

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІКИ, ДОВКІЛЛЯ
ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДРСТВА УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА НАУКОВА УСТАНОВА
«ІНСТИТУТ ЕКОЛОГІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ
ТА РОЗВИТКУ УКРАЇНИ»

О. І. Бондар, О. В. Бутрим, Г. Г. Панченко

МЕХАНІЗМ ПРИКОРДОННОГО ВУГЛЕЦЕВОГО КОРИГУВАННЯ (СВАМ)

Навчальний посібник

Рецензенти:

Веклич О. О., доктор економічних наук, професор, Державна наукова установа «Інститут екологічного відновлення та розвитку України» (м. Київ);
Бондаренко С. А., доктор економічних наук, професор, Національний університет оборони України (м. Київ);
Гуторов О. І., доктор економічних наук, професор, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН (м. Одеса)

*Затверджено до видання рішенням Вченої ради
Державної наукової установи «Інститут екологічного відновлення та розвитку України»
(протокол № 1-26 від 22.01.2026 р.)*

Механізм прикордонного вуглецевого коригування (СВАМ) : навчальний посібник /
М 55 О. І. Бондар, О. В. Бутрим, Г. Г. Панченко. – Львів – Торунь : Liha-Pres, 2026. – 94 с.

ISBN 978-966-397-638-9
DOI 10.36059/978-966-397-638-9

Навчальний посібник «Механізм прикордонного вуглецевого коригування (СВАМ)» присвячений системному аналізу нового інструменту кліматичної політики Європейського Союзу – Carbon Border Adjustment Mechanism (СВАМ), спрямованого на запобігання «вуглецевому витоку» та забезпечення рівних умов конкуренції між європейськими виробниками продукції та виробниками з країн-не членів ЄС.

У посібнику розкрито методологічні, правові та економічні основи функціонування СВАМ, розглянуто механізми обчислення вбудованих викидів парникових газів у продукції, а також їх верифікацію, звітність і фінансове врегулювання відповідно до Регламенту (ЄУ) 2023/956.

Посібник розроблено на основі регламентів і методичних матеріалів ЄС. Особлива увага приділена методам визначення вбудованих викидів у видах продукції, які забезпечують найбільше надходження від експорту – цементу, добрив, чавуну і сталі. В посібнику наведено розрахункові приклади, які демонструють методи розрахунку вбудованих викидів, адаптовані до кращого розуміння українськими спеціалістами.

Посібник орієнтований на студентів, аспірантів, науковців, державних службовців, фахівців підприємств промислового сектору та консультантів з питань декарбонізації, які прагнуть глибоко зрозуміти логіку, методи та наслідки впровадження СВАМ для економіки України.

УДК 339.5:502.175(4ЄС)(075.8)

© О. І. Бондар, О. В. Бутрим, Г. Г. Панченко, 2026
© Державна наукова установа «Інститут екологічного відновлення та розвитку України», 2026

ISBN 978-966-397-638-9

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СВАМ.....	7
Контрольні запитання до 1-го розділу.....	11
РОЗДІЛ 2. МОНІТОРИНГ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ	12
2.1 Методи моніторингу первинних даних.....	12
2.2 Методи моніторингу обсягів виробництва.....	14
2.3 Моніторинг прекурсорів.....	15
2.4 Додаткові вимоги.....	19
2.4.1 Вимоги до перенесення викидів між установками.....	19
2.4.2 Порядок відстеження кодів CN товарів і прекурсорів.....	19
2.4.3 Методи, що представляють найкраще доступне джерело даних.....	20
2.4.4 Повнота джерел потоків і джерел викидів.....	22
2.5 Заходи для підвищення якості даних.....	23
Контрольні запитання до 2-го розділу.....	25
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКИ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ.....	27
3.1 Вибір методу розрахунку.....	27
3.2 Розрахунок вбудованих викидів.....	28
3.2.1 Правила для зарахування викидів від використання теплової енергії.....	29
3.2.2 Викиди від спалювання відпрацьованих газів.....	30
3.2.3 Принципи зарахування даних до виробничих процесів.....	31
3.3 Правила зарахування прямих викидів.....	33
3.3.1 Розрахунок питомих викидів складних товарів.....	34
3.3.2 Визначення прямих викидів на рівні установки.....	35
3.4 Визначення обсягів викидів за стандартним методом.....	35
3.5 Визначення обсягів викидів за методом балансу мас.....	37
3.6 Визначення обсягів викидів за допомогою вимірювання.....	38
Контрольні запитання до 3-го розділу.....	40

РОЗДІЛ 4. МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТЕПЛОВОЇ І ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	42
4.1 Викиди парникових газів при виробництві теплової енергії.....	42
4.2 Комбіноване виробництво теплової і електричної енергії.....	46
4.3 Додаткові правила для установок, які спалюють паливо.....	48
4.4 Викиди парникових газів при виробництві електроенергії.....	49
Контрольні запитання до 4-го розділу.....	52
РОЗДІЛ 5. ВБУДОВАНІ ВИКИДИ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ.....	53
5.1 Вбудовані викиди парникових газів цементу.....	53
5.1.1 Загальна інформація про виробництво цементу.....	53
5.1.2 Приклад розрахунку вбудованих викидів.....	57
5.2 Вбудовані викиди парникових газів добрив	60
5.2.1 Загальна інформація про виробництво добрив.....	60
5.2.2 Приклад розрахунку вбудованих викидів добрив.....	64
5.3 Вбудовані викиди парникових газів чавуну і сталі	66
5.3.1 Загальна інформація про виробництво чавуну і сталі.....	66
5.3.2 Приклади розрахунку вбудованих викидів чавуну і сталі.....	70
Контрольні запитання до 5-го розділу.....	85
ПЕРШОДЖЕРЕЛА.....	86
ДОДАТКИ.....	87
Додаток 1. Глосарій.....	87
Додаток 2. Перерахунок величини коефіцієнта викидів від спалювання газів з енергетичних у метричні одиниці.....	92
Додаток 3. Розрахунок вбудованих викидів при виробництві аміаку.....	93

ВСТУП

Реалізацію механізму прикордонного вуглецевого коригування (Carbon Border Adjustment Mechanism – СВАМ) [1] в Європейському союзі (ЄС) було започатковано в 2023 році, як частину пакету «Fit for 55 Package» [2], яким планується скоротити викиди парникових газів в ЄС у 2030 році щонайменше на 55 % від рівня 1990 року. Основну ідею СВАМ стисло і влучно було сформульовано в [3]: «Всі експортери мають сплачувати співмірну з компаніями ЄС плату за викиди парникових газів».

З метою уніфікації підходів до розробки і впровадження СВАМ, а також для надання методичної допомоги спеціалістам були підготовлені методичні керівництва для імпортерів в країнах ЄС [4] і для експортерів в третіх країнах [5], до яких відноситься і Україна.

Метою розробки даного посібника є допомога спеціалістам підприємств-експортерів продукції до ЄС швидше опанувати вимоги до оформлення відповідної документації, що дозволить скоротити податки імпортерів і підвищити конкурентоздатність продукції українських виробників.

У посібнику містяться методичні матеріали та визначення основних понять, які використовуються в СВАМ [4], а також наведено трактування технічних питань і розрахункові приклади [5], адаптовані до кращого сприйняття українськими спеціалістами. Директивні матеріали ЄС [1,3 і 4] піддаються автоматичному перекладу на українську мову (натисканням правої клавіші «миші»). Для кращої комунікації з імпортерами рекомендується користуватися скороченнями і умовними позначеннями величин, які застосовуються в [4]. З цією ж метою при викладенні розрахункових формул в посібнику збережені оригінальні позначення величин [4], а також використовується аббревіатура «СВАМ» в англійському варіанті написання.

В оригінальному тексті замість ключового слова «викиди парникових газів» використовується скорочений варіант для позначення цього поняття – «викиди». Через часте вживання цього терміну в тексті укладачі посібника також використовують цей термін.

У тексті посібника використовуються узагальнені назви видів продукції. При виконанні зобов'язань щодо звітності СВАМ по імпорту

застосовуються більш конкретні назви продукції, відповідно до CN кодів¹.

Посібник складається з п'яти розділів, в яких розглянуті основні відомості про СВАМ, принципи моніторингу викидів парникових газів, методів розрахунку вбудованих викидів при виробництві теплової і електричної енергії, цементу, добрив, чавуну і сталі, а також три додатки з допоміжною інформацією, яка виходить за межі європейських регламентів, що стосуються СВАМ.

¹ CN-код (Комбінована номенклатура) – це восьмизначний код, який використовується в Європейському союзі для класифікації товарів, який є основою для єдиного митного тарифу, статистики зовнішньої торгівлі та визначення пошлин при імпорті та експорті товарів в та з ЄС.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СВАМ

Загальні відомості про СВАМ викладені в Регламенті Європейського парламенту та ради [6]. СВАМ було запропоновано прийняти з метою гарантувати:

- що ціна на викиди вуглецю в імпортованій продукції буде еквівалентна ціні на викиди вуглецю в продукції внутрішнього виробництва;
- що кліматичні цілі ЄС не підриваються;
- що правила Світової організації торгівлі не порушуються.

СВАМ було прийнято у відповідності до оголошеної в Європейській зеленій угоді [7] мети ЄС щодо скорочення викидів парникових газів до 2030 року принаймні на 55 відсотків порівняно з рівнями 1990 року, прийнятої у відповідності до Європейського закону про клімат [8]. Розробка СВАМ була здійснена у відповідності до статей 191 і 193 Договору про функціонування Європейського Союзу [9], якими передбачається:

- збереження, захист і покращення якості навколишнього середовища;
- сприяння заходам на міжнародному рівні для боротьби з регіональними або екологічними проблемами в усьому світі;
- боротьба зі зміною клімату.

СВАМ побудовано на принципах дотримання правових основ, субсидіарності, пропорційності і правильного вибору інструментів. Субсидіарне застосування норм права (у значенні різновиду аналогії закону) – це засіб подолання прогалин у законодавстві, який полягає у вирішенні конкретної справи на підставі залучення правових норм, що регулюють подібну ситуацію з іншої, найбільш близької галузі права. Якщо СВАМ не застосовуватиметься однаково, це стимулюватиме поведінку, яка призведе до ситуації, коли експортери з третіх країн імпортуватимуть товари через юрисдикцію ЄС, застосовуючи СВАМ у найбільш м'який спосіб.

Пропорційність спрямована на вирішення проблеми скорочення викидів парникових газів в ЄС уникаючи того, щоб ці зусилля компенсувалися збільшенням викидів за межами ЄС.

СВАМ базується на кліматичній логіці Європейської системи торгівлі викидами, яка полягає в тому, щоб починати з секторів, де викиди є найвищими в абсолютних цифрах, а тому це має найбільше значення. При цьому імпортована продукція розглядається так само, як продукція, вироблена в ЄС.

Для надання можливості бізнесу адаптуватися до такого підходу пропонувалося почати з перехідного періоду без фінансового коригування (без платежів за викиди).

Вибір відповідного інструменту:

- дозволяє забезпечити пряме застосування ряду положень щодо товарів, які імпортуються в Митний союз;
- вимагає однакового та послідовного застосування та виконання в усьому ЄС для досягнення цілей статей 32 та 207 Договору про функціонування ЄС;
- дозволяє усунути технічні та методологічні обмеження та підвищити ефективність застосування СВАМ.

