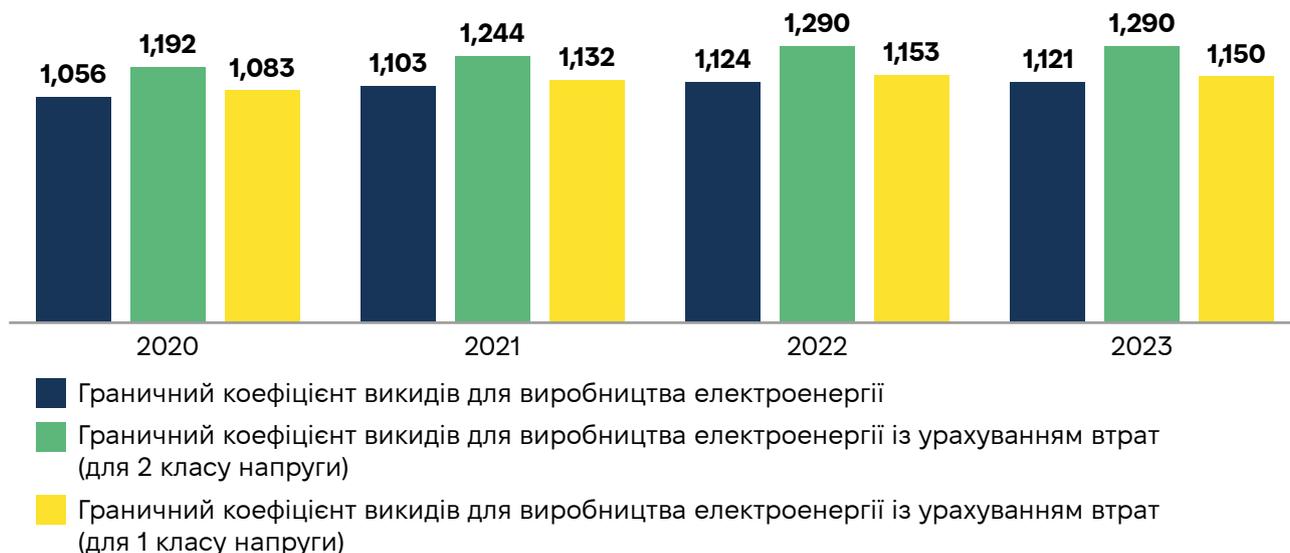


Рисунок 7. Граничні коефіцієнти викидів для електроенергії, т CO₂ / МВт·год

Рекомендації щодо використання граничних коефіцієнтів викидів:

- граничний коефіцієнт викидів для виробництва електроенергії відображає викиди на етапі відпуску електроенергії в мережу і може використовуватися для оцінки скорочень викидів від проектів використання відновлюваних джерел енергії;
- граничні коефіцієнти викидів для виробництва електроенергії із урахуванням втрат (для споживачів різного класу напруги) враховують втрати електричної енергії при транспортуванні і можуть використовуватися для оцінки скорочень викидів від проектів підвищення енергоефективності кінцевими споживачами (із урахуванням класу напруги).

З огляду на те, що група низьковитратних / обов'язкових для включення електростанцій не охоплює лише ТЕС, але включає ТЕЦ, граничний операційний коефіцієнт викидів буде відрізнятися від середнього коефіцієнту викидів для виробництва електроенергії з викопних джерел палива (ТЕС та ТЕЦ).



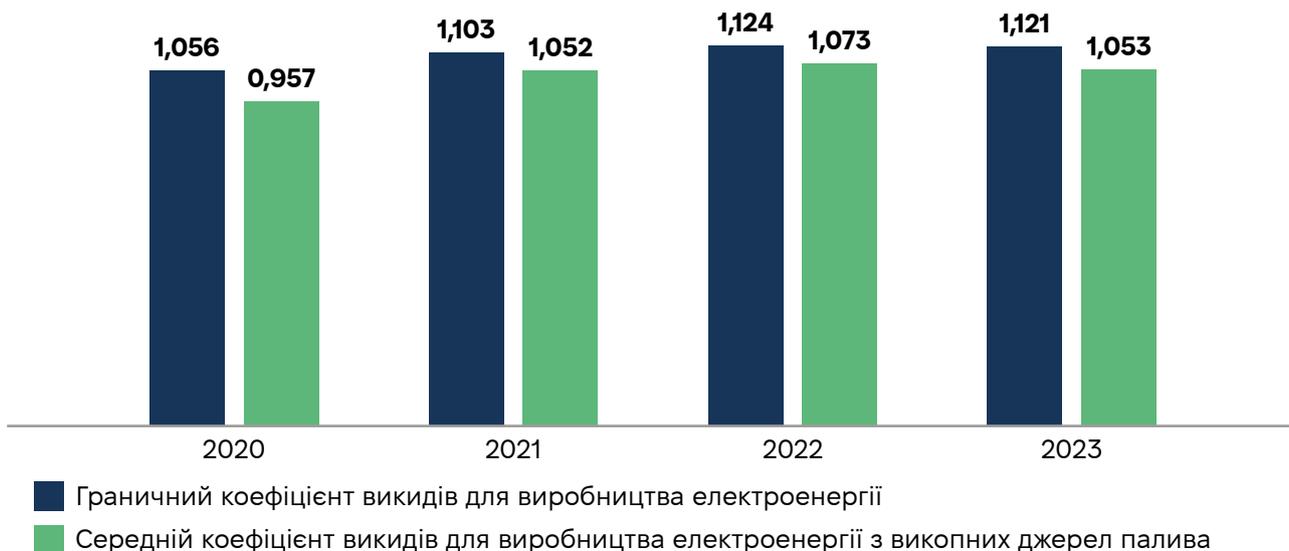


Рисунок 8. Порівняння граничних коефіцієнтів викидів та середніх коефіцієнтів викидів для виробництва електроенергії з викопних джерел палива, т CO₂ / МВт·год

7.3 Коефіцієнти викидів для втрат електроенергії

Для цілей обліку непрямих викидів Обсягу 3, категорії 3 «Діяльність пов'язана із використанням палива та енергії, що не включена в Обсяг 1 та Обсяг 2» (Category 3: Fuel- and Energy-Related Activities Not Included in Scope 1 or Scope 2)⁷⁸ можна використовувати коефіцієнти викидів, пов'язаних із втратами електроенергії при транспортуванні.



Рисунок 9. Викиди, пов'язані із втратами електроенергії при транспортуванні

78 GHG Protocol, https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/standards_supporting/Chapter3.pdf

7.4 Обмеження та невизначеність

Представлені результати розрахунку відображають різні коефіцієнти викидів для об'єднаної енергосистеми України відповідно до методологічних підходів та обмежень, описаних вище. З огляду на обмеження, пов'язані із якістю та повнотою даних, наведені результати розрахунків коефіцієнтів викидів характеризуються певною невизначеністю, однак її рівень не є суттєвим. Основні джерела викидів при виробництві електроенергії, пов'язані із роботою теплових електростанцій щодо яких наявні повні та надійні дані.

У разі відсутності даних для певного року загальною практикою є використання коефіцієнтів викидів для року, який є найближчим до звітнього (наприклад, попереднього року чи ще більш ранні дані).

Викиди від виробництва електроенергії невід'язними до енергомережі установками не враховуються у розрахунку. У зв'язку із значними руйнуваннями енергосистеми України, в тому числі об'єктів генерації, в країні різко зросла кількість та потужність резервних джерел живлення, зокрема, дизельних електрогенераторів. Хоч викиди на одиницю виробленої електроенергії для генераторів є суттєво вищими за викиди для електроенергії з мережі, їх частка у загальному обсязі виробництва протягом року є незначною.⁷⁹ У випадку використання таких резервних джерел генерації електроенергії викиди у кожному конкретному випадку необхідно розраховувати на основі обсягів використання палива та відповідних коефіцієнтів викидів для палива.⁸⁰ Використання резервних джерел енергопостачання для цілей обліку парникових газів враховується окремо від непрямих викидів, пов'язаних із споживанням електроенергії з мережі.

7.5 Порівняння середніх викидів із країнами ЄС

Середні показники викидів для електроенергії в Україні демонструють тенденцію до скорочення завдяки використанню потужностей атомних електростанцій та розвитку відновлюваних джерел енергії. Відповідно до результатів дослідження, середній коефіцієнт викидів є близьким до середнього в країнах ЄС (ЄС-27). Примітно, що протягом 2020-2022 років середні коефіцієнти викидів в Україні та ЄС демонстрували протилежні тенденції. У ЄС після стійкої тенденції до скорочення в останні роки середній показник збільшувався, тоді як в Україні продовжував зменшуватися.