Для впровадження СВАМ в Регламенті [1] використовуються наступні методи:

- консультації із зацікавленими сторонами;
- публічні консультації;
- проведення та використання експертиз;
- вибір механізму;
- регуляторна придатність і спрощення.

В рамках консультацій із зацікавленими сторонами було проведено консультації з державними органами ЄС та третіх країн, бізнес-асоціаціями, окремими компаніями та неурядовими організаціями.

Проект СВАМ було опубліковано ще 4 березня 2020 року для отримання відгуків і оцінки початкового впливу. Власне консультації проводилися до 1 квітня 2020 року з метою збору відгуків та початкових міркувань щодо проекту. Протягом цього консультаційного періоду було подано 219 відповідей, приблизно 150 відповідей від професійних федерацій, бізнес-асоціацій та окремих підприємств, 20 – від неурядових організацій, 20 – від громадян, а решта – від аналітичних центрів, академічних/дослідницьких установ, профспілок та органів державної влади. Більшість відповідей надійшла з 24 країн ЄС.

В рамках проведення експертиз:

- виконувалися дослідження;

- збиралися поради експертів;
- здійснювався аналіз потенційного дизайну та масштабу СВАМ;
- здійснювався аналіз екологічного, соціального та економічного впливу;

– здійснювалася спеціальна кількісна оцінка впливу СВАМ на матеріальні продукти і на електроенергію (за підтримки Спільного дослідницького центру Комісії та зовнішньої експертизи).

Для вибору кращого механізму реалізації СВАМ з шести розглянутих варіантів було вибрано варіант, який полягає у видачі сертифікатів СВАМ на імпортовані продукти. Цим варіантом передбачається поступове введення платежів, протягом 10 років, починаючи з 2026 року, період, протягом якого безкоштовний розподіл квот буде поступово скорочуватися на 10 процентних пунктів щороку.

В рамках оцінки регуляторної придатності і спрощення було зроблено висновок, що СВАМ призведе до відносно вищих витрат для малих і середніх підприємств порівняно з великими підприємствами. На поточний момент точний ступінь різниці між двома цими групами не може бути кількісно визначений. Те, що СВАМ спочатку запроваджено для імпорту кількох основних видів продукції призводить до того, що найбільше постраждають великі підприємства. Тому для малих і середніх підприємств в Регламенті [1] не передбачено жодних спеціальних заходів, які б означали послаблення вимог.

Впровадження СВАМ відбувається в чотири етапи:

1.10.2023 – 31.12.2024 – Перший звітний період;

1.01.2024 – 31.12.2025 – Перехідний період;

1.01.2026 – Початок фінансових коригувань;

2026–2034 – Поступове припинення безкоштовного розподілу квот на ввезення вуглецю.

Мета Перехідного періоду полягає в тому, щоб служити пілотним і навчальним періодом для всіх зацікавлених сторін (імпортерів, виробників та органів влади) і щоб зібрати корисну інформацію про вбудовані викиди для вдосконалення методології на остаточний період.

Протягом Перехідного періоду фінансові платежі і коригування не здійснювалися. З початком фінансових коригувань:

- імпортери декларують кількість імпортованої продукції і викиди парникових газів, які мали місце при її виробництві;

- імпортерам передають відповідну кількість сертифікатів СВАМ;
- ціна сертифікатів в євро на тонну викидів CO_2 буде розраховуватися залежно від середньотижневої аукціонної ціни квот в системі торгівлі викидами ЄС.

СВАМ розповсюджується на цемент, чавун і сталь, алюміній, добрива, електроенергію і водень, а також на прямі і непрямі вбудовані викиди таких парникових газів:

- вуглекислого газу, CO_2 – при виробництві всіх видів продукції і електроенергії;
- закису азоту, N_2O – при виробництві добрив;
- перфторвуглеців, CF_4 і C_2F_6 – при виробництві алюмінію.

При визначенні вбудованих викидів при виробництві всіх видів продукції визначаються прямі викиди і непрямі викиди (крім товарів, зазначених у додатку II [1], для яких визначаються тільки прямі викиди). Згідно з статтею 7 [1], вбудовані викиди в товарах, відмінних від електроенергії, визначаються на основі фактичних викидів відповідно до методів, викладених у розділах 2 та 3 Додатка IV [1]. Якщо фактичні викиди неможливо адекватно визначити, а також у випадку непрямих викидів, вбудовані викиди визначаються шляхом посилення на значення за замовчуванням відповідно до методів, викладених у розділі 4 Додатка IV [1].

Вбудовані викиди в імпортованій електроенергії визначаються шляхом посилення на значення за замовчуванням відповідно до методу, викладеного в розділі 4.2 Додатка IV [1], якщо уповноважений декларант СВАМ не продемонструє, що критерії для визначення вбудованих викидів на основі фактичних викидів, перелічених у розділі 5 Додатка IV [1], виконані.

Вбудовані непрямі викиди розраховуються відповідно до методу, викладеному в розділі 4.3 Додатка IV [1] та додатково уточненого у впроваджувальних актах, прийнятих відповідно до статті 7 [1], якщо уповноважений декларант СВАМ не продемонструє, що критерії для визначення вбудованих викидів на основі фактичних викидів, перелічені в пункті 6 Додатка IV, дотримано.

Практичне застосування методів визначення вбудованих викидів буде продемонстровано на прикладах у відповідних розділах цього посібника.

На початкових етапах застосування СВАМ для визначення вбудованих в сировину і матеріали викидів можна було застосовувати оцінки

викидів за відомими методиками і коефіцієнтами викидів за замовчуванням. Починаючи з 1 січня 2025 року вимоги до методик і коефіцієнтів викидів було підвищено. До цієї дати можна було користуватися значеннями коефіцієнтів викидів за замовчуванням [10], які визначалися за консервативними припущеннями і через це розрахункові викиди парникових газів могли бути значно вищими, ніж фактичні.

Контрольні запитання до 1-го розділу

1. Яка мета запровадження СВАМ?
2. На якій законодавчій базі ґрунтується запровадження СВАМ?
3. На яких принципах ґрунтується СВАМ?
4. З якою метою СВАМ запроваджено для продукції великих підприємств?
5. Назвіть етапи впровадження СВАМ.
6. Яка мета Перехідного етапу у запровадженні СВАМ?
7. Яким чином визначається ціна сертифікатів на викиди CO_2 протягом Перехідного періоду?
8. На які види продукції розповсюджується СВАМ?
9. На які види парникових газів розповсюджується СВАМ?
10. Яким чином і протягом якого періоду буде скасовуватися безкоштовний розподіл квот на «імпорт вуглецю» в ЄС?

МОНІТОРИНГ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ

2.1 Методи моніторингу первинних даних

У відповідності до [6], моніторинг первинних даних, необхідних для коректного віднесення викидів до товарів, здійснюється з використанням принципів повноти, узгодженості, порівнянності, прозорості і точності.

Повнота моніторингу повинна охоплювати всі параметри, необхідні для визначення вбудованих викидів товарів, перелічених у Додатку I [1]. Для цього використовують наступні підходи до моніторингу:

- Прямі викиди на рівні установки включають викиди від спалювання та технологічні викиди.
- Прямі вбудовані викиди включають віднесені викиди виробничого процесу відповідно до розділу F Додатку III [4] на основі прямих викидів на установці, викидів, пов'язаних з відповідними тепловими потоками та матеріальними потоками між межами технологічної системи, включно з відпрацьованими газами, якщо це доречно. Крім того, прямі вбудовані викиди включають прямі вбудовані викиди відповідних прекурсорів.
- Непрямі викиди на рівні установки охоплюють викиди, пов'язані зі споживанням електроенергії всередині установки.
- Непрямі вбудовані викиди включають непрямі викиди товарів, вироблених на установці, та непрямі вбудовані викиди відповідних прекурсорів.
- Для кожного параметра має бути обраний метод відповідно до розділу A.3 Додатку III [4], гарантуючи, що ні подвійний підрахунок, ні прогалини в даних не виникають.

Для забезпечення узгодженості і порівнянності моніторинг і звітність повинні бути послідовними і порівнянними в часі. З цієї метою методи моніторингу повинні бути послідовно і повно викладені в письмовій документації. Методику можна змінювати лише за об'єктивних підстав, до яких відносяться:

- зміни в конфігурації установки і технології, у вхідних матеріалах і паливі або у вироблених товарах;

- необхідність запровадження нових джерел даних або методів моніторингу через зміни торгових партнерів, відповідальних за дані, які використовуються в методології моніторингу;

- можливість покращити точність даних за рахунок спрощення потоків даних або вдосконалення системи контролю.

Дані моніторингу повинні бути отримані, зареєстровані, скопійовані, проаналізовані та задокументовані, включаючи припущення, посилання, дані про діяльність, коефіцієнти викидів, коефіцієнти розрахунку, дані про вбудовані викиди придбаних прекурсорів, вимірювану теплову та електричну енергію, значення за замовчуванням вбудованих викидів, інформацію про ціну вуглецю, що підлягає оплаті, та будь-які інші дані, що стосуються моніторингу, у прозорий спосіб, що дозволить відтворювати дані щодо визначення викидів, у тому числі незалежними третіми сторонами, такими як акредитовані верифікатори. Документація повинна містити записи про всі зміни методології.

На установці повинні зберігатися повні та прозорі записи щодо всіх даних, що стосуються визначення вбудованих викидів вироблених товарів, включаючи необхідні супровідні документи, протягом щонайменше чотирьох років після закінчення звітного періоду. Ці записи повинні бути доступні декларанту, який звітує про викиди.

Обрана методологія моніторингу повинна гарантувати, що помилки у визначенні викидів не є ні систематичним, ні свідомо неточними. Будь-яке джерело неточностей має бути виявлено, а наслідки його впливу зменшено, наскільки це можливо. Належна ретельність моніторингу повинна бути застосована для того, щоб розрахунок і вимірювання викидів демонстрували найвищу досяжну точність.

Якщо виникли прогалини в даних або очікується, що їх неможливо уникнути, нові дані повинні складатися з консервативних оцінок. Застосування консервативних оцінок можливо також у випадках, коли:

- окис вуглецю (CO), що викидається в атмосферу, розраховується як молярна еквівалентна кількість CO₂;
- неможливо визначити вміст біомаси в матеріалах або паливі в балансі маси та для перенесеного CO₂, де викиди вважаються викопним вуглецем.

Обрана методологія моніторингу повинна забезпечувати достатню впевненість у цілісності даних про викиди, що надсилаються. Викиди визначаються з використанням відповідних методів моніторингу.

Повідомлені дані про викиди не повинні містити суттєвих викривлень, випадків уникнення упередженості у відборі та представленні інформації та надавати достовірний і збалансований звіт про вбудовані викиди у виробленій продукції.

Для підвищення якості даних необхідно також застосовувати необов'язкові заходи, зокрема щодо потоку даних і контрольної діяльності відповідно до розділу Н Додатку III [4].

Засоби щодо підвищення точності моніторингу повинні бути збалансовані з додатковими витратами. Моніторинг і звітність про викиди повинні бути спрямовані на найвищу досяжну точність, крім випадків, коли це технічно неможливо або спричиняє необґрунтовані витрати.

Необхідно регулярно перевіряти, чи можна вдосконалити методи моніторингу. Якщо верифікація даних про викиди виконується, будь-які рекомендації щодо покращення, включені у звіти про верифікацію, повинні бути розглянуті для впровадження протягом розумного періоду часу, за винятком випадків, коли покращення призведе до необґрунтованих витрат або буде технічно неможливим.

2.2 Методи моніторингу обсягів виробництва

Обсяги виробництва розраховуються як загальна маса всіх товарів на виході виробничого процесу протягом звітного періоду для товарів, перелічених у Додатку I [1], за сукупною категорією товарів відповідно до розділу 2 Додатка II [4], до якого відноситься виробничий процес. Якщо виробничі процеси визначені таким чином, що включають також виробництво прекурсорів, слід уникати подвійного обліку шляхом підрахунку лише кінцевих продуктів, які виходять за межі системи виробничого процесу. Будь-які спеціальні положення, встановлені для виробничого процесу або маршруту виробництва в розділі 3 Додатку II [4], повинні бути враховані. Якщо кілька виробничих маршрутів використовуються на одній установці для виробництва товарів, що підпадають під той самий код CN, і якщо до цих виробничих маршрутів приписані окремі виробничі процеси, вбудовані викиди товарів розраховуються окремо для кожного виробничого маршруту.

До уваги беруться лише товари, які можуть бути продані або безпосередньо використані як прекурсор в іншому виробничому процесі. Нестандартні продукти, побічні продукти, відходи та брухт, утворені в процесі виробництва, незалежно від того, повертаються вони у виробничий процес, доставляються на інші установки чи утилізуються, не повинні включатися у визначення обсягів виробництва. Тому їм призначають нульові вбудовані викиди при вході в інший виробничий процес.

Для визначення обсягів виробництва застосовуються вимоги до вимірювання, викладені в розділі B.4 [4].

2.3 Моніторинг прекурсорів

Якщо опис виробничих маршрутів для виробничих процесів, визначених для установки, вказує на відповідні прекурсори, кількість кожного прекурсора, використаного в рамках виробничих процесів установки, повинна бути визначена для розрахунку загальних вбудованих викидів складних товарів, вироблених відповідно до розділу G [4].

Якщо виробництво та використання прекурсору охоплюється одним виробничим процесом, визначається лише кількість додаткового прекурсора, який використовується та отриманий з інших установок або з інших виробничих процесів.

Установка, що виробляє прекурсор, повинна надавати відповідну інформацію, переважно за допомогою електронного шаблону, зазначеного в статті 3(5) і Додатку IV [4].

Використана кількість і властивості викидів визначаються окремо для кожної установки, з якої надходить прекурсор. Методи, які використовуються для визначення необхідних даних, повинні бути викладені в документації щодо моніторингу установки із застосуванням наступних положень.

1. Якщо прекурсор виробляється на установці, але в іншому виробничому процесі, набори даних, які необхідно визначити, повинні включати:

- питомі вбудовані прямі та непрямі викиди прекурсора як середні за звітний період, виражені в тоннах CO₂ на тонну прекурсора;
- кількість прекурсора, використаного в кожному виробничому процесі установки, для якої він є прекурсором.

2. Якщо прекурсор отримано з іншої установки, набори даних, які необхідно визначити, повинні включати:

- країну походження імпортованого товару;
- установку, де він був виготовлений та/або ідентифікований із зазначенням:
 - a) унікального ідентифікатора установки;
 - b) застосовного Кодексу Організації Об'єднаних Націй для торговельного та транспортного розташування (UN/LOCODE);
 - c) точну адресу та її розшифровку англійською мовою;
 - d) географічні координати установки;
- використаний виробничий шлях, як визначено в розділі 3 Додатку II [4];
- значення відповідних специфічних параметрів, необхідних для визначення вбудованих викидів, як зазначено в розділі 2 Додатка IV [4].
- питомі вбудовані прямі та непрямі викиди прекурсора як середні за останній доступний звітний період, виражені в тоннах CO₂-е на тону прекурсора;
- дату початку та закінчення звітного періоду, використаного установкою, з якої отримано прекурсор;
- інформацію про ціну на вуглець за прекурсор, якщо це доречно.
- значення відповідних специфічних параметрів, необхідних для визначення вбудованих викидів, як зазначено в розділі 2 Додатку IV [4];
- питомі вбудовані прямі та непрямі викиди прекурсора як середні за останній доступний звітний період, виражені в тоннах CO₂ на тону прекурсора;
- дата початку та закінчення звітного періоду, використаного установкою, з якої отримано прекурсор.

3. Для кожної кількості прекурсора, щодо якої були отримані неповні або непереконливі дані відповідно до пункту (2) вище, застосовуються значення за замовчуванням, доступні та опубліковані Комісією для перехідного періоду, можуть використовуватися за умов, визначених у статті 4(3) [4].

З метою визначення вбудованих викидів товарів, перелічених у Додатку I [1], при підготовці первинних даних необхідно дотримуватися наступних правил:

- Виробничі процеси, пов'язані з товарами, виробленими на установці, повинні бути визначені за допомогою агрегованих категорій

товарів, як визначено в розділі 2 Додатку II [4], а також відповідних виробничих маршрутів, перелічених у розділі 3 цього додатку, беручи до уваги правила для системи встановлення межі виробничих процесів згідно з розділом A.4 цього Додатку.

- На рівні установки, яка виробляє товари, прямі викиди, зазначені в Додатку II [4] для цих товарів, повинні контролюватися відповідно до методів, наведених у розділі В цього Додатка.

- Якщо тепло, яке піддається вимірюванню, імпортується, виробляється, споживається або експортується з установки, чисті теплові потоки та викиди, пов'язані з виробництвом цього тепла, повинні контролюватися відповідно до методів, наведених у розділі С цього Додатка.

- З метою моніторингу непрямих викидів, які містяться у вироблених товарах, споживання електроенергії у відповідних виробничих процесах слід контролювати відповідно до методів, наведених у розділі D.1 Додатка II [4]. Якщо електроенергія виробляється в установці або безпосередньо пов'язаним з нею джерелом, викиди від виробництва цієї електроенергії повинні контролюватися для визначення коефіцієнта викидів для цієї електроенергії. Якщо установка отримує електроенергію з мережі, коефіцієнт викидів для такої електроенергії визначається відповідно до розділу D.2.3 цього Додатка. Будь-яка кількість електроенергії, що передається між виробничими процесами або експортується з установки, також повинна контролюватися.

- Прямі викиди на установках з виробництвом і споживанням тепла, виробництвом і споживанням електроенергії, а також будь-які відповідні потоки відпрацьованого газу повинні бути віднесені до виробничих процесів, пов'язаних з виробленими товарами, із застосуванням правил, наведених у розділі F цього Додатка. Ці віднесені викиди повинні використовуватися для розрахунку питомих прямих і непрямих вбудованих викидів вироблених товарів із застосуванням розділу F цього Додатка.

- Якщо у відповідності до розділу 3 Додатка II [4] прекурсори для товарів, вироблених на установках, визначаються як «складні товари», вбудовані викиди відповідного прекурсора визначаються відповідно до розділу E цього Додатка та додаються до вбудованих викидів вироблених складних товарів із застосуванням правил, наведених у розділі G цього Додатка. Якщо прекурсори самі по собі є складними товарами, цей процес повторюється рекурсивно.

- Якщо оператор не може належним чином визначити фактичні дані для одного або кількох наборів даних, застосовуючи методи, наведені в розділі А.3 цього Додатка, і якщо немає іншого методу для усунення прогалин у даних, значення за замовчуванням, доступні та опубліковані Комісією для перехідного періоду можна використовувати за умов, зазначених у статті 4(3) цього Додатка. У цьому випадку додається коротке пояснення причин невикористання фактичних даних.

4. Моніторинг повинен охоплювати звітний період, який гарантує, що від використання нерепрезентативних даних внаслідок короткочасних коливань у виробничих процесах прогалини у даних уникаються настільки, наскільки це можливо. Звітним періодом за замовчуванням є календарний рік. Проте оператор може вибрати наступні альтернативи для вибору звітного періоду:

- звітний період цієї системи щодо моніторингу, звітності та верифікації за умови, що він охоплює щонайменше три місяці;
- фінансовий рік оператора за умови, що такий період забезпечує вищу якість даних, ніж використання календарного року.

5. Вбудовані викиди товарів розраховуються як середнє значення за обраний звітний період.

Щодо викидів, що відбуваються поза межами установки, які мають значення для розрахунку вбудованих викидів, слід використовувати дані за останній доступний звітний період, отримані від постачальника вхідних ресурсів (наприклад, електроенергії, тепла і прекурсора). Викиди, що відбуваються поза межами установки, включають:

- непрямі викиди, коли електроенергія отримується з мережі;
- викиди від електроенергії та тепла, імпортованих з інших установок;
- вбудовані прямі та непрямі викиди прекурсорів, отримані з інших установок.

6. Дані про викиди за повний звітний період повинні бути виражені в тоннах CO₂, округлених до повних тонн.

Всі параметри, які використовуються для розрахунку викидів, повинні бути округлені, щоб включити всі значущі цифри з метою виконання розрахунків та підготовки звітності про викиди.

Питомі прямі та непрямі вбудовані викиди повинні бути виражені в тоннах CO₂ на тонну товару, округлені до включення всіх значущих цифр, з максимум п'ятьма цифрами після коми.

2.4 Додаткові вимоги

2.4.1 Вимоги до перенесення викидів між установками

Вуглекислий газ, який передається в установку, включаючи той, що міститься в природному газі, відхідному газі (включаючи доменний або коксовий газ) або в технологічних матеріалах (включаючи синтез-газ), має бути включений до коефіцієнта викидів для цього вихідного потоку.

Якщо власний CO₂ передається з установки як частина вихідного потоку до іншої установки, він не враховується як викиди установки, з якої він походить. Викиди CO₂ також не враховуються у випадках його уловлювання і зберігання за умови здійснення відповідного моніторингу або передачі його до суб'єкта, який здійснює моніторинг і використовує для виробництва продуктів, в яких CO₂ зв'язується і не потрапляє в атмосферу.

Однак, якщо власний CO₂ викидається (наприклад, через вентиляцію або спалювання) або передається суб'єктам, які самі не здійснюють моніторинг викидів або відповідної системи моніторингу, звітності та верифікації, він враховується як викиди установки, з якої він походить. В останньому випадку необхідно надавати докази по всьому ланцюгу зберігання до місця зберігання або установки використання CO₂, де CO₂ фактично зберігається або використовується для виробництва хімічно стабільних продуктів, порівняно із загальною кількістю CO₂, переданого з початкової установки.

Для визначення кількості CO₂, що переміщується з однієї установки до іншої, використовується методологія, що базується на вимірюваннях. Для кількості CO₂, постійно хімічно зв'язаного в продуктах, використовується методологія, що базується на розрахунках, бажано з використанням масового балансу. Застосовані хімічні реакції та всі відповідні стехіометричні коефіцієнти мають бути викладені в документації щодо методології моніторингу.

2.4.2 Порядок відстеження кодів CN товарів і прекурсорів

З метою правильного зарахування даних до виробничих процесів, установка повинна підтримувати список усіх товарів і прекурсорів,

вироблених на установці, а також прекурсорів, отриманих поза межами установки, і їхні коди CN. На основі цього списку:

- продукція та показники її річного виробництва відносяться до виробничих процесів відповідно до агрегованих категорій товарів, наведених у розділі 2 Додатка II [4];
- ця інформація повинна бути врахована для зарахування входів, виходів і викидів окремо до кожного виробничого процесу.