79 За оцінками Ініціативи з обліку викидів внаслідок війни, протягом жовтня-грудня внаслідок масштабних атак на енергосистему та тривалих відключень електроенергії частка генераторів у виробництві електроенергії коливалася на рівні 2.4% - 5.5%, однак становила близько 1% в середньому протягом 2022 року. Загальна потужність дизельних та бензинових генераторів вимірюється кількома гігаватами. Див. Вплив російської війни в Україні на клімат: 24 лютого 2022 – 23 лютого 2023, <https://ecoaction.org.ua/vplyv-ros-vijny-na-klimat-2.html>

80 Див. для прикладу підхід, описаний у розділі 6.2.1.1.2 керівництва TOOL05. Methodological tool. Baseline, project and/or leakage emissions from electricity consumption and monitoring of electricity generation. Version 03.0, <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-05-v3.0.pdf>

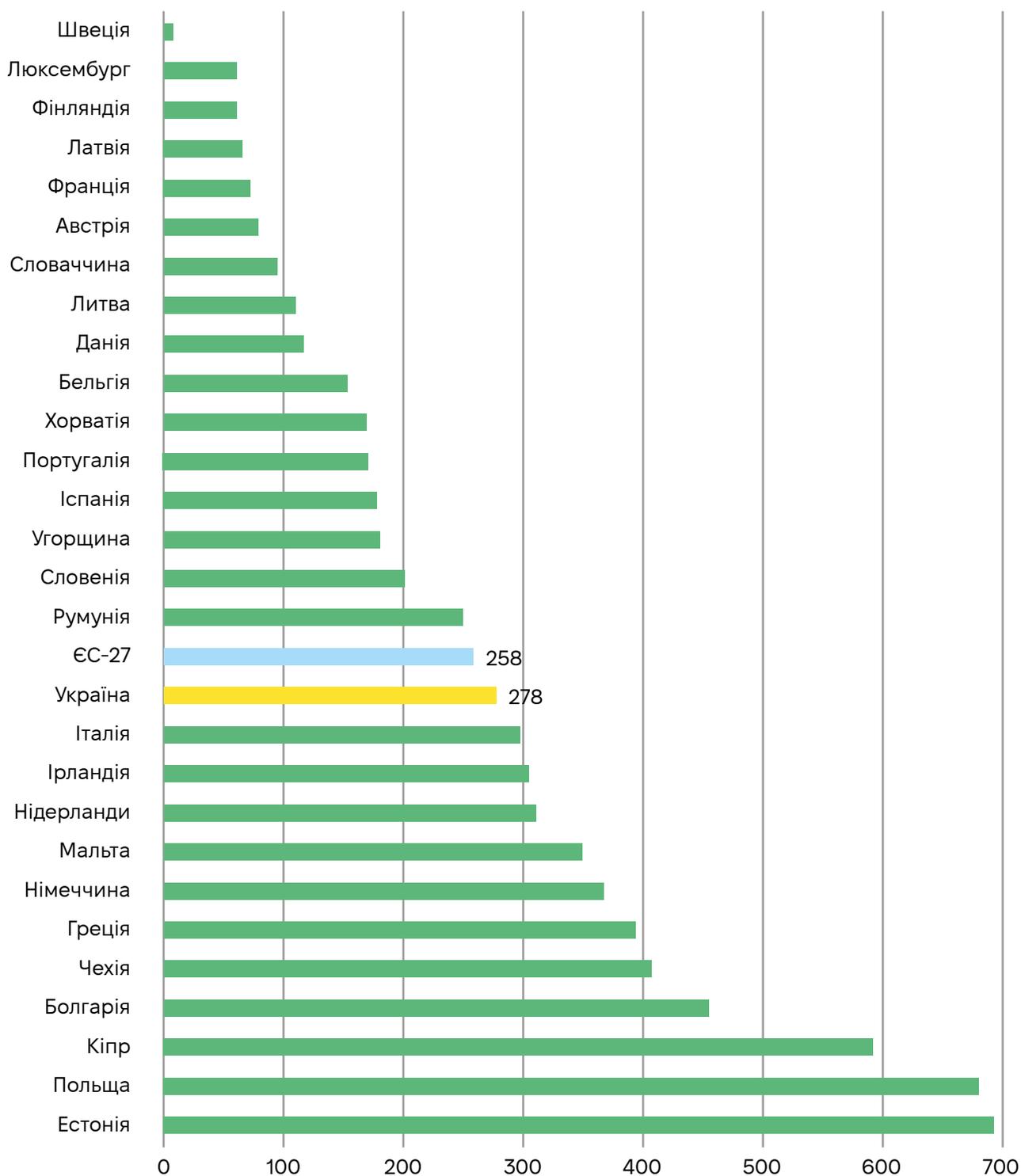


Рисунок 10. Порівняння середніх коефіцієнтів викидів в Україні та країнах ЄС у 2022 році (кг CO₂ / МВт·год)

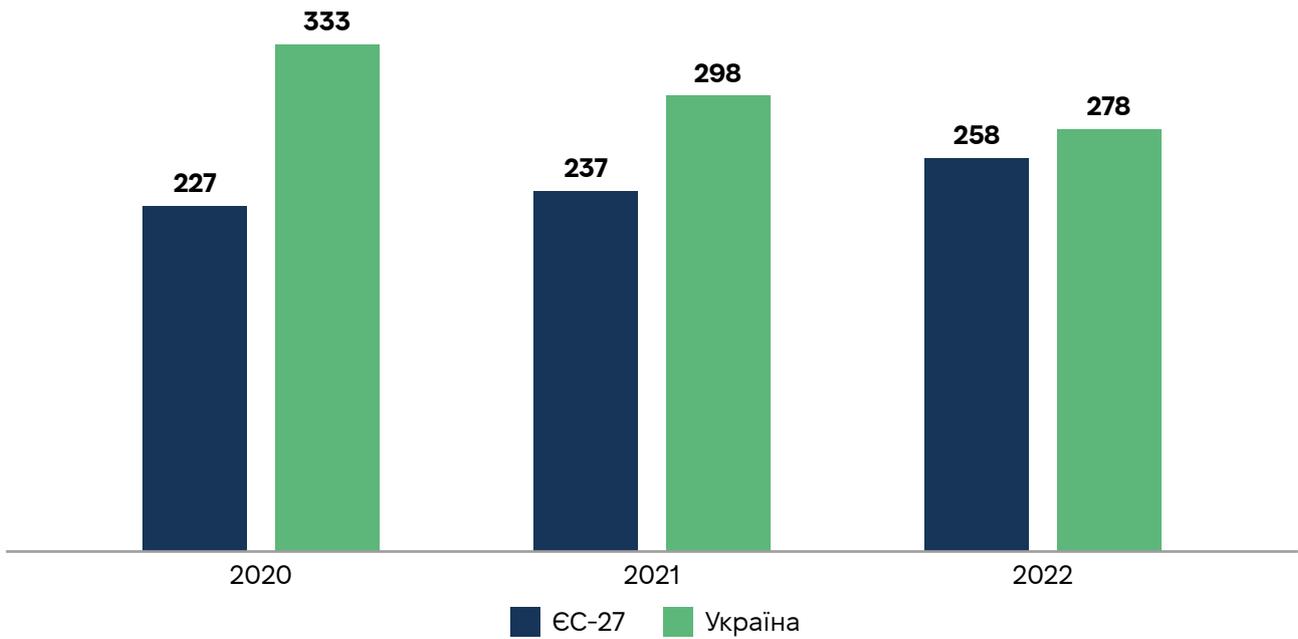


Рисунок 11. Порівняння середніх коефіцієнтів викидів в Україні та ЄС-27 (кг CO₂ / МВт-год)

Джерело: дані ЄС – на основі даних Європейського агентства з охорони довкілля.⁸¹

Для досягнення цілей ЄС зі скорочення викидів, середній коефіцієнт викидів при виробництві електричної енергії має надалі скорочуватися і за різними оцінками досягнути 110-118 кг CO₂ / МВт-год. уже до 2030 року.





8

**МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД
ЩОДО ПУБЛІКАЦІЇ ДАНИХ
ПРО КОЕФІЦІЄНТИ
ВИКИДІВ**

8.1 Канада – публікація даних як частини національного кадастру

Канада публікує дані про викиди при виробництві електроенергії як додаток до національного кадастру викидів парникових газів.⁸² Додаток включає детальну інформацію про викиди парникових газів, пов'язані із виробництвом електроенергії в категорії «Public Electricity and Heat Production category (IPCC Category 1.A.1.a)» на рівні країни, провінцій та окремих територій.

Набір даних включає інформацію про:

- середній коефіцієнт викидів при виробництві електроенергії у розрізі окремих парникових газів (CO₂, CH₄, N₂O) та в CO₂ еквіваленті в г на кВт·год; розраховується на основі даних про споживання палива, коефіцієнти викидів та обсяги виробництва електроенергії;
- дані, пов'язані із транспортуванням та розподілом електроенергії, в тому числі втрати електроенергії та викиди SF₆ від електричного обладнання (обліковуються в категорії Industrial Processes and Product Use);
- середні коефіцієнти викидів при споживанні електроенергії, які розраховуються із урахуванням втрат при транспортуванні (обсяги втрат віднімаються від виробництва електроенергії при розрахунку) і викидів SF₆ (обсяги викидів додаються до загальних викидів).

Дані охоплюють компанії, основною сферою діяльності яких є виробництво електроенергії (за класифікатором видів економічної діяльності - NAICS code 22111). Компанії, які виробляють електроенергію частково або повністю для своїх власних потреб чи як побічний продукт виробництва (autoproducers) мають інші класифікатори економічної діяльності і не включені до розрахунків, окрім випадків, коли для постачання електричної енергії створюється окрема юридична особа.

8.2 Великобританія – Департамент енергетичної безпеки та нульових викидів

У Великобританії інформація про коефіцієнти викидів щорічно публікується Департаментом енергетичної безпеки та нульових викидів (Department for Energy Security and Net Zero),⁸³ а підхід до розрахунку детально описується у відповідному методологічному документі.⁸⁴ Набір коефіцієнтів викидів, головним чином, публікується для корпоративної звітності компаніями і містить велику кількість показників щодо різних джерел прямих і непрямих викидів додатково до коефіцієнтів викидів для електричної енергії.