З цієї метою повинна бути встановлена, задокументована, впроваджена та підтримувана процедура регулярної перевірки відповідності товарів і прекурсорів, вироблених на установці, кодам CN, застосованим під час створення документації методології моніторингу. Крім того, ця процедура повинна містити положення для визначення того, чи установка виробляє нові товари, і для забезпечення того, щоб застосований код CN для нового продукту було визначено та додано до переліку товарів для зарахування відповідних входів, виходів та викидів до відповідного виробничого процесу.

2.4.3 Методи, що представляють найкраще доступне джерело даних

Для визначення вбудованих викидів необхідно користуватися найкращими джерелами первинних даних, користуючись правилами, наведеному в розділі III [4], основними з яких є наступні.

1. Для визначення вбудованих викидів товарів та для базових наборів даних, таких як викиди, пов'язані з окремими потоками джерел або джерелами викидів, кількості вимірюваного тепла, загальним принципом має бути постійний вибір найкращого доступного джерела даних. Для цього застосовуються наступні керівні принципи.

Перевага надається методам моніторингу, описаним у цьому додатку. Якщо для конкретного набору даних метод моніторингу, описаний у цьому додатку, відсутній, або він спричинить необґрунтовані витрати чи є технічно нездійсненним, можуть бути використані методи моніторингу з іншої відповідної системи моніторингу, звітності та верифікації за умов, зазначених у статті 4(2) [4], якщо вони охоплюють необхідний набір даних. Якщо такі методи недоступні, технічно нездійсненні або спричинять необґрунтовані витрати, можуть

бути використані непрямі методи визначення набору даних відповідно до статті 2. Якщо такі методи недоступні, технічно нездійсненні або спричинять необґрунтовані витрати, можуть бути використані значення за замовчуванням, надані та опубліковані Комісією на перехідний період, за умов, зазначених у статті 4(3) [4].

Для методів прямого або непрямого визначення метод вважається придатним, якщо гарантовано, що будь-які вимірювання, аналізи, відбір проб, калібрування та валідації для визначення конкретного набору даних виконуються із застосуванням методів, визначених у відповідних стандартах EN або ISO. Якщо такі стандарти недоступні, можна використовувати національні стандарти. Якщо немає відповідних опублікованих стандартів, слід використовувати відповідні проекти стандартів, рекомендації щодо найкращої практики в галузі або інші науково обґрунтовані методології, що обмежують систематичну помилку відбору проб та вимірювань.

В межах одного з методів, зазначених в першому буліті, перевага надається вимірювальним приладам або лабораторним аналізам, що контролюються оператором, порівняно з вимірювальними приладами або аналізами, що контролюються іншою юридичною особою, такою як постачальник палива або матеріалів, або торговельні партнери щодо вироблених товарів.

Вимірювальні прилади слід вибирати таким чином, щоб вони демонстрували найнижчу невизначеність під час використання без невиправданих витрат. Перевага надається приладам, що перебувають під законодавчим метрологічним контролем, за винятком випадків, коли є інші прилади зі значно нижчою невизначеністю під час використання. Прилади слід використовувати лише в середовищах, що відповідають їх специфікаціям використання.

2. Методи непрямого визначення: якщо для необхідного набору даних немає методу прямого визначення, зокрема у випадках, коли потрібно визначити чисте вимірюване тепло, що надходить у різні виробничі процеси, можуть використовуватися методи непрямого визначення, такі як:

- розрахунок на основі відомого хімічного або фізичного процесу, з використанням відповідних прийнятих літературних значень для хімічних та фізичних властивостей речовин, що беруть участь,

відповідних стехіометричних коефіцієнтів та термодинамічних властивостей, таких як ентальпії реакції;

- розрахунок на основі проєктних даних установки, таких як енергоефективність технічних одиниць або розраховане споживання енергії на одиницю продукції;

- кореляції, засновані на емпіричних тестах для визначення оціночних значень для необхідного набору даних з некаліброваного обладнання або даних, задокументованих у виробничих протоколах. Для цього необхідно забезпечити, щоб кореляція відповідала вимогам належної інженерної практики та застосовувалася лише для визначення значень, які потрапляють у діапазон, для якого вона була встановлена. Достовірність таких кореляцій оцінюється принаймні раз на рік.

3. Для визначення найкращих доступних джерел даних слід обрати джерело даних, що має найвищий рейтинг, представлений у пункті 1 вище, і яке доступне на установці. Однак, якщо технічно можливо застосувати джерело даних, що має вищий рейтинг, без необґрунтованих витрат, слід застосовувати краще джерело даних. Якщо для одного й того ж набору даних на одному рівні рейтингу, представленому у пункті 1, доступні різні джерела даних, слід обрати джерело даних, яке забезпечує найчіткіший потік даних з найнижчим невід’ємним ризиком та ризиком контролю щодо неточностей.

2.4.4 Повнота джерел потоків і джерел викидів

Межі установки та її виробничі процеси повинні бути чітко відомі оператору та визначені в документації методології моніторингу, беручи до уваги специфічні вимоги, викладені в розділі 2 Додатка II [4], а також у розділі В.9 Додатка III [4]. При цьому застосовуються принципи, основними з яких є:

1. Як мінімум, повинні бути охоплені всі відповідні джерела викидів і потоки з джерел, пов’язані прямо чи опосередковано з виробництвом товарів, перелічених у розділі 2 Додатка II [4].

2. Рекомендується охопити всі джерела викидів і потоки з джерел усієї установки, щоб виконати перевірку достовірності та контролювати енергетичну ефективність і ефективність викидів установки в цілому.

3. Необхідно включити всі викиди від регулярних операцій, а також від аномальних подій, включаючи пуск, зупинку та аварійні ситуації, протягом звітного періоду.

4. Викиди від мобільного обладнання для транспортування виключаються.

Решта принципів стосується технічної доцільності і невиправданих витрат при проведенні вдосконалень, які аналогічні принципам, визначеним з цих питань в «Порядку здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів» [11] з кількісними показниками, які застосовуються в ЄС.

2.5 Заходи для підвищення якості даних

1. В потоці даних від первинних даних до результатів необхідно визначати джерела ризиків помилок згідно з Додатком IV [4]. Для цього необхідно встановлювати, задокументовувати, впроваджувати і підтримувати ефективну систему контролю для гарантування того, що повідомлення, отримані в результаті діяльності з даними, не містять спотворень і відповідають документації з методології моніторингу.

На запит Комісії та компетентному органу надається оцінка вищезазначеного ризику. Якщо оператор вирішує використати перевірку відповідно до рекомендованих удосконалень, оператор також робить її доступною для цілей перевірки.

2. З метою оцінки ризику встановлюються, документуються, впроваджуються та підтримуються письмові процедури для діяльності з потоку даних, а також для контрольної діяльності, а посилення на ці процедури включаються в документацію щодо методології моніторингу.

3. Вищезазначена контрольна діяльність передбачає:

- (а) забезпечення якості відповідного вимірювального обладнання;

- (б) забезпечення якості систем інформаційних технологій, яка гарантує, що відповідні системи розроблені, задокументовані, перевірені, впроваджені, контрольовані та підтримуються таким чином, який

забезпечує обробку надійних, точних і своєчасних даних відповідно до ризиків, виявлених в оцінці ризиків;

(с) розподіл обов'язків у діяльності потоку даних і діяльності з контролю, а також управління необхідними компетенціями;

(d) внутрішні перевірки та перевірку даних;

(е) виправлення та коригувальні дії;

(f) контроль аутсорсингових процесів;

(g) ведення записів та документації, включно з керуванням версій документів.

4. При виконанні пункту 3(a) має бути забезпечено, щоб все відповідне вимірювальне обладнання було відкалібровано, налаштовано та перевірено через регулярні проміжки часу, в тому числі перед використанням, і перевірено на еталони вимірювання, які можна простежити відповідно до міжнародних еталонів вимірювань, якщо вони є, та у відповідності до виявлених ризиків.

Якщо компоненти вимірювальних систем не можуть бути відкалібровані, ці компоненти повинні бути ідентифіковані в документації з методології моніторингу та повинні бути встановлені альтернативні види контролю.

Якщо буде виявлено, що обладнання не відповідає необхідним характеристикам, необхідно негайно вжити необхідних коригувальних заходів.

5. При виконанні пункту 3(d) дані, отримані в результаті діяльності з потоками даних, згаданої в пункті 2, повинні регулярно переглядатися та перевірятися. Такий перегляд і перевірка даних включає:

(a) перевірку повноти даних;

(b) порівняння даних, визначених за попередній звітний період, і зокрема, перевірку узгодженості на основі часових рядів викидів при здійсненні відповідних виробничих процесів;

(с) порівняння даних і значень, отриманих з різних операційних систем збору даних, зокрема для протоколів виробництва, показників продажів і запасів відповідних товарів;

(d) порівняння та перевірку повноти даних на рівні процесу встановлення та виробництва відповідних товарів.

6. При виконанні пункту 3(e) має бути забезпечено, щоб у випадках, коли діяльність потоку даних або контрольна діяльність виявилася неефективною, або коли не дотримувалася правил,

встановлених у документації процедур для такої діяльності, вжито коригувальних дій і дані, на які вони впливають, виправляються без зайвої затримки.

7. При виконанні пункту 3(f), якщо дані про виконання однієї або більше дій, зазначених у пункті 1, були передані сторонньому підряднику, необхідно виконувати:

(a) перевірку якості переданої зовнішнім підрядником даних щодо потоку даних та контрольної діяльності;

(b) визначити відповідні вимоги до даних, переданих на аутсорсинг, а також до методів, які використовувались в цих процесах;

(с) перевірку якості результатів і методів, зазначених у попередньому пункті (b);

(d) забезпечення того, що діяльність, передана на аутсорсинг, виконується таким чином, щоб вона реагувала на внутрішні ризики та ризики контролю, визначені в оцінці ризиків.

8. Ефективність системи контролю контролюється, у тому числі шляхом проведення внутрішніх перевірок та врахування висновків верифікатора, якщо верифікація застосовується.

Якщо система контролю виявляється неефективною або невідповідною виявленим ризикам, система контролю повинна бути вдосконалена, а документація щодо методології моніторингу відповідно оновлена, включаючи базові письмові процедури для діяльності з контролю даних, оцінки ризиків і контрольної діяльності, якщо це необхідно.

9. Рекомендоване покращення: оператор може добровільно перевірити дані про викиди установки та конкретні вбудовані дані про викиди, зібрані відповідно до Додатку IV [4], перевірені незалежним верифікатором, акредитованим відповідно до ISO 14065, або до правил відповідної системи моніторингу, звітності та верифікації.

Контрольні запитання до 2-го розділу

1. У відповідності до яких принципів здійснюється моніторинг первинних даних, необхідних для коректного віднесення викидів до товарів?
2. Що входить до складу прямих вбудованих викидів?
3. Що входить до складу непрямих вбудованих викидів?

4. Які дані моніторингу повинні бути отримані, зареєстровані, скомпільовані, проаналізовані та задокументовані?

5. Протягом якого періоду повинні зберігатися дані моніторингу?

6. Які дії застосовуються у випадку неможливості уникнути прогалини даних?

7. В яких випадках можливе застосування консервативних оцінок?

8. Які дані і за який період слід використовувати щодо викидів, що відбуваються поза межами установки?