Коефіцієнти викидів для електричної енергії використовуються компаніями для обліку викидів Обсягу 2 (непрямі викиди від споживання електроенергії). Основні середні коефіцієнти викидів відображають викиди від електроенергії, яка постачається у мережу і не включають викиди, пов'язані із втратами при транспортуванні та розподілі. При цьому, набір даних також містить коефіцієнти викидів для урахування втрат електроенергії при транспортуванні та розподілі і показники викидів на основі життєвого циклу (WTT conversion factors), що враховують викиди від видобування, переробки

82 <https://canada.ca/ghg-inventory%20National%20Inventory%20Report%20%E2%80%93%202023%20Edition%20Part%203>

83 Department for Energy Security and Net Zero, Greenhouse gas reporting: conversion factors 2024, <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2024>

84 2024 Government Gas Conversion Factors for company reporting. Methodology Paper for Conversion factors. Final Report, <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/66a9fe4ca3c2a28abb50da4a/2024-greenhouse-gas-conversion-factors-methodology.pdf>

та транспортування палива для виробництва електроенергії. Такі коефіцієнти викидів можуть використовуватися компаніями для обліку інших непрямих викидів Обсягу 3.

Середні коефіцієнти викидів базуються на інформації про прямі викиди CO₂, CH₄ та N₂O від електростанцій загального користування та електростанцій підприємств у Великобританії, а також враховує нетто імпорт електричної енергії в розрізі окремих інтерконнекторів із Ірландією, Нідерландами, Францією, Бельгією та Норвегією і відповідні показники викидів на одиницю електроенергії, що імпортується. Коефіцієнти викидів можуть суттєво змінюватися із року в рік, залежно від вартості палива та інших факторів, які визначають обсяги виробництва електроенергії із різних джерел та обсяги імпорту. Для імпортованої електроенергії, коефіцієнти викидів враховуються на основі різних наявних джерел даних, зокрема, офіційних національних показників. Для років, коли Великобританія є нетто-експортером електроенергії, викиди від імпортованої електроенергії не враховуються у розрахунках.

Коефіцієнти викидів для електроенергії базуються на обсягах викидів за результатами національної звітності у категоріях 1A1aі (електростанції / power stations) та 1A2b/1A2gviii (електростанції підприємств / autogenerators) національного кадастру викидів парникових газів. При цьому, коефіцієнти, що публікуються у 2024 році, базуються на даних про викиди 2022 року. Однак, дані національного кадастру у визначених категоріях містять інформацію лише про викиди електростанцій підприємств, які використовують вугілля та природний газ, і не включають викиди від електростанцій, які використовують нафтопродукти та інші викиди викопного палива (наприклад, доменний газ, коксовий газ, тверді побутові відходи тощо). З огляду на це, додаткова інформація для розрахунків включала інші дані енергетичної статистики (Digest of UK Energy Statistics – DUKES). При цьому, у розрахунках враховується частка електроенергії, виробленої електростанціями підприємств, яка постачається до загальної мережі. Даний показник може суттєво змінюватися із року в рік.

У випадку когенерації для розподілу споживання палива та викидів на теплову та електричну енергію використовується метод 1/3 : 2/3 енергетичної статистики.

Результати розрахунків наводяться окремо для різних парникових газів і для загального обсягу викидів парникових газів, а також окремо для таких категорій:

- виробленої електроенергії (із урахуванням імпорту);
- для втрат внаслідок транспортування та розподілу (розраховується на основі показника втрат і дорівнює різниці між коефіцієнтом викидів для спожитої електроенергії та виробленої електроенергії);
- для спожитої електроенергії (враховує втрати від транспортування та розподілу).

8.3 Польща – Інститут охорони навколишнього середовища

У Польщі дані про коефіцієнти викидів для електроенергії публікує Національний центр балансування та управління викидами (KOBiZE – Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami), який є окремим центром у структурі Національного науково-дослідного Інституту охорони навколишнього середовища.⁸⁵ Серед основних завдань KOBiZE є адміністрування системи торгівлі викидами ЄС, адміністрування бази даних про обсяги викидів забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферне повітря, а також підготовка національних кадастрів викидів відповідно до вимог РКЗК ООН. KOBiZE знаходиться під наглядом Міністра клімату, а його завдання фінансуються з Національного фонду охорони навколишнього середовища та водного господарства.

85 Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), <https://www.kobize.pl/>

Коефіцієнти обраховуються на основі інформації, внесеної суб'єктами природокористування до Національної бази даних про викиди парникових газів та інших речовин за відповідний рік. Варто підкреслити, що враховуються дані і установок, які виробляють лише електричну енергію, і установок комбінованого виробництва теплової та електричної енергії.

При цьому, відповідний звіт містить інформацію про коефіцієнти викидів не лише CO₂, але й SO₂, NO_x, CO та загального пилу. Публікуються дані про такі коефіцієнти:

- на 1 МВт·год електроенергії, виробленої виключено установками, що використовують технологію спалювання палива;
- на 1 МВт·год електроенергії, виробленої усіма установками виробництва електроенергії, включаючи електроенергію, відпущену в мережу з відновлюваних джерел енергії та з урахуванням втрат і балансової різниці, або іншими словами коефіцієнт викидів для електроенергії, яка використовується кінцевими споживачами.

Для прикладу, відповідно до звіту для 2022 року⁸⁶ коефіцієнти викидів CO₂ складають:

- 788 кг CO₂ на МВт·год електроенергії, виробленої в установках спалювання палива;
- 685 кг CO₂ на МВт·год для кінцевого споживання електроенергії.

Відповідно до пояснень, коефіцієнти викидів можуть використовуватися для оцінки змін в екологічних показниках окремих секторів економіки та для розрахунку екологічного ефекту в разі модернізації або нових проектів, що призводять до скорочення викидів. Примітно, що для цілей корпоративного обліку викидів парникових газів відповідно до GHG Protocol коефіцієнт для кінцевого споживання електричної енергії має бути додатково розділений для обрахунку коефіцієнта без урахування втрат електричної енергії (Score 2) та коефіцієнта, який відображає такі втрати (Score 3).

Оператори установок подають до національної бази усю необхідну для розрахунків інформацію, в тому числі:

- інформацію про обсяги викидів CO₂, SO₂, NO_x, CO та загального пилу від установок для спалювання палива при виробництві електричної та теплової енергії,
- інформацію про обсяги виробництва електричної та теплової енергії в установках для спалювання палива,
- інформацію про обсяги споживання палив, що використовуються для виробництва електричної та теплової енергії та їх основні якісні показники (теплота згоряння, вміст сірки в паливі, зольність палива).

Звіти також містять коротку методологічну інформацію, зокрема, щодо підходу для розподілу викидів для установок комбінованого виробництва теплової та електричної енергії. Для комбінованого виробництва теплової та електричної енергії викиди розділяються із використанням енергетичного методу пропорційно відповідно до обсягів виробництва тепла та електроенергії у загальному виробництві без урахування якісних характеристик форм енергії.

Інформація про коефіцієнти викидів публікується щорічно у вигляді звітів (на сайті доступні звіти за 2016–2023 роки).⁸⁷ При цьому інформація про коефіцієнти викидів оприлюднюється із затримкою на один рік – звіт 2023 року був опублікований у грудні 2023 року і містить інформацію про коефіцієнти викидів для 2022 року.

86 Wskaźniki emisyjności CO₂, SO₂, NO_x, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2022 rok, https://www.kobize.pl/uploads/materialy/materialy_do_pobrania/wskazniki_emisyjnosci/Wskazniki_emisyjnosci_2022.pdf

87 KOBiZE, Wskaźniki produktowe dla energii elektrycznej, <https://www.kobize.pl/pl/fileCategory/id/28/wskazniki-emisyjnosci>

8.4 Франція – публікація даних оператором системи передачі

У Франції інформація про коефіцієнти викидів для електроенергії публікуються оператором системи передачі (RTE), причому така інформація публікується, в тому числі, в режимі реального часу для кожного 15 хвилинного періоду.⁸⁸

RTE, як оператор системи розподілу, має доступ до даних про споживання та виробництво електроенергії та створив інструмент *éco2mix*, який наявний у вільному доступі в мережі інтернет та через мобільний додаток і надає інформацію про різні індикатори, і, зокрема, викиди CO₂ від виробництва електроенергії на рівні країни і на регіональному рівні.

Індикатор викидів CO₂ демонструє викиди внаслідок споживання первинних видів палива електростанціями на території Франції і не враховує непрямі викиди, наприклад, від будівництва електростанцій чи видобутку та постачання палива. Показник викидів також не враховує обмін електроенергією через інтерконектори з іншими країнами (імпорт та експорт).

Коефіцієнти викидів в режимі реального часу розраховуються на основі визначених показників для кожного типу електростанцій.⁸⁹

- 986 кг CO₂ на МВт-год для вугільних електростанцій;
- 777 кг CO₂ на МВт-год для електростанцій на нафтопродуктах;
- 429 кг CO₂ на МВт-год для газових електростанцій;
- 494 кг CO₂ на МВт-год для електростанцій на відходах.

Для інших типів електростанцій викиди приймають рівними нулю.

Дані показники будуть час від часу оновлюватися, враховуючи розвиток технологій та модернізацію електростанцій.

Фінальні показники викидів на основі консолідованих даних розраховуються на основі двох джерел інформації:

- даних про коефіцієнти викидів для різних видів палива (природний газ, вугілля та нафтопродукти) на основі бази даних ADEME;
- керівництв ENTSO-Е щодо визначення стандартних показників ефективності для електростанцій.

8.5 Дані консалтингових компаній

Аналітичний центр у сфері енергетики Ember⁹⁰ збирає та публікує набори даних та аналітичні дослідження у сфері енергетики, в т.ч. дані щодо електроенергетики - Electricity Data Explorer⁹¹. Даний інструмент дозволяє переглядати та аналізувати дані щодо попиту на електроенергію, обсягів виробництва, потужності та викидів CO₂ за країнами. Методологія збору даних описана в окремому документі.⁹² Окрім загальних методологічних підходів документ також містить коментарі щодо доступності та джерел даних для окремих країн. Усі дані знаходяться у відкритому доступі і вільні для завантаження та подальшого опрацювання.

88 RTE, <https://www.rte-france.com/en/eco2mix>

89 RTE, <https://www.rte-france.com/en/eco2mix/co2-emissions#>

90 Ember, <https://ember-climate.org/about/>

91 Ember, Electricity Data Explorer, <https://ember-climate.org/data/data-tools/data-explorer/>

92 Core Data Methodology, <https://ember-climate.org/app/uploads/2022/03/Ember-Methodology.pdf>

Дані про викиди на одиницю виробленої електроенергії обраховуються на основі даних про споживання палива та стандартних коефіцієнтів викидів відповідно до 5 Оціночного звіту МГЕЗК (IPCC 5th Assessment Report Annex 3 (2014)). У розрахунок викидів включаються не лише прямі, але й непрямі викиди, пов'язані із видобуванням та транспортуванням палива, а також усі парникові гази, перераховані у CO₂ еквівалент, зокрема:

- для вугілля – 820 г CO₂ екв. / кВт·год;
- для природного газу – 490 г CO₂ екв. / кВт·год;
- для іншого викопного палива – 700 г CO₂ екв. / кВт·год;
- для вітрової електроенергетики – 11 г CO₂ екв. / кВт·год;
- для сонячної енергетики – 48 г CO₂ екв. / кВт·год;
- для біоенергетики – 230 г CO₂ екв. / кВт·год;
- для гідроенергетики – 24 г CO₂ екв. / кВт·год;
- для іншої відновлюваної енергетики (на основі даних для геотермальної енергії) – 38 г CO₂ екв. / кВт·год;
- для атомної енергетики – 12 г CO₂ екв. / кВт·год

Хоч перевагою даного набору даних є широке охоплення та відкритість, він має низку обмежень, які впливають на точність та репрезентативність коефіцієнтів викидів:

- використовуються стандартні коефіцієнти викиди для викопного палива, тоді як характеристики палива, наприклад вугілля, можуть суттєво відрізнятися для різних країн чи для різних марок вугілля в одній країні;
- враховуються непрямі викиди, пов'язані із видобутком палива, які також можуть відрізнятися в різних країнах, а стандартні коефіцієнти можуть не враховувати останні наявні дослідження про інтенсивність викидів; викиди від біомаси також залежать від типу біомаси та багатьох інших факторів і можуть суттєво відрізнятися від стандартних значень; крім того, включення таких викидів може не відповідати деяким потребам використання коефіцієнтів викидів для електроенергії;
- використовуються стандартні показники ефективності виробництва енергії, які не враховують різноманіття технологій та відмінності в ефективності електростанцій різних поколінь та у різних країнах;
- не враховується виробництво теплової енергії для електростанцій, які використовують технології комбінованого виробництва тепла та електроенергії.

8.6 Дані постачальників електроенергії

Директива (ЄС) 2019/944 «Про спільні правила внутрішнього ринку електроенергії...»⁹³ у статті 18 визначає, що рахунки та інформація у рахунках має забезпечити дотримання мінімальних вимог, наведених у Додатку 1 директиви. Додаток, натомість, серед вимог містить пункт щодо розкриття інформації про джерела енергії. Зокрема, постачальники мають зазначати у рахунках внесок кожного

93 Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU (recast), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32019L0944>. Неофіційний переклад українською мовою: Директива (ЄС) 2019/944 Європейського Парламенту і Ради від 05 червня 2019 року про спільні правила внутрішнього ринку електроенергії та внесення змін до Директиви 2012/27/ЄС, <https://energysecurityua.org/ua/brify/dyrektyva-yes-2019-944-yevropeyskoho-parlamentu-i-rady-vid-05-cherwnia-2019-roku/>

джерела енергії в електроенергії, що закуплена кінцевим споживачем відповідно до договору на постачання електроенергії. Серед іншого, інформація, яка міститься у рахунку або надається разом із рахунком, повинна включати дані про екологічний вплив і, принаймні, дані про середні викиди CO₂ від виробництва електроенергії для загальної структури електроенергії даного постачальника за попередній рік.

Члени ЄС відповідним чином інкорпоровали положення даної директиви у національне законодавство, а постачальники публікують відповідні показники впливу у рахунках чи на своїх сайтах.⁹⁴ Постачальники отримують інформацію від виробників електричної енергії або інших постачальників та здійснюють відповідні розрахунки для власної структури електроенергії. У Польщі, наприклад, рахунки повинні містити дані про структуру палив та інших джерел енергії, а також інформацію про місце, де доступна інформація про вплив на довкілля в частині викидів CO₂, SO₂, оксидів азоту, пилу та радіоактивних відходів. Така інформація може міститися на веб-сторінці постачальника електроенергії або в інших матеріалах.

Положення про необхідність інформування споживачів про частку відновлюваної енергії та коефіцієнт викидів парникових газів для електроенергії, яка постачається, містяться і в інших документах ЄС.⁹⁵ У перспективі така інформація має стати доступною в режимі реального часу.

8.7 Інші джерела інформації

Існує також багато інших джерел інформації та баз даних, які збирають показники коефіцієнтів викидів для електроенергії для різних країн, використовуючи різні підходи та методики.

Основні джерела додаткових даних про граничні коефіцієнти викидів можуть включати наукові дослідження, комерційні продукти, урядові організації та оператори мереж. Наукові дослідження, як правило, детально розкривають методики та дані, однак розробляються для вивчення конкретних питань на основі історичних даних і не завжди можуть слугувати для цілей прийняття рішень. Разом з тим, наукові підходи часто можуть адаптуватися та використовуватися у комерційних продуктах або офіційних публікаціях державних органів.⁹⁶

Приклади інших джерел інформації:

- дані AIB (Association of Issuing Bodies);⁹⁷
- база даних Інституту глобальних екологічних стратегій (Institute for Global Environmental Strategies), Японія;⁹⁸
- база даних eGRID;⁹⁹

94 Для прикладу, у Польщі відповідна вимога міститься у § 44 Rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 22 marca 2023 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz. U. z 2023 r. poz. 819 z dnia 28 kwietnia 2023 r. z późniejszymi zmianami) і детальні вимоги до даних у додатку 2 до розпорядження, <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20230000819>.

95 Див., зокрема пункт 51 та статтю 20a Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023L2413&qid=1699364355105>

96 CEBI. Guide to sourcing marginal emissions factor data, <https://cebi.org/wp-content/uploads/2022/11/Guide-to-Sourcing-Marginal-Emissions-Factor-Data.pdf>

97 AIB, European Residual Mix, <https://www.aib-net.org/facts/european-residual-mix>

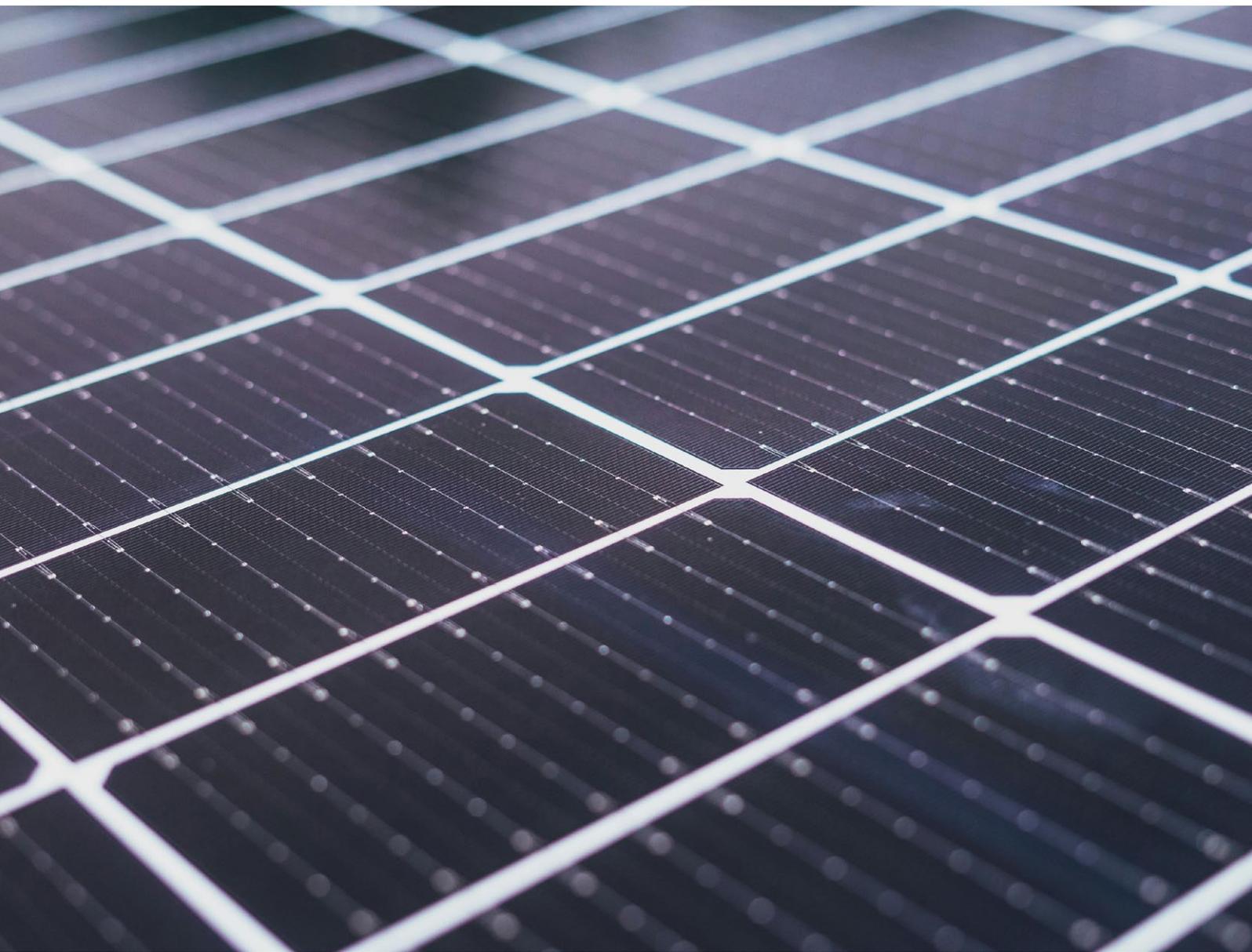
98 Institute for Global Environmental Strategies, IGES List of Grid Emission Factors, <https://www.iges.or.jp/en/pub/list-grid-emission-factor/en>