9. Які методи непрямого визначення даних щодо викидів застосовуються у випадках, коли для необхідного набору даних немає методу прямого визначення?

10. За якими принципами визначаються Межі установки та її виробничі процеси?

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНКИ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ

3.1 Вибір методу розрахунку

Для розрахунку викидів на рівні установки використовуються методи, засновані на розрахунках або на вимірюванні. Методи, засновані на розрахунках полягають у визначенні викидів на основі даних про діяльність, отриманих за допомогою вимірювальних систем, і додаткових параметрів з лабораторних аналізів або стандартних значень. Розрахункова методика може бути реалізована за стандартним методом або за методом балансу мас. Методи, засновані на вимірюванні, полягають у визначенні викидів за допомогою постійного вимірювання концентрації відповідного парникового газу в димовому газі. Як виняток, можуть використовуватися інші методи за умов, визначених у статтях 4(2), 4(3) та 5 [4].

Обирається та методика, яка дає найбільш точні та надійні результати, за винятком випадків, коли специфічні для продукції вимоги відповідно до розділу В.9 [4] вимагають однієї конкретної методології. Метод моніторингу може являти собою комбінацію методів за умови, що різні частини викидів установки контролюються будь-яким з прийнятних методів.

Документація про виконання моніторингу повинна чітко визначати:

- для якого потоку викидів використовується стандартний метод на основі розрахунків або метод балансу маси, включаючи детальний опис визначення кожного відповідного параметра, наведений у розділі В.3.4 Додатка II [4];

- для якого джерела викидів використовується метод, заснований на вимірюванні, включаючи опис усіх відповідних елементів, наведених у розділі В.6 Додатка II [4];

- доказ того, що немає ні подвійного підрахунку, ні прогалин у даних у викидах установки (за допомогою відповідної діаграми та опису технологічного процесу установки).

Викиди CO_2 , визначені за допомогою методики, що базується на вимірюваннях, повинні бути підтверджені шляхом розрахунку

річних викидів кожного відповідного парникового газу для тих самих джерел викидів. При цьому допускається застосування спрощених методів розрахунку. Як мінімальна вимога, має бути досягнута похибка 7,5% викидів від джерела викидів за повний звітний період. Для незначних джерел викидів або за виняткових обставин може бути допущена похибка 10%. Рекомендованим покращенням є досягнення похибки щонайменше 2,5% для джерел викидів, що викидають понад 100 000 тонн CO₂ за звітний період.

3.2 Розрахунок вбудованих викидів

З метою зарахування викидів установки до товарів первинні дані та результати розрахунків повинні бути віднесені до виробничих процесів, визначених відповідно до розділу А.4 Додатка III [4]. Величину прямих викидів можна розрахувати за формулою:

$$AttEm_{Dir} = DirEm^* + Em_{H,imp} - Em_{H,exp} + WG_{corr,imp} - WG_{corr,exp} - Em_{el,prog}, \quad (1)$$

де $DirEm^*$ – прямі викиди у виробничому процесі, т CO₂;
 $Em_{H,imp}$ – викиди, обумовлені виробництвом теплової енергії, яка імпортується у виробничий процес, т CO₂;
 $Em_{H,exp}$ – викиди, обумовлені виробництвом теплової енергії, яка експортується з виробничого процесу, т CO₂;
 $WG_{corr,imp}$ – збільшення викидів від використання відпрацьованих газів, вироблених в іншому виробничому процесі, т CO₂;
 $WG_{corr,exp}$ – скорочення викидів від використання відпрацьованих газів в іншому виробничому процесі, т CO₂;
 $Em_{el,prog}$ – скорочення викидів, обумовлене використанням електроенергії, виробленої у виробничому процесі, т CO₂.

Величину непрямих викидів можна розрахувати за формулою:

$$AttEm_{indir} = Em_{el,cons}, \quad (2)$$

де $Em_{el,cons}$ – викиди при спалюванні палива при виробництві електроенергії, використаної у виробничому процесі, т CO₂.

Питомі прямі і непрямі вбудовані викиди можна розрахувати за формулами:

$$SEE_{g,Dir} = \frac{AttEm_{Dir}}{AL_{g,Dir}}; \quad (3)$$

$$SEE_{g,indir} = \frac{AttEm_{g,indir}}{AL_{g,Dir}}, \quad (4)$$

де $AL_{g,indir}$ – обсяги виробництва продукції, т.

При визначенні величини $DirEm^*$ необхідно дотримуватись наступних правил:

- якщо $AttrEm_{Dir}$ має від'ємне значення, його необхідно приймати рівним нулю;
- для уникнення подвійного підрахунку у випадку, коли паливо використовується для виробництва теплової енергії, яка споживається поза виробничим процесом, викиди від використання палива не включаються до викидів, які безпосередньо відносяться до виробничого процесу.

3.2.1 Правила для зарахування викидів від використання теплової енергії

Викиди, пов'язані з виробництвом теплової енергії, імпортованої у виробничий процес, включають імпорт з інших установок, інших виробничих процесів у межах однієї установки, а також тепло, отримане від іншої установки (наприклад, центральної електростанції на установці або більш складної мережі кількох теплогенераторів), що постачає тепло більше ніж в один виробничий процес. Величину цих викидів можна розрахувати за формулою:

$$Em_{H,imp} = Q_{imp} \times EF_{heat}, \quad (5)$$

де Q_{imp} – тепло, яке імпортується та споживається в процесі виробництва, ТДж;

EF_{heat} – коефіцієнт викидів для виробництва виміряного тепла, визначений відповідно до розділу С.2 [4], т CO₂/ТДж.

Викиди, обумовлені виробництвом теплової енергії, еквівалентні кількості вимірюного тепла, експортованого з іншого виробничого процесу, визначаються з використанням правил, наведених у розділі С [4]. Для експортованого тепла повинні використовуватися або викиди фактично відомої суміші палива відповідно до розділу С.2 [4] або, якщо фактична суміш палива невідома, стандартний коефіцієнт викидів палива, яке найчастіше використовується в країні та промислового секторі, припускаючи, що коефіцієнт корисної дії котла становить 90%.

Для зарахування викидів від використання теплової енергії застосовуються загальні принципи розрахунку, наведені в розділі F.1 [4]. Теплові потоки повинні визначатися у відповідності до розділу С.1 [4], а коефіцієнти викидів – відповідності до розділу С.2 [4].

Якщо втрати теплової енергії визначаються окремо від кількості тепла, що використовується у виробничих процесах, пов'язаних з цими викиди додаються пропорційно до викидів усіх виробничих процесів, у яких використовується тепла енергія, використана в установці. При цьому необхідно забезпечити щоб враховувалися всі 100% від кількості теплової енергії, виробленої в установці, імпортованої або експортованої установкою, а також кількості енергії, що передається між виробничими процесами.

3.2.2 Викиди від спалювання відпрацьованих газів

Викиди від спалювання відпрацьованих газів, що імпортуються з інших виробничих процесів, не враховуються в $DirEm^*$. Замість цього необхідно використовувати величину $WG_{corr,imp}$, величину якої можна розрахувати за формулою:

$$WG_{corr,imp} = V_{WG} \times NCV_{WG} \times EF_{NG} \times 10^{-3}, \quad (6)$$

де $V_{WG,imp}$ – обсяги імпортованого відпрацьованого газу, т;

NCV_{WG} – нижча теплотворна спроможність експортованого відпрацьованого газу, ГДж/т;

EF_{NG} – стандартний коефіцієнт викидів природного газу, наведений у Додатку VIII [4], складає 56,1 т CO_2 /ТДж.

Величина $WG_{corr,imp}$ еквівалентна кількості відпрацьованих газів, виведених із виробничого процесу, визначених за звітний період із застосуванням правил, наведених у розділі В [4].

Викиди від спалювання відпрацьованих газів, що експортуються з виробничого процесу, повністю виключаються з $DirEm^*$ незалежно від того, де вони споживаються. Однак для експорту відпрацьованих газів необхідно використовувати величину $WG_{corr,exp}$, яку можна розрахувати за формулою:

$$WG_{corr,exp} = V_{WG,exp} \times NCV_{WG} \times EF_{NG} \times Corr_{\eta} \times 10^{-3}, \quad (7)$$

де $V_{WG,exp}$ – обсяги експортованого відпрацьованого газу, т;

$Corr_{\eta}$ – коефіцієнт, який враховує різницю в ефективності між використанням відпрацьованого газу та використанням еталонного природного газу. Стандартне значення $Corr_{\eta} = 0,667$.

Витрату димових газів необхідно визначати одним із наступних методів:

- розрахунку за допомогою відповідного балансу мас, враховуючи всі суттєві параметри на вхідній стороні, включаючи (для викидів CO_2) принаймні кількість вхідних матеріалів, вхідний потік повітря та ефективність процесу, а на вихідній стороні, включаючи принаймні вихід продукту та концентрацію кисню, діоксиду сірки та оксидів азоту;
- шляхом безперервного вимірювання потоку в репрезентативній точці з дотриманням відповідних вимог до якості вимірювань.

Усі вимірювання необхідно коригувати на основі «сухого газу» та послідовно звітувати про результати.

3.2.3 Принципи зарахування даних до виробничих процесів

1. Методи, обрані для зарахування наборів даних до виробничих процесів, повинні бути викладені в документації з методів моніторингу. Вони повинні регулярно переглядатися з метою покращення якості даних, де це можливо, відповідно до розділу А [4].

2. Якщо дані для певного набору даних недоступні для кожного виробничого процесу, необхідно вибрати відповідний метод для визначення необхідних даних для кожного окремого виробничого процесу. З цією метою слід застосовувати будь-який із наведених нижче принципів залежно від того, який принцип дає більш точні результати:

- якщо різні товари виробляються один за одним на тій самій виробничій лінії, входи, виходи та відповідні викиди мають бути

віднесені послідовно на основі часу використання на рік для кожного виробничого процесу;

– входи, виходи та відповідні викиди повинні бути віднесені на основі маси або обсягу окремих вироблених товарів або оцінок на основі співвідношення ентальпій вільних реакцій залучених хімічних реакцій або на основі іншого відповідного ключа розподілу, який підтверджується надійною науковою методологією.

3. Якщо для вимірювання використовуються кілька вимірювальних приладів різної якості, для покращення результатів вимірювань для розділення даних на рівні установи щодо кількості матеріалів, палива, вимірюваного тепла або електроенергії для виробничих процесів може бути використаний будь-який із наведених нижче методів:

- Визначення розподілу на основі методу визначення, такого як консервативна оцінка, яка використовується однаково для кожного виробничого процесу. Якщо сума даних виробничого процесу відрізняється від даних, визначених окремо для установи, застосовується єдиний «коефіцієнт узгодження» для рівномірної поправки, величину якого можна розрахувати за формулою:

$$RecF = D_{Inst} / \sum D_{pp}, \quad (8)$$

де D_{Inst} – значення даних, визначене для установи в цілому;
 D_{pp} – значення даних для різних виробничих процесів.

Після цього дані для кожного виробничого процесу коригуються з використанням коефіцієнта $D_{pp,corr}$, який можна розрахувати за формулою:

$$D_{pp,corr} = D_{pp} \times RecF. \quad (9)$$

- Якщо дані тільки одного виробничого процесу невідомі або нижчої якості, ніж дані інших виробничих процесів, відомі дані виробничого процесу можна відняти із загальних даних установи. Цей метод є кращим лише для виробничих процесів, які вносять менші обсяги до розподілу установи.