99 EPA, <https://www.epa.gov/egrid>

- дані про міжнародні коефіцієнти викидів для електроенергії від Carbon Footprint;¹⁰⁰
- дані Electricity Maps.¹⁰¹

8.8 Підсумки щодо практик публікації даних про коефіцієнти викидів для електроенергії

Проведений аналіз демонструє, що немає єдиної практики щодо публікації даних про коефіцієнти викидів парникових газів при виробництві та споживанні електричної енергії. У різних країнах можуть використовуватися різні підходи, а за публікацію даних можуть відповідати різні державні органи. Це можуть бути оператори систем передачі, міністерства охорони довкілля або спеціалізовані агентства у сфері охорони довкілля, а також постачальники електроенергії та інші організації.



100 Carbon Footprint, International Electricity Factors, https://www.carbonfootprint.com/international_electricity_factors.html

101 Electricity Maps, <https://www.electricitymaps.com/methodology#carbon-intensity-and-emission-factors>



9

ВИКОРИСТАННЯ

КОЕФІЦІЄНТІВ

ВИКИДІВ

9.1 Використання для цілей механізму вуглецевого коригування імпорту (СВАМ)

У частині виробництва та споживання електроенергії механізм вуглецевого коригування імпорту (Carbon Border Adjustment Mechanism - СВАМ) передбачає два окремі підходи до оцінки викидів парникових газів. Загальні правила щодо обрахунку викидів представлені у статті 7 та додатку IV Регламенту СВАМ (Регламент 2023/956).¹⁰²

Перший підхід використовується для експортерів електроенергії, а другий підхід - для оцінки непрямих викидів для усіх інших товарів, при виробництві яких використовується електроенергія.

Непрямі викиди – це викиди, які відбуваються під час виробництва електроенергії, яка використовується надалі при виробництві товарів, що підпадають під дію механізму вуглецевого коригування імпорту.

Відповідно, для цілей додатку IV регламенту (як і для цілей додатку V та VI) використовуються два основні визначення, пов'язані із коефіцієнтами викидів для електроенергії:

- Коефіцієнт викидів для електроенергії (emission factor for electricity) – це стандартне значення, виражене в CO₂ екв., яке відображає питомі викиди для електроенергії, що використовується при виробництві товарів.
- Коефіцієнт викидів CO₂ (CO₂ emission factor) - це середньозважений показник питомих викидів CO₂ для електроенергії, виробленої із викопних палив в межах географічної території. Такий коефіцієнт викидів CO₂ розраховується шляхом ділення обсягу викидів CO₂ від сектору виробництва електроенергії на загальний обсяг виробництва електроенергії із викопних видів палива у межах відповідної географічної території (обраховується в тоннах CO₂ на МВт-год).

Дані визначення схожі за термінами та формулюванням, але значення самих коефіцієнтів можуть суттєво відрізнятися в межах однієї і тієї ж географічної території. Перший коефіцієнт відображає середні викиди для усієї виробленої електроенергії і враховує виробництво електроенергії з відновлюваних джерел енергії та атомних електростанцій. Натомість, другий коефіцієнт відображає середні викиди лише для електроенергії із викопних джерел енергії і за певних умов може вважатися граничним коефіцієнтом викидів.

9.1.1. Непрямі викиди для товарів (окрім електроенергії)

Пункт 2 статті 7 Регламенту СВАМ визначає, що прямі викиди від виробництва товарів, окрім як електроенергії, мають розраховуватися на основі фактичних викидів (відповідно до методів наведених у пунктах 2 та 3 Додатку IV), а непрямі викиди – на основі стандартних довідкових даних відповідно до методів, описаних у пункті 4.1 Додатку IV.

Примітно, що для перехідного періоду передбачається моніторинг непрямих викидів для усіх товарів, тоді як для періоду повноцінної дії механізму вимога моніторингу непрямих викидів буде стосуватися лише окремих товарів (Додаток II до Регламенту СВАМ містить перелік товарів, для яких визначаються лише прямі викиди).

Непрямі викиди від використання електроенергії враховують при розрахунку так званого вуглецевого сліду або вбудованих викидів (embedded emissions) і простих, і комплексних товарів, якщо при їх виробництві використовується електрична енергія.

Підходи до оцінки непрямих викидів можуть відрізнятися залежно від джерела постачання електроенергії (наприклад, з національної мережі, постачання за прямим договором чи власне виробництво), але для цілей даного дослідження надалі розглядається лише використання електроенергії з національної мережі.

102 Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 establishing a carbon border adjustment mechanism, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0956>

Стандартні значення для непрямих викидів, які входять до вуглецевого сліду товару мають визначатися на основі (пункт 4.3 додатку IV регламенту):

- стандартного значення, розрахованого як середня величина коефіцієнту викидів для електричної мережі ЄС (emission factor of the Union electricity grid); або
- стандартного значення, розрахованого як середня величина коефіцієнту викидів для електричної мережі країни походження товару (emission factor of the country of origin electricity grid); або
- коефіцієнту викидів CO₂ (CO₂ emission factor) джерел електроенергії, які визначають ціну електроенергії в країні походження (CO₂ emission factor of price-setting sources).

При цьому, якщо країна продемонструє ЄК на основі надійних даних, що середній коефіцієнт викидів для електроенергії мережі (average electricity mix emission factor) або коефіцієнт викидів CO₂ джерел електроенергії, які визначають ціну електроенергії в країні походження (CO₂ emission factor of price-setting sources), є нижчими за стандартні значення для непрямих викидів, тоді можуть використовуватися відповідні альтернативні стандартні значення.

Імплементативний Регламент Комісії (ЄС) 2023/1773¹⁰³ (розділ D.4. Додатку III) уточнює, що під час перехідного періоду непрямі викиди від споживання електроенергії при виробництві товарів мають визначатися на основі одного із таких підходів:

- середня величина коефіцієнту викидів для електричної мережі країни походження товару на основі даних Міжнародного енергетичного агентства, яке надається ЄК у CBAM Transitional Registry; або
- будь-якого іншого коефіцієнту викидів для електричної мережі країни походження товару, розрахованого на основі публічно доступних даних, і який відображає або середній коефіцієнт викидів або коефіцієнт викидів CO₂.

У деяких випадках, коли електроенергія виробляється безпосередньо на місці виробництва товарів або постачається прямою лінією (а за певних умов і за прямим договором купівлі-продажу), можуть використовуватися фактичні коефіцієнти викидів для електроенергії, яка споживається при виробництві товарів (див. розділи D.4.1 та D.4.3 Додатку III).

Детальні методи розрахунку стандартних значень мають бути затверджені ЄК до 30 червня 2025 року. Стандартні значення будуть також періодично переглядатися на основі найновішої наявної інформації, в т.ч. інформації наданої третіми країнами, з метою уникнення витоків вуглецю та забезпечення екологічних цілей механізму вуглецевого коригування імпорту.

Відповідно до статті 3 Регламенту 2023/1773 для непрямих викидів декларант має включити у звіт, зокрема, інформацію про обсяг споживання електричної енергії на тонну виробленого товару, використання стандартних коефіцієнтів викидів або фактичних викидів, а також значення відповідних коефіцієнтів викидів для спожитої електроенергії.

Таким чином, для цілей розрахунку непрямих викидів парникових газів від використання електроенергії потенційно можна використовувати розрахований середній коефіцієнт викидів для електроенергії.

9.1.2. Прямі викиди для електроенергії

Включення електроенергії до механізму вуглецевого коригування імпорту обґрунтовувалося високою часткою сектору у загальних викидах ЄС, суттєвою різницею у платі за викиди вуглецю в ЄС та третіх

103 Commission Implementing Regulation (EU) 2023/1773 of 17 August 2023 laying down the rules for the application of Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and of the Council as regards reporting obligations for the purposes of the carbon border adjustment mechanism during the transitional period, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1773>

країнах і, відповідно, ризиком суттєвих витоків вуглецю внаслідок збільшення імпорту електроенергії, висока частка якої виробляється з вугілля. Такий ризик посилюється через прогрес у об'єднанні енергетичних систем ЄС та сусідніх країн.

При цьому, враховуючи особливості електроенергії як товару, для уникнення ризиків обходу вимог та покращення відстежування фактичних викидів CO₂ при імпорті електроенергії Регламент СВМ обмежує можливість обрахунку фактичних викидів при виробництві електроенергії переліком чітко визначених вимог. Ці вимоги, зокрема, включають необхідність продемонструвати тверду номінацію виділеної потужності міждержавного з'єднання та наявність прямих договірних відносин між покупцем і виробником відновлюваної електроенергії або між покупцем і виробником електроенергії, викиди якої є нижчими за стандартні значення.

В частині електроенергії Додаток I регламенту передбачає урахування лише викидів CO₂.

Стаття 7 (пункт 3) Регламенту СВМ визначає що викиди для електроенергії, що імпортується в ЄС, мають визначатися на основі стандартних значень відповідно до методів, описаних у пункті 4.2 Додатку IV, окрім випадків, коли декларант може продемонструвати дотримання критеріїв для оцінки викидів на основі фактичних викидів, як зазначено у пункті 5 Додатку IV.

Відповідно до статті 3 Регламенту 2023/1773 декларант має включити у звіт інформацію про коефіцієнт викидів для електроенергії (тонн CO₂ екв. / МВт-год) та джерело даних або метод обрахунку, які використовувалися для визначення коефіцієнту викидів.

Визначення стандартного значення коефіцієнта викидів для електроенергії

Пункт 4.2 Додатку IV визначає такі опції щодо визначення стандартного значення коефіцієнта викидів для електроенергії для країни, регіону в межах країни або групи країн:

- 1) використання питомого стандартного значення у вигляді коефіцієнта викидів CO₂ (CO₂ emission factor) визначеного ЄК для країни, групи країн чи регіону в межах країни на основі найкращих доступних для ЄК даних (пункт 4.2.1); або, якщо такий коефіцієнт не доступний,
- 2) використання альтернативного стандартного значення, визначеного на основі коефіцієнта викидів CO₂ (CO₂ emission factor) для Європейського Союзу (пункт 4.2.2); або
- 3) використання іншого альтернативного стандартного значення, якщо можна на основі надійних даних продемонструвати, що коефіцієнт викидів CO₂ (CO₂ emission factor) для визначеної території є меншим за обрховані на основі попередніх двох опцій (пункт 4.2.2).

Для опції 3 Регламент 2023/1773 (розділ D.2.3. Додатку III) уточнює, що декларант має надати набори даних із альтернативних офіційних джерел, включаючи національну статистику за 5-річний період, що завершився за два роки до подання звітності (див. рівняння 46 у розділі D.2.3. Додатку III). Для урахування впливу політик з декарбонізації та різних погодних умов в різні роки необхідно використовувати коефіцієнт викидів CO₂ як середньозважений показник за ці 5 років. Для кожного року коефіцієнт викидів CO₂ розраховується на основі коефіцієнта викидів для кожної окремої технології із використанням викопного палива, загального обсягу виробництва електроенергії за даною технологією та загального виробництва електроенергії усіма технологіями із використанням викопного палива (рівняння 45 у розділі D.2.3. Додатку III). Якщо пораховані таким чином коефіцієнти є нижчими за розраховані за опціями 1 та 2 і дані вважаються надійними, то такі коефіцієнти можуть використовуватися для цілей механізму вуглецевого коригування імпорту.

Варто нагадати, що регламент визначає коефіцієнт викидів CO₂ (CO₂ emission factor) як середньозважений показник питомих викидів для електроенергії, виробленої із викопних палив в межах географічної території. Відповідно саме таке визначення має застосовуватися для усіх трьох опцій, а стандартні значення відповідають середнім коефіцієнтам викидів для електроенергії, виробленої із викопних палив у країні походження електроенергії.

Для опції 1 та 2 вище Регламент 2023/1773 (розділ D.2.1. та розділ D.2.2. Додатку III) уточнює, що для перехідного періоду такі коефіцієнти викидів мають базуватися на даних Міжнародного енергетичного агентства та мають надаватися ЄК у CBAM Transitional Registry.

Таким чином, коефіцієнти не публікуються у відкритому доступі, але доступні для декларантів, які подають звітність через CBAM Transitional Registry. Значення за замовчуванням у реєстрі для перехідного періоду відповідають середнім показникам викидів CO₂ за п'ятирічний період з 2016 до 2020 років. Ці стандартні значення можуть використовуватися лише до 31 грудня 2025 року, а для наступних періодів значення за замовчуванням будуть оновлені ЄК протягом 2025 року.¹⁰⁴

Варто відзначити, що відповідно до методологічного документу¹⁰⁵ набір даних MEA із коефіцієнтами викидів не містить окремих середніх коефіцієнтів викидів для електроенергії, виробленої із викопних палив. Натомість він містить лише середній коефіцієнт викидів для усієї електроенергії та коефіцієнти викидів в розрізі окремих видів викопних палив. Таким чином, коефіцієнти, визначені для цілей CBAM, можуть бути обраховані на основі даних MEA, але не містяться у відповідній базі даних.

Визначення фактичного значення коефіцієнта викидів для електроенергії

Розділ 5 Додатку IV регламенту визначає умови, за яких можливе використання фактичних коефіцієнтів викидів (actual embedded emissions) для електроенергії, що імпортується в ЄС. У цьому випадку зникає необхідність використовувати стандартні значення коефіцієнта викидів, але необхідно підтверджувати дотримання низки вимог:

- наявність договору купівлі-продажу електроенергії із виробником на обсяг електроенергії щодо якого використовується показник фактичних викидів;
- безпосереднє під'єднання установки, що виробляє електроенергію, до системи передачі електроенергії ЄС або демонстрація відсутності фізичних перешкод для експорту електроенергії на усіх ділянках між установкою та системою передачі електроенергії ЄС;
- фактичний коефіцієнт викидів для установки не перевищує 550 г CO₂ з викопних джерел палива на кВт-год електроенергії;
- на весь обсяг електроенергії щодо якого використовується показник фактичних викидів наявна тверда номінація виділеної потужності міждержавного з'єднання і часові рамки номінованої потужності та виробництва електроенергії співпадають;
- виконання зазначених вище вимог підтверджено акредитованим аудитором.

Більше того, у разі використання опції фактичних викидів при експорті електроенергії з країни, даний обсяг має враховуватися при визначенні стандартних значень коефіцієнтів викидів CO₂. Увесь обсяг електроенергії та відповідні фактичні викиди парникових газів мають виключатися із обрахунку коефіцієнтів викидів для країни (розділ 5 Додатку IV Регламенту CBAM).

Інші положення

Крім того, пункт 8 статті 2 Регламенту CBAM серед умов припинення надання винятків для імпорту електроенергії містить пункт (пункт с), який передбачає припинення винятку у разі, якщо ЄС матиме докази того, що збільшення експорту електроенергії до ЄС призведе до збільшення викидів на кВт-год виробленої електроенергії на більш як 5% у порівнянні із 1 січнем 2026 року.

104 Default values for the transitional period of the CBAM between 1 October 2023 and 31 December 2025 (December 2023), https://taxation-customs.ec.europa.eu/news/commission-publishes-default-values-determining-embedded-emissions-during-cbam-transitional-period-2023-12-22_en

105 IEA. Emissions Factors 2023. Database documentation, https://iea.blob.core.windows.net/assets/bf862218-7fd8-4637-aca6-5a347b6ca4f1/IEA_Methodology_Emission_Factors_2023.pdf

9.2 Використання для обліку корпоративних викидів парникових газів

Загальновизнаним стандартом для обліку викидів від діяльності компаній є міжнародний стандарт GHG Protocol¹⁰⁶, який складається із кількох окремих стандартів та керівництв, в тому числі окремого керівництва для обліку непрямих викидів від споживання електроенергії – викиди Обсягу 2 (Scope 2).¹⁰⁷

Непрямі викиди від споживання електроенергії розраховуються шляхом множення обсягу споживання електричної енергії на коефіцієнт викидів від споживання електроенергії (див. також розділ 3.5).

Середні коефіцієнти викидів при виробництві електроенергії, наведені у даному звіті, можуть використовуватися для територіального методу розрахунку. Варто підкреслити, що граничні коефіцієнти викидів не можуть використовуватися для обліку корпоративних викидів парникових газів від споживання електроенергії.

Коефіцієнти викидів для розрахунку за ринковим методом відповідно до GHG Protocol залежать від інструментів, які наявні на ринку, та можуть базуватися на урахуванні гарантій походження електроенергії із відновлюваних джерел, коефіцієнтах викидів при виробництві електроенергії конкретним виробником у разі наявності прямого договору, коефіцієнтах викидів для обраного постачальника електроенергії або залишкового коефіцієнту викидів у разі його доступності. У разі відсутності будь-яких джерел інформації щодо контрактних інструментів дозволяється використання середнього коефіцієнту викидів для мережі за аналогією із територіальним методом розрахунку.

Крім того, середній коефіцієнт викидів може використовуватися для розрахунку інших непрямих викидів Обсягу 3, які пов'язані із втратами електроенергії при транспортуванні.

На даний час звітність про корпоративні викиди парникових газів є добровільною і впроваджується окремими компаніями, для яких важливим є дотримання кращих міжнародних практик із корпоративної звітності та кліматичного урядування (через вимоги кредиторів, важливість позицій й міжнародних рейтингах чи інші причини). З часом, проте, така звітність може стати обов'язковою, зокрема, після вступу до ЄС, де діє директива щодо корпоративної звітності із сталого розвитку (Corporate sustainability reporting directive - CSRD).

9.3 Оцінка ефективності кліматичної політики

Надійна інформація про коефіцієнти викидів для електроенергії необхідна для визначення ефективності заходів державної політики в частині скорочень викидів парникових газів. Зокрема, це стосується заходів із розвитку відновлюваних джерел енергії, підвищення енергоефективності, управління попитом, електрифікації транспорту та розвитку електророзрядної інфраструктури, електрифікації опалення тощо.