Власні викиди, які передаються в установку, включно з тими, які містяться в природному газі, відхідному газі (включаючи доменний або коксовий газ) або вхідних речовинах процесу (включаючи синтез-газ), повинні бути включені до викидів цієї установи.

Якщо власні викиди передаються з установки як частина вихідного потоку до іншої установки, вони не повинні враховуватися як викиди установки, з якої вони походять. Проте, якщо викиди здійснюються (наприклад, газ спалюється) або передаються суб'єктам, які самі не здійснюють моніторинг викидів для цілей Регламенту [4] або прийнятної системи моніторингу, звітності та верифікації, вони вважаються викидами установки, з якої вони походять.

3.3 Правила зарахування прямих викидів

1. Викиди з джерел або джерела викидів, які відносяться лише до одного виробничого процесу, повинні бути повністю віднесені до цього виробничого процесу. Якщо використовується метод балансу мас, вихідні потоки віднімаються відповідно до розділу В.3.2 [4]. Щоб уникнути подвійного підрахунку, вихідні потоки, які перетворюються на відпрацьовані гази, за винятком відпрацьованих газів, що утворюються та повністю споживаються в рамках того самого виробничого процесу, повинні розраховуватися з використанням рівнянь (6) і (7). Необхідний моніторинг NCV та обсягу відповідних відпрацьованих газів повинен здійснюватися із застосуванням правил, наведених у розділах В.4 і В.5 [4].

2. Там, де викиди або джерела викидів відносяться більше ніж до одного виробничого процесу, застосовуються наступні методи зарахування прямих викидів:

- викиди з джерел або джерела викидів, які відносяться до виробництва тепла, повинні бути віднесені до виробничих процесів у відповідності до розділу F.5 [4];
- якщо відпрацьовані гази не використовуються в тому самому виробничому процесі, в якому вони виробляються, викиди, що виникають від відпрацьованих газів, повинні бути розподілені відповідно до правил і рівнянь, наведених у розділі F.1 [4];
- якщо обсяги вихідних потоків, що відносяться до виробничих процесів, визначаються шляхом вимірювання перед використанням у виробничому процесі, необхідно застосовувати методологію відповідно у відповідності до розділу F.3.1 [4];
- якщо викиди з джерел або джерел викидів не можуть бути віднесені відповідно до інших методів, вони повинні бути віднесені з використанням корельованих параметрів, які вже були віднесені до виробничих процесів

відповідно до розділу F.3.1 [4]. З цією метою обсяги вихідного потоку та їхні відповідні викиди повинні бути віднесені пропорційно до співвідношення, в якому ці параметри відносяться до виробничих процесів. Відповідні параметри включають масу вироблених товарів, масу або об'єм спожитого палива чи матеріалу, кількість виробленого тепла, що не піддається вимірюванню, години роботи або відомі показники ефективності обладнання.

3.3.1 Розрахунок питомих викидів складних товарів

У відповідності з додатком IV [1], питомі прямі або непрямі вбудовані викиди складних товарів SEE_g можна розрахувати за формулою:

$$SEE_g = \frac{AttrEm_g + EE_{InpMat}}{AL_g}, \quad (10)$$

де $AttrEm_g$ – віднесені прямі або непрямі викиди виробничого процесу, що виробляє продукцію g-го виду, визначені відповідно до розділу F.1 [4], за звітний період, т CO₂;

EE_{InpMat} – прямі або непрямі вбудовані викиди всіх прекурсорів, спожитих протягом звітного періоду, які визначені як такі, що відносяться до процесу виробництва товарів g-го виду у розділі 3 Додатку II [4], т CO₂.

Величину EE_{InpMat} можна розрахувати за формулою:

$$EE_{InpMat} = \sum M_i \times SEE_i, \quad (11)$$

де M_i – маса прекурсора i-го виду, використаного у виробничому процесі протягом звітного періоду, т;

SEE_i – питомі прямі або непрямі вбудовані викиди прекурсора i-го виду, т CO₂ / т.

У випадку, коли розрахунки виконуються з використанням питомих показників, величину питомих прямих або непрямих вбудованих викидів складних товарів можна розрахувати за формулою:

$$SEE_g = ae_g + \sum m_i \times SEE_i, \quad (12)$$

де ae_g – питомі приписані прямі або непрямі викиди виробничого процесу з виробництва g-го виду продукції, CO₂ / т;

m_i – питома маса використання i-го виду прекурсора при виробництві продукції, т/т продукції.

Величину питомих приписаних прямих або непрямих викидів виробничого процесу можна розраховувати за формулою:

$$ae_g = \frac{A_{tr} \times Em_g}{AL_g}, \quad (13)$$

де $AL_{g,Dir}$ – обсяги виробництва продукції, т.

3.3.2 Визначення прямих викидів на рівні установки

Величину прямих викидів на рівні установки можна розрахувати за формулою:

$$Em_{Inst} = \sum Em_{calc,i} + \sum Em_{meas,j} + \sum Em_{other,k}, \quad (14)$$

де $Em_{calc,i}$ – викиди з джерел i-го виду, визначені за допомогою методології на основі розрахунків, т CO₂;

$Em_{meas,j}$ – викиди з джерел j-го виду, визначені за допомогою методології, заснованої на вимірюванні, т CO₂;

$Em_{other,k}$ – викиди, визначені іншим методом, з джерел k-го виду, т CO₂-е.

3.4 Визначення обсягів викидів за стандартним методом

Якщо викиди від спалювання палива розраховуються за стандартним методом, їхню величину можна розрахувати за формулою:

$$Em_{calc,i} = AD_i \times EF_i \times OF_i, \quad (15)$$

де i – індекс виду палива;

AD_i – обсяги спалювання палива, ТДж;

EF_i – коефіцієнт викидів, т CO₂/ТДж;

OF_i – коефіцієнт окислення палива, в.о.

Величину обсягів спалювання палива можна розрахувати за формулою:

$$AD_i = FQ_i \times NCV_i, \quad (16)$$

де FQ_i – кількість спожитого палива, т або тис.м³;

NCV_i – нижча теплотворна здатність палива, ТДж/т або ТДж/тис.м³.

Коефіцієнт викидів можна розрахувати за формулою:

$$EF_i = f \times CC_i, \quad (17)$$

де CC_i – вміст вуглецю в паливі, т/ТДж;

$f = 3,664$ – стехіометричне співвідношення між молекулами вуглекислого газу і вуглецю.

Для визначення коефіцієнтів розрахунку, необхідних для застосування методу, заснованого на розрахунку, може бути обраний один із таких методів:

- використання нормативних значень;
- використання проксі-даних, заснованих на емпіричних кореляціях між відповідним коефіцієнтом розрахунку та іншими властивостями, які краще доступні для вимірювання;
- використання значень на основі лабораторних аналізів.

Коефіцієнт окислення палива можна розрахувати за формулою:

$$OF = 1 - \frac{C_{ash}}{C_{total}}, \quad (18)$$

де C_{ash} – кількість вуглецю, що міститься в золі та пилу від очищення димових газів;

C_{total} – загальна кількість вуглецю, що міститься в спаленому паливі.

Для полегшення процесу моніторингу можна приймати консервативне припущення, що $OF = 1$.

Для підвищення точності стандартний метод для викидів від спалювання палива може бути модифікований наступним чином:

- дані про діяльність виражаються в метричних одиницях (т або м³);
- EF виражається в т CO₂/т палива або т CO₂/м³ палива.

Якщо дані про діяльність виражаються в метричних одиницях, NCV в формулі (17) не враховується. Але для покращення звіту про моніторинг

дані про NCV також рекомендується надавати (для перевірки узгодженості та моніторингу енергоефективності всього виробничого процесу).

3.5 Визначення обсягів викидів за методом балансу мас

Якщо викиди від спалювання палива розраховуються за методом балансу мас, їхню величину можна розрахувати за формулою:

$$Em_k = f \times AD_k \times CC_k. \quad (19)$$

При використанні методу балансу мас викиди вуглекислого газу для кожного джерела, повинна розраховуватися на основі вмісту вуглецю в кожному матеріалі, без розрізнення палива та технологічних матеріалів. Вуглець, який залишає установку в продуктах (замість того, щоб викидатися в повітря) враховується з від'ємним знаком.

Якщо вміст вуглецю в матеріалі або паливі k -го виду розраховується за коефіцієнтом викидів, вираженим у т CO₂/ТДж, його величину можна розрахувати за формулою:

$$CC_k = \frac{EF_k \times NCV_k}{f}, \quad (20)$$

Якщо вміст вуглецю в матеріалі або паливі k -го виду розраховується на основі коефіцієнта викидів, вираженого в т CO₂/т, його величину можна розрахувати за формулою:

$$CC_k = \frac{EF_k}{f}. \quad (21)$$

Для змішаного палива, яке містить як викопні компоненти, так і компоненти біомаси або змішані матеріали, фракцію біомаси можна розрахувати за формулою:

$$CC_k = CC_{pre,k} \times (1 - BF_k), \quad (22)$$

де $CC_{pre,k}$ – попередній вміст вуглецю в паливі k -го виду, визначений за умови, що все паливо є викопним;

BF_k – частка біомаси в паливі k -го виду в.о.

3.6 Визначення обсягів викидів за допомогою вимірювання

При застосуванні вимірювання загальні річні викиди від джерела викидів за звітний період $GHGEm_{total}$, т CO_2 , можна розрахувати за формулою:

$$GHGEm_{total} = \sum_i^{HoursOp} GHGcons_{hourly,i} \times V_{hourly,i} \cdot 10^{-6}, \quad (23)$$

де i – індекс контрольного періоду вимірювання;

$HoursOp$ – кількість годин (або більш коротких контрольних періодів), для яких застосовується методика на основі вимірювання, включно з годинами, для яких дані були замінені відповідно до розділу В.6.2.6 [4];

$GHGcons_{hourly,i}$ – погодинні концентрації викидів парникових газів у потоці димових газів, виміряних під час роботи протягом години або більш короткого i -го контрольного періоду, г/м³;

$V_{hourly,i}$ – об'єм димового газу протягом однієї години або більш короткого i -го контрольного періоду, визначений шляхом інтегрування викидів протягом контрольного періоду, м³.

Об'єм димового газу можна визначити одним із двох наступних методів:

- за допомогою відповідного балансу маси, враховуючи всі суттєві параметри на вхідній стороні, включно з викидами CO_2 у вхідних матеріалах, вхідним потоком повітря та інтенсивності процесу, а на вихідній стороні, включно принаймні з виходом продукту та концентрацію кисню, діоксиду сірки та оксидів азоту;

- шляхом безперервного вимірювання потоку в репрезентативній точці.

Якщо обладнання для безперервного вимірювання параметра виходить з-під контролю, виходить за межі діапазону або не працює протягом частини годин або базового періоду, відповідне середньогодинне

значення розраховується пропорційно до решти точок даних для цієї конкретної години або коротшого контрольного періоду за умови, що доступно щонайменше 80% максимальної кількості точок даних для параметра.