В українському законодавстві прямих вимог щодо використання коефіцієнтів викидів для виробництва та споживання електроенергії для оцінки впливу заходів політики наразі немає. Водночас, відповідно до нещодавніх змін українського законодавства передбачається розробка загальнодержавних зважених коефіцієнтів викидів парникових газів, що утворюються внаслідок споживання кінцевої енергії, в числовому еквіваленті викидів CO₂. Методика розрахунку має затверджуватися центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері охорони

106 GHG Protocol, <https://ghgprotocol.org/>

107 GHG Protocol, Scope 2 Guidance, <https://ghgprotocol.org/scope-2-guidance>

навколишнього природного середовища.¹⁰⁸ Хоч дані положення прямо не вказують на коефіцієнти викидів для електроенергії, електроенергія є одним із ключових видів енергії у структурі кінцевого споживання.

9.4 Використання для цілей таксономії ЄС

Розуміння показника викидів парникових газів для виробництва та споживання електроенергії також важливе в контексті оцінки відповідності проектів таксономії ЄС або відповідній національній таксономії у разі її прийняття.

Таксономія ЄС використовує коефіцієнт викидів для виробництва електроенергії як у контексті непрямих викидів від споживання електроенергії та середнього показника викидів мережі (наприклад, щодо виробництва алюмінію, передачі та розподілі електроенергії, виробництва хлору), так і викидів від виробництва електроенергії конкретними установками (наприклад, щодо діяльності із виробництва та встановлення електричного обладнання, виробництва електроенергії гідроелектростанціями, виробництво електроенергії з відновлюваних газів та відновлюваних рідких палив, будівництво прямих ліній для транспортування електроенергії з низьковуглецевих джерел, виробництво електроенергії з природного газу та інших викопних палив).

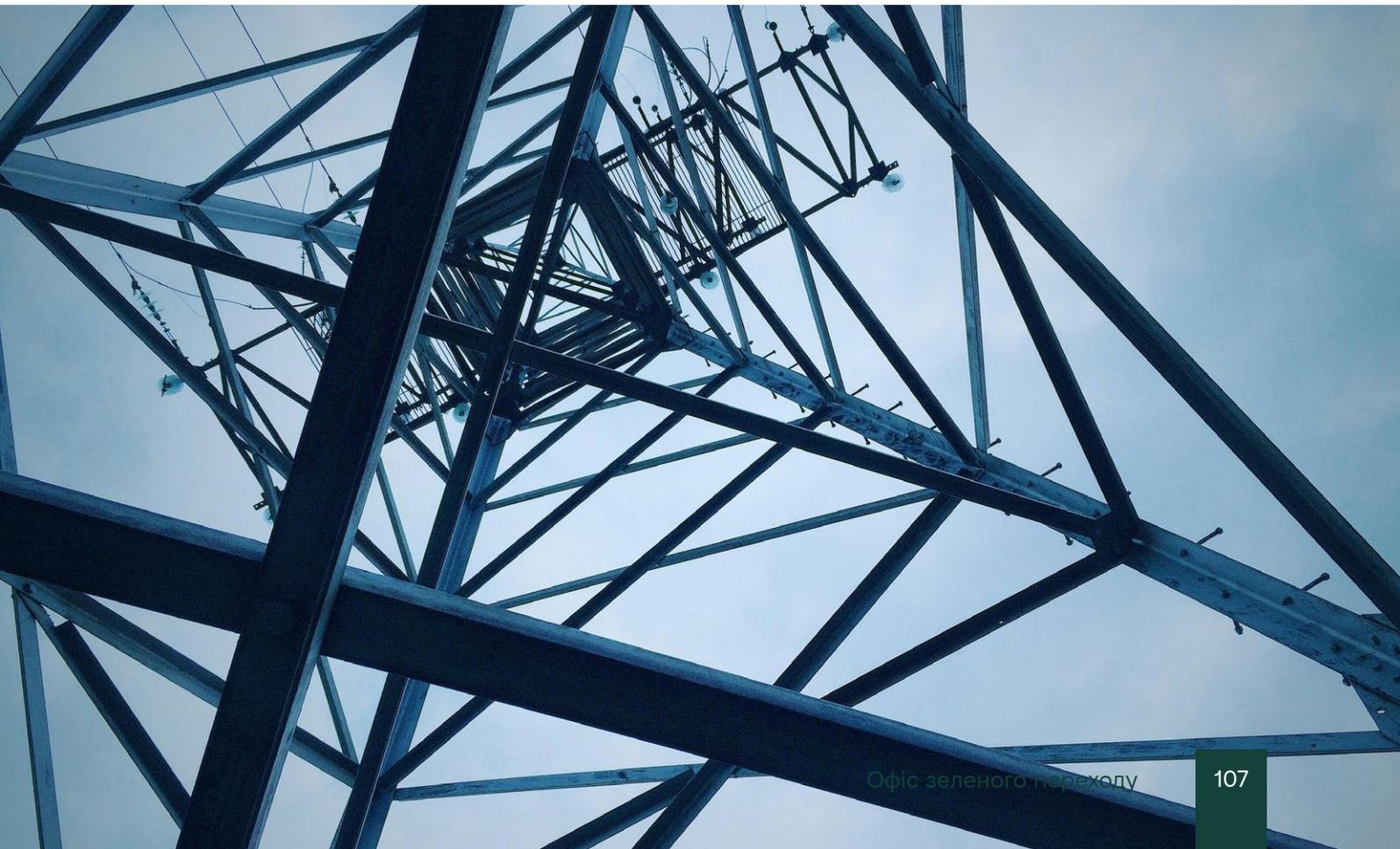
У контексті розрахунку коефіцієнтів викидів для електроенергії важливим є саме перший варіант, який розглянуто детальніше у таблиці нижче.

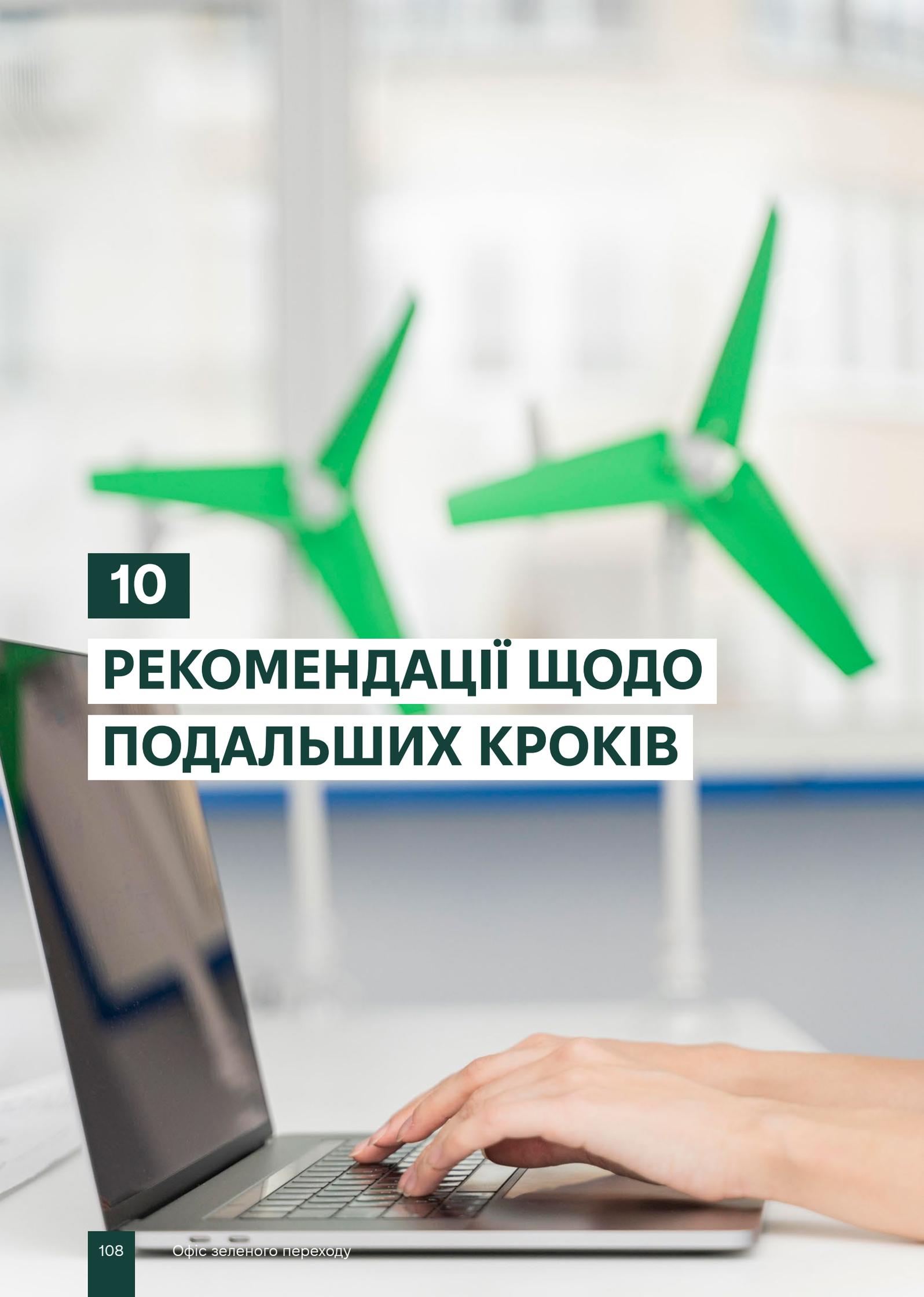
Таблиця 14. Використання коефіцієнтів викидів для цілей таксономії ЄС

Діяльність	Критерії
Виробництво алюмінію (підрозділ 3.8)	<p>Для значного внеску у запобігання зміні клімату виробництво первинного алюмінію повинно відповідати після 2025 року таким критеріям (до 2025 року – двом з них):</p> <ul style="list-style-type: none"> • викиди парникових газів не перевищують 1,484 т CO₂ екв. на т виробленого алюмінію; • <u>середній коефіцієнт непрямих викидів парникових газів від споживання електроенергії</u> не перевищує 100 г CO₂ екв. на кВт-год (непрямі викиди розраховуються на основі усього життєвого циклу виробництва електроенергії, що використовується для виробництва первинного алюмінію); • споживання електроенергії для виробничих процесів не перевищує 15,5 МВт-год на т алюмінію. <p>Для дотримання критерію «Do no significant harm ('DNSH')» відповідні порогові значення складають 1,604 т CO₂ екв. на т виробленого алюмінію, 270 г CO₂ екв. на кВт-год та 15,5 МВт-год на т алюмінію.</p>

¹⁰⁸ Про внесення змін до деяких законів України щодо врегулювання повноважень центральних органів виконавчої влади у сфері забезпечення енергетичної ефективності, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3764-20#Text>

Діяльність	Критерії
<p>Передача та розподіл електроенергії (підрозділ 4.9)</p>	<p>Для значного внеску у запобігання зміні клімату діяльність повинна відповідати одному із таких критеріїв:</p> <ul style="list-style-type: none"> • інфраструктура або обладнання для об'єднаної енергосистеми Європи (interconnected European system); • більше 67% нових потужностей в системі протягом останніх 5 років мають показник викидів нижче рівня 100 г CO₂ екв. на кВт·год, враховуючи увесь життєвий цикл; • <u>середній коефіцієнт викидів для виробництва електроенергії в мережі за період останніх 5 років, розрахований шляхом ділення усіх викидів від виробництва електроенергії електростанціями, під'єднаними до мережі, на загальний обсяг виробленої у мережі електроенергії, складає менше 100 г CO₂ екв. на кВт·год</u> • інфраструктура та обладнання для прямого під'єднання або розширення існуючого під'єднання між підстанцією або мережею та електростанцією. <p>Для дотримання критерію «Do no significant harm ('DNSH')» інфраструктура та обладнання не має використовуватися для прямого під'єднання або розширення існуючого під'єднання між підстанцією або мережею та електростанцією із прямими викидами понад 270 г CO₂ екв. на кВт·год</p>
<p>Виробництво хлору (підрозділ 3.13)</p>	<p>Для дотримання критерію «Do no significant harm ('DNSH')» споживання електроенергії для електролізу та інших процесів з обробки хлору не повинно перевищувати 2,45 МВт·год на т хлору. Середні прямі викиди парникових газів для виробництва електроенергії, що використовується для виробництва хлору, не повинні перевищувати 270 г CO₂ екв. на кВт·год</p>





10

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОДАЛЬШИХ КРОКІВ

На основі дослідження можна зробити такі рекомендації щодо подальших кроків з метою забезпечення сталості процесу оцінки коефіцієнтів викидів та публікації даних, удосконалення та розширення методологічного підходу, а також покращення якості даних:

- 1. Визначити орган, який буде відповідати за розрахунок та публікацію коефіцієнтів викидів для електроенергії** на постійні основі (наприклад, Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України або Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (Регулятор)).

Вибір уповноваженого державного органу повинен враховувати інституційну спроможність та синергію із сферою відповідальності та існуючими процесами збору, аналізу та публікації даних в частині електроенергетики та викидів парникових газів. Визначення відповідального органу має бути формалізованим відповідним розпорядчим документом для забезпечення сталих процесів збору інформації та публікації даних.

Необхідно враховувати, що незалежно від вибору уповноваженого органу для збору інформації необхідна буде співпраця та координація різних установ та організацій, в тому числі, з Державною службою статистики України, НЕК Укренерго та іншими.

- 2. Затвердити методологію розрахунку коефіцієнтів викидів для електроенергії нормативно-правовим актом** із визначенням ролей та відповідальності, а також періодичності розрахунку та публікації коефіцієнтів викидів. В основу методології пропонується закласти методологічний підхід, описаний у даному дослідженні. Для забезпечення потреб різних зацікавлених сторін необхідно включити до методології усі типи коефіцієнтів викидів для електроенергії, зокрема, середні коефіцієнти викидів для виробництва та споживання електроенергії та граничні коефіцієнти викидів. Рекомендується публікувати дані про результати розрахунків коефіцієнтів викидів для електроенергії до кінця року, наступного за звітним роком.

Затверджена методологія може розвиватися та удосконалюватися, враховуючи подальший розвиток енергосистеми та процес відновлення енергопотужностей, зокрема, в частині визначення групи низьковитратних / обов'язкових для включення електростанцій, визначення граничного коефіцієнту нових потужностей і комбінованого граничного коефіцієнту викидів, а також охоплення електростанцій та когенераційних установок підприємств.

- 3. Поінформувати про методику та результати розрахунків коефіцієнтів викидів** зацікавлені органи та організації, в тому числі Європейську Комісію для обговорення можливості використання національного значення середнього коефіцієнту викидів як коефіцієнту викидів для електроенергії для цілей механізму вуглецевого коригування імпорту. Інші зацікавлені сторони можуть включати технічну робочу групу МФО щодо обліку викидів парникових газів (IFI Technical Working Group (TWG) on GHG Accounting) та секретаріат Угоди мерів щодо клімату та енергетики для включення результатів у відповідні бази даних та рекомендації.

- 4. Працювати над удосконаленням системи енергетичної статистики та узгодженості різних джерел даних.** Оскільки дані, які використовуються для розрахунку, наразі збираються різними органами та різними методами, існують досить суттєві відмінності і висока ступінь невизначеності, що посилюється різними класифікаціями, різними підходами до сфери охоплення в різні роки, помилками та іншими чинниками. Зокрема, необхідно узгодити та використовувати спільні класифікації типів електростанцій із виділенням електростанцій загального користування та електростанцій підприємств, типів палив та їх характеристик, визначення окремих параметрів тощо. У разі різного охоплення системи збору інформації (наприклад, через включення лише ліцензіатів Регулятора) необхідно чітко окреслити відмінності у покритті установок із іншими системами збору статистичних даних. Крім того, доцільно узгодити часові рамки збору та опрацювання інформації, аби синхронізувати періоди доступності даних із різних джерел для розрахунку коефіцієнтів викидів для електроенергії та публікації даних протягом 12 місяців після звітного періоду. Додаткові рекомендації щодо деталізації даних наведені також у розділі 6.4.

Такий аналіз може також виявити можливості для оптимізації збору статистичної інформації за рахунок урахування потреб різних органів державної влади та уникнення паралельних процесів збору інформації.

Необхідно також враховувати удосконалення системи енергетичної статистики та визначені оптимальні джерела інформації щодо обсягів виробництва та відпуску електричної енергії за типами електростанцій та інших показників при формуванні енергетичних балансів та заповненні запитальників МЕА, оскільки саме ці запитальники є основою для розрахунку коефіцієнтів викидів, що публікуються МЕА відповідно до загальної для усіх країн методології.

- 5. Дослідити можливість використання даних окремих установок для розрахунку коефіцієнтів викидів.** Для більш точного розрахунку коефіцієнтів викидів для електроенергії необхідно використовувати дані окремих електростанцій або енергоустановок, а не груп електростанцій, щодо споживання палива, відпуску електричної енергії, відпуску теплової енергії (у випадку їх комбінованого виробництва) та інших показників. Такий підхід дозволить більш точно враховувати технічні та технологічні особливості виробництва електроенергії в Україні, зокрема, на ТЕЦ. Крім того, даний підхід може створити умови для включення до розрахунку даних електростанцій підприємств. Разом з тим, запровадження даного підходу вимагатиме опрацювання первинних даних звітності і найкраще може працювати із запровадженням електронних систем автоматизованого аналізу інформації.

Використання даних окремих підприємств та установок також дозволить використовувати метод розрахунку простого скоригованого операційного граничного коефіцієнту, що може більш точно врахувати особливості роботи енергосистеми. Як наслідок, значення граничного коефіцієнту викидів буде більш точним і меншим за питомі викиди лише від теплових електростанцій.

- 6. Розширювати сферу охоплення коефіцієнтів викидів,** зокрема, включаючи інші парникові гази (CH_4 та N_2O), в тому числі їх викиди від спалювання біомаси. Інформація про коефіцієнти викидів може публікуватися окремо у розрізі парникових газів, а також у вигляді загального коефіцієнту викидів у CO_2 еквіваленті. Включення викидів CH_4 та N_2O від спалювання біомаси потребуватиме покращення доступності даних про використання різних видів біомаси та біогазу для виробництва електричної енергії. Для цілей прозорості необхідно також включати інформацію про показники глобального потенціалу потепління, які будуть використані у розрахунках.
- 7. Інтегрувати використання коефіцієнтів викидів в оцінку результатів запровадження заходів державної політики** у сфері енергоефективності та ВДЕ, а також окремих проектів, в т.ч. публічних інвестицій. Прикладом заходів та політик, для ефективності яких важливо врахування коефіцієнтів є розвиток електромобільності, електрифікація міського пасажирського транспорту та залізничних перевезень, заходи з енергоефективності у промисловості та будівлях, що ведуть до економії електроенергії тощо.
- 8. Підвищувати прозорість інформації та відкритість інформації у сфері енергетики,** враховуючи обмеження, пов'язані із правовим режимом воєнного стану та національною безпекою. Підвищення прозорості та відкритості інформації у сфері енергетики стосується не лише публікації даних у відкритому доступі, але й обміну інформацією між різними розпорядниками статистичних даних для забезпечення узгодженості показників про обсяги споживання палива, виробництва та відпуску електричної та теплової енергії. З урахуванням можливого комерційного характеру даних, поширення інформації у відкритому доступі та між різними органами влади може відбуватися в агрегованому вигляді, однак із можливістю виокремлення груп електростанцій та типів палива, які відповідають потребам різних користувачів.