Якщо доступно менше 80% від максимальної кількості точок даних для параметра, необхідно використовувати такі методи:

- у випадку вимірювання концентрації, використовується сума середньої концентрації та його подвоєного стандартного відхилення (якщо звітний період не застосовується для визначення таких значень заміщення через суттєві технічні зміни на установці, для визначення середнього значення та стандартного відхилення обирається інший достатньо репрезентативний часовий проміжок, по можливості тривалістю щонайменше 6 місяців);

- у випадку вимірювання параметра, відмінного від концентрації, його значення повинні визначатися за допомогою відповідної моделі балансу маси або енергетичного балансу процесу. (Така модель повинна бути валідована з використанням решти виміряних параметрів методології на основі вимірювань та даних за звичайних робочих умов, враховуючи період часу такої ж тривалості, як і прогалина в даних).

Викиди CO_2 , визначені за допомогою методики, що базується на вимірюваннях, повинні бути підтверджені шляхом розрахунку річних викидів кожного відповідного парникового газу для тих самих джерел викидів. Для цього вимоги, викладені в розділах В.4 – В.6 [4], за потреби можуть бути спрощені.

Всі вимірювання повинні проводитись із застосуванням методів, які базуються на стандартах:

- ISO 20181:2023 Стаціонарні джерела викидів – Забезпечення якості автоматизованих вимірювальних систем;

- ISO 14164:1999 Стаціонарні джерела викидів. Визначення об'ємної витрати газових потоків у каналах. Автоматичний метод;

- ISO 14385-1:2014 Стаціонарні джерела викидів. Парникові гази. Частина 1. Калібрування автоматизованих вимірювальних систем;

- ISO 14385-2:2014 Стаціонарні джерела викидів. Парникові гази. Частина 2. Постійний контроль якості автоматизованих вимірювальних систем;

- на інших відповідних стандартах ISO, зокрема ISO 16911-2 (Викиди зі стаціонарного джерела – ручне та автоматичне визначення швидкості та об'ємної витрати в повітроводах).

Якщо немає відповідних опублікованих стандартів, слід використовувати відповідні проекти стандартів, рекомендації щодо найкращої практики в галузі або інші науково доведені методології, що обмежують систематичну помилку вибірки та вимірювання.

Необхідно враховувати всі відповідні аспекти системи безперервного вимірювання, включаючи розташування обладнання, калібрування, вимірювання, забезпечення якості та контроль якості.

Лабораторії, які проводять вимірювання, калібрування та відповідну оцінку обладнання для систем безперервного вимірювання, повинні бути акредитовані відповідно до ISO/IEC 17025 для відповідних аналітичних методів або калібрувальної діяльності. Якщо лабораторія не має такої акредитації, має бути забезпечена її достатня компетентність відповідно до розділу В.5.4.3 [4].

Викиди CO_2 , визначені за допомогою методики, що базується на вимірюваннях, повинні бути підтверджені шляхом розрахунку річних викидів кожного відповідного парникового газу для тих самих джерел викидів та потоків джерел. Для цього вимоги, викладені в розділах В.4 – В.6 [4], за потреби можуть бути спрощені.

Як мінімальна вимога, має бути досягнута похибка 7,5% викидів від джерела за повний звітний період. Для незначних джерел викидів або за виняткових обставин може бути допущена похибка 10%. Рекомендованим покращенням є досягнення похибки щонайменше 2,5% для джерел викидів, що викидають понад 100 000 тонн вуглекислого CO_2 -е за звітний період.

Контрольні запитання до 3-го розділу

1. Які похибки допускаються при визначенні вбудованих викидів із застосуванням вимірювань?
2. Напишіть формулу для розрахунку прямих вбудованих викидів.
3. Напишіть формулу для розрахунку непрямих вбудованих викидів.
4. Напишіть формулу для розрахунку прямих питомих вбудованих викидів.
5. Напишіть формулу для розрахунку непрямих питомих вбудованих викидів.

6. Яку величину прямих викиди у виробничому процесі необхідно використовувати в разі, якщо її розрахункова величина буде нижчою нуля?

7. Яким чином враховуються викиди у випадку, коли паливо використовується для виробництва теплової енергії, яка споживається поза виробничим процесом?

8. Що називається коефіцієнтом викидів парникових газів?

9. Що називається «коефіцієнтом узгодження» і в яких випадках він використовується?

10. Напишіть формулу для розрахунку питомих прямих або непрямих вбудованих викидів складних товарів?

МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТЕПЛОВОЇ І ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

4.1 Викиди парникових газів при виробництві теплової енергії

Методи розрахунків викидів парникових газів при виробництві теплової енергії (наведені в розділі С.1 [4]) ґрунтуються на наступних принципах.

Всі зазначені кількості теплової енергії завжди стосуються чистої кількості вимірюваного тепла, визначеного як вміст тепла (ентальпія) теплового потоку, переданого до процесу, що споживає тепло, або зовнішнього користувача мінус вміст тепла у зворотному потоці.

Процеси, що споживають тепло, необхідні для виробництва та розподілу тепла, такі як деаератори, підготовка підживлювальної води та регулярні продувки, враховуються в ефективності опалювальної системи та у вбудованих викидах товарів.

Якщо той самий теплоносіє використовується в кількох послідовних процесах і його тепло споживається, починаючи з різних температурних рівнів, кількість тепла, спожитого кожним процесом, що споживає тепло, визначається окремо, якщо процеси не є частиною загального виробничого процесу. Повторне нагрівання середовища в процесі споживання тепла розглядається як додаткове виробництво тепла.

Якщо тепло використовується для забезпечення охолодження за допомогою процесу абсорбційного охолодження, такий процес охолодження вважається процесом, що споживає тепло.

Для визначення чистої кількості спожитого тепла використовуються методи:

- вимірювання;
- розрахунків на основі вимірної ефективності;
- розрахунків на основі еталонної ефективності.

При використанні першого методу вимірюються всі відповідні параметри, зокрема температура, тиск, стан переданого і повернутого теплоносія. У випадку з паром стан середовища відноситься до його насичення або ступеня перегріву. Необхідно виміряти об'ємну швидкість потоку теплоносія. На основі цих вимірних даних визначаються ентальпія та питомий об'єм теплоносія (за допомогою відповідних парових таблиць або інженерного програмного забезпечення).

Оскільки масова швидкість потоку вважається однаковою для переданого та повернутого теплоносія, швидкість теплового потоку розраховується з використанням різниці ентальпії між переданим і зворотним потоками, яку можна розрахувати за формулою:

$$Q^* = \frac{h_{flow} - h_{return}}{m^*}, \quad (24)$$

де Q^* – швидкість теплового потоку в кДж/с;
 h_{flow} – ентальпія прямого потоку в кДж/кг;
 h_{return} – ентальпія зворотного потоку в кДж/кг;
 m^* – маса пари, кг/с.

Масу пари можна розрахувати за формулою:

$$m^* = V^* / v, \quad (25)$$

де V^* – об'єм витраченої пари, м³/с;
 v – питомий об'єм теплоносія, м³/кг.

Вразі використання гарячої води як теплоносія, коли конденсат не повертається, або якщо неможливо оцінити ентальпію повернутого конденсату, величину h_{return} необхідно визначати на основі температури 90 °С.

Витрати теплоносія не є ідентичними. Тому застосовуються наступні правила:

- якщо є докази того, що конденсат залишається в продукті (наприклад, у процесах «впорскування пари протягом терміну служби»), відповідна кількість ентальпії конденсату не вираховується;
- якщо відомо, що теплоносіє втрачається (наприклад, через витоки або каналізацію), оцінка відповідного масового потоку з масового потоку переданого теплоносія вираховується.

Для визначення річного нетто теплового потоку на основі наведених вище даних необхідно використовувати один із таких методів, залежно від наявності вимірювального обладнання та засобів обробки даних:

- визначити середньорічні значення для параметрів, що визначають середньорічну ентальпію переданого та повернутого теплоносія, помножену на загальну річну масову витрату;
- визначити погодинні значення теплового потоку та підсумувати ці значення за загальний річний час роботи системи опалення. Залежно від системи обробки даних погодинні значення можуть бути замінені іншими часовими інтервалами.

При розрахунках на основі вимірюваної ефективності обсяги чистого вимірюваного тепла можна розрахувати за формулою:

$$Q = \eta_H \times E_{In}, \quad (26)$$

де η_H – коефіцієнт корисної дії установки при використанні тепла;

E_{In} – обсяги споживання палива, ТДж.

Обсяги споживання палива можна розрахувати за формулою:

$$E_{In} = \sum AD_i \times NCV_i, \quad (27)$$

де i – індекс виду палива;

AD_i – річні дані про діяльність (тобто спожита кількість) палива i -го виду, т або тис.м³;

NCV_i – нижча теплотворна здатність палива i -го виду, ТДж/т або ТДж/тис.м³.

Коефіцієнт корисної дії установки при використанні тепла визначається з документації виробника устаткування або розраховується на основі вимірювань протягом достатньо тривалого періоду, який враховує різні стани навантаження установки.

Розрахунки на основі еталонної ефективності виконуються аналогічно попередньому випадку, за винятком того, що величина коефіцієнта корисної дії установки в формулі (26) приймається рівною $\eta_H=0,7$.

Якщо тепла енергія, яка використовується в установці, виробляється в результаті екзотермічних хімічних процесів (а не в результаті спалювання палива, наприклад, при виробництві аміаку

чи азотної кислоти), така кількість спожитого тепла повинна визначатися окремо від іншого вимірюваного тепла, і цьому споживанню тепла призначаються нульові викиди.

Якщо тепла енергія рекуперується з енергії, виробленої з палива, обсяги використання якого не вимірюються, і ця рекуперована тепла енергія не використовується у виробничих процесах після цього використання (наприклад, з вихлопних газів), для уникнення подвійного підрахунку відповідна кількість вимірюваного тепла, поділена на еталонну ефективність 90 %, віднімається від вхідного палива.

Для теплової енергії, виробленої в результаті спалювання палива в установці, повинен бути визначений коефіцієнт викидів відповідної суміші палива. При цьому викиди, пов'язані з виробничим процесом, розраховуються за формулою:

$$E_{mHeat} = EF_{mix} \times Q_{consumed} / \eta, \quad (28)$$

де E_{mHeat} – викиди виробничого процесу, пов'язані з використанням тепла, т CO₂;

EF_{mix} – коефіцієнт викидів для відповідної суміші палива, включно з викидами від очищення димових газів, т CO₂/ТДж;

$Q_{consumed}$ – кількість вимірюваного тепла, спожитого в процесі виробництва, ТДж;

η – коефіцієнт корисної дії процесу виробництва тепла.

Коефіцієнт викидів, обумовлений використанням тепла, можна розрахувати за формулою:

$$EF_{mix} = \frac{(\sum AD_i \times NCV_i \times EF_i + E_{mFGC})}{\sum AD_i \times NCV_i}, \quad (29)$$

де E_{mFGC} – технологічні викиди від очищення димових газів, т CO₂;

EF_i – коефіцієнт викидів відпрацьованого газу, т CO₂/ТДж.

Якщо відпрацьований газ є частиною використаної паливної суміші, і якщо коефіцієнт викидів відпрацьованого газу вищий за стандартний коефіцієнт викидів природного газу, наведеного у таблиці 1 Додатку VIII [4], цей стандартний коефіцієнт викидів повинен використовуватися для розрахунку EF_{mix} замість коефіцієнта викидів відпрацьованого газу EF_i .

4.2 Комбіноване виробництво теплової і електричної енергії

Якщо тепло та електроенергія виробляються з використанням когенерації (тобто шляхом комбінованого виробництва тепла та електроенергії, англ. – combined heat and power – CHP), відповідні викиди, пов'язані з теплом та електроенергією, визначаються за формулою:

$$Em_{CHP} = \sum AD_i \times NCV_i \times EF_i + Em_{FGC}, \quad (30)$$

де Em_{CHP} – викиди від когенераційної установки за звітний період, т CO₂.

Споживання енергії для когенераційної установки розраховується за формулою (27). Відповідні середні значення коефіцієнтів корисної дії протягом звітного періоду виробництва тепла та електроенергії розраховуються за формулами:

$$\eta_{heat} = \frac{Q_{net}}{E_{In}}; \quad (31)$$

$$\eta_{el} = \frac{E_{El}}{E_{In}}, \quad (32)$$

де η_{heat} – середній коефіцієнт корисної дії виробництва тепла за звітний період, в.о.;

Q_{net} – кількість тепла, виробленого протягом звітного періоду когенераційною установкою, як визначено відповідно до розділу С.1.2 [4], ТДж;

E_{El} – вхідна енергія, визначена за формулою (27), ТДж;

η_{el} – середній коефіцієнт корисної дії виробництва електроенергії за звітний період, в.о.;

E_{el} – обсяги виробництва електроенергії когенераційною установкою за звітний період, ТДж.

Якщо визначення ефективності η_{heat} і η_{el} технічно неможливе або це спричинить необґрунтовані витрати, необхідно використовувати значення, визначені на основі технічної документації (проектні значення) установки.

Якщо такі значення недоступні, слід використовувати консервативні стандартні значення $\eta_{heat} = 0,55$ і $\eta_{el} = 0,25$.

Коефіцієнти розподілу теплової та електричної енергії від ТЕЦ розраховуються за формулами:

$$F_{CHP,heat} = \eta_{heat} / \eta_{ref,heat} / \left(\frac{\eta_{heat}}{\eta_{ref,heat}} + \frac{\eta_{el}}{\eta_{ref,el}} \right); \quad (33)$$

$$F_{CHP,el} = \eta_{el} / \eta_{ref,el} / \left(\frac{\eta_{heat}}{\eta_{ref,heat}} + \frac{\eta_{el}}{\eta_{ref,el}} \right), \quad (34)$$

де $F_{CHP,heat}$ – коефіцієнт розподілу для тепла, в.о.;

$F_{CHP,el}$ – коефіцієнт розподілу для електроенергії, в.о.;

$\eta_{ref,heat}$ – еталонний коефіцієнт корисної дії для виробництва тепла в автономному котлі (без когенерації), в.о.;

$\eta_{ref,el}$ – еталонний коефіцієнт корисної дії виробництва електроенергії (без когенерації), в.о.

Відповідні стандартні коефіцієнт корисної дії для конкретного палива наведені в додатку IX [4].

Коефіцієнти питомих викидів при використанні теплової і електричної енергії, пов'язані з когенерацією, які будуть використовуватися для віднесення пов'язаних з теплом і електроенергією викидів до виробничих процесів, розраховуються за формулами:

$$EF_{CHP,heat} = \frac{Em_{CHP} \cdot F_{CHP,heat}}{Q_{net}}, \quad (35)$$

$$EF_{CHP,el} = \frac{Em_{CHP} \times F_{CHP,el}}{E_{El}}, \quad (36)$$

де $EF_{CHP,heat}$ – коефіцієнт викидів для виробництва вимірюваного тепла в когенераційній установці, т CO₂/ТДж;

Q_{net} і E_{El} – відповідно, теплова і електрична енергія, вироблені когенераційною установкою, ТДж.

Коефіцієнт викидів вимірюваного тепла, виробленого поза установкою

Якщо виробничий процес споживає теплову енергію, яка вироблена поза установкою, викиди, пов'язані з використанням цієї теплової енергії, повинні визначатися за допомогою одного з наведених нижче методів.

1. Якщо установка, яка виробляє теплову енергію, підлягає системі моніторингу, звітності та верифікації або якщо оператор установки, яка споживає цю теплову енергію, забезпечує за допомогою відповідних положень договору про постачання тепла, що установка, яка виробляє тепло, виконує моніторинг викидів, коефіцієнт викидів теплової енергії повинен визначатися на основі даних про викиди, наданих оператором установки, що виробляє теплову енергію.

2. Якщо метод згідно з пунктом 1 недоступний, використовується стандартне значення коефіцієнта викидів палива, яке найчастіше використовується в промисловому секторі країни, за припущення, що ефективність котла становить 90%.

4.3 Додаткові правила для установок, які спалюють паливо

Викиди від згоряння охоплюють усі викиди CO_2 від спалювання палива, що містить вуглець, включаючи відходи, незалежно від будь-якої іншої класифікації таких викидів або палива. Якщо незрозуміло, чи використовується матеріал як паливо чи як технологічний ресурс, наприклад, для відновлення металевих руд, викиди цього матеріалу слід розраховувати так само, як і викиди від згоряння. Необхідно враховувати всі стаціонарні установки, включаючи котли, пальники, турбіни, нагрівачі, сміттєспалювальні установки, кальцинатори, печі, сушарки, двигуни, паливні елементи, хімічні циклові установки, факели, термічні або каталітичні установки допалювання.

Крім того, моніторинг повинен включати технологічні викиди CO_2 від очищення димових газів, зокрема CO_2 з вапняку або інших карбонатів для десульфурації та подібної очистки, а також від сечовини, що використовується в установках для очищення від NO_x .

4.4 Викиди парникових газів при виробництві електроенергії

У відповідності до розділу 2 Додатку IV [4] для визначення вбудованих викидів електроенергії імпортованих товарів застосовуються лише прямі викиди. В загальному випадку вбудовані викиди, пов'язані з виробництвом або споживанням електроенергії, розраховуються за формулою:

$$Em_{el} = E_{el} \times EF_{el}, \quad (37)$$

де Em_{el} – викиди, пов'язані з виробленою або спожитою електроенергією, т CO_2 ;

E_{el} – обсяги виробленої або спожитої електроенергії, МВт·год або ТДж;

EF_{el} – коефіцієнт викидів для електроенергії, що використовується, т CO_2 /МВт·год або т CO_2 /ТДж.

При визначенні обсягів виробленої або використаної електроенергії враховується тільки складова активної потужності електроенергії. Реактивна складова електроенергії не враховується. Не враховуються також витрати електроенергії на власні потреби електростанції або когенераційної установки.

За стандартним методом коефіцієнт викидів від спалювання палива при виробництві електроенергії розраховуються за формулою:

$$EF_{el} = \frac{\sum AD_i \times NCV_i \times EW_i \times OF_i + EF_{FGC}}{EI_{prod}}, \quad (38)$$

де EW_i – чиста кількість виробленої електроенергії, МВт·год.

До чистої кількості виробленої електроенергії можна включати електроенергію, вироблену також з джерел, в яких не використовується спалювання палива.

Коефіцієнт викидів для розрахунку вбудованих викидів електроенергії встановлюється таким чином:

(а) має використовуватися конкретне значення за замовчуванням для третьої країни, групи третіх країн або регіону в третій країні як відповідний коефіцієнт викидів CO_2 ;

(b) якщо немає конкретного значення за замовчуванням відповідно до пункту (a), використовується коефіцієнт викидів CO₂ в ЄС;

(c) якщо декларант подає достатні докази, засновані на офіційній та публічній інформації, щоб продемонструвати, що коефіцієнт викидів CO₂ у третій країні, групі третіх країн або регіоні в третій країні, звідки імпортується електроенергія, нижчий за значення відповідно до пунктів (a) і (b), і якщо виконуються умови, наведені в розділі D.2.3 Додатка III [4], заявлені нижчі значення повинні визначатися на основі доступних і надійних наданих даних;

(d) декларант, який звітує, може застосовувати фактичні вбудовані викиди замість значень за замовчуванням для розрахунку вбудованих викидів імпортованої електроенергії, якщо виконуються наступні критерії, наведені в розділі 5 додатку IV [1]:

- обсяг електроенергії, для якої заявлено використання фактичних вбудованих викидів, покривається угодою про купівлю електроенергії між уповноваженим декларантом СВАМ та виробником електроенергії, розташованим у третій країні;

- установка, що виробляє електроенергію, або безпосередньо підключена до системи передачі до ЄС, або можна продемонструвати, що на момент експорту не було фізичного перевантаження мережі в жодній точці мережі між установкою та системою передачі до ЄС;

- установка, що виробляє електроенергію, не викидає більше 550 грамів CO₂ від спалювання викопного палива на кіловат-годину електроенергії;

- обсяг електроенергії, для якого заявлено використання фактичних вбудованих викидів, був чітко номінований на розподілену потужність міжсистемної мережі всіма відповідальними операторами систем передачі в країні походження, країні призначення та, якщо це доречно, кожній країні транзиту, а номінована потужність та виробництво електроенергії установкою стосуються одного й того ж періоду часу, який не повинен перевищувати одну годину;

- виконання вищезазначених критеріїв засвідчується акредитованим верифікатором, який повинен отримувати принаймні щомісяця проміжні звіти, що демонструють виконання цих критеріїв.

Вищезазначені умови стосуються також електроенергії, яка отримується від інших постачальників згідно з угодою про купівлю електроенергії.

Річний коефіцієнт викидів CO₂ для всіх технологій виробництва в даному році в третій країні, здатній експортувати електроенергію до ЄС $EF_{el,y}$ можна розраховувати за формулою:

$$EF_{el,y} = \frac{\sum EF_i \times E_{el,i,y}}{E_{el,y}}, \quad (39)$$

де i – індекс технології виробництва електроенергії;

y – індекс поточного року;

EF_i – коефіцієнт викидів CO₂ для i -ої технології спалювання викопного палива, т CO₂/кВт.год;

$E_{el,y}$ – загальне валове виробництво електроенергії для i -ої технології спалювання викопного палива для виробництва електроенергії в y -му році;

$E_{el,i,y}$ – річне валове виробництво електроенергії для i -ої технології спалювання викопного палива для виробництва електроенергії.

Для того, щоб відобразити вплив політики декарбонізації, наприклад збільшення електроенергії з використанням відновлюваних джерел енергії, а також кліматичні умови, такі як особливо холодні роки, на річне постачання електроенергії у відповідних країнах, декларант повинен розрахувати коефіцієнт викидів CO₂ на основі середньозваженого коефіцієнта викидів CO₂ за п'ятирічний період, що закінчується за два роки до звітності. Для цього декларант повинен розрахувати коефіцієнт викидів CO₂ як ковзне середнє за ці роки, починаючи з поточного року мінус два роки, на основі наступного рівняння:

$$EF_{el} = \sum_{y=6}^{y-2} \frac{EF_{el,i}}{5}, \quad (40)$$

де y – індекс року;

EF_{el} – коефіцієнт викидів CO₂, отриманий із ковзного середнього коефіцієнта викидів CO₂ за 5 попередніх років, починаючи з поточного року, від мінус 6 років до мінус двох років до поточного року;

$EF_{el,i}$ – коефіцієнт викидів CO₂ для кожного року.

Контрольні запитання до 4-го розділу

1. Які процеси, що споживають тепло, враховуються при визначенні вбудованих викидів товарів в ефективності опалювальної системи та у вбудованих викидів товарів?
2. Яким чином враховується повторне нагрівання середовища в процесі споживання тепла?
3. Яким чином враховується тепло, яке використовується для охолодження?
4. Напишіть формулу для розрахунку обсягів виміряного тепла при розрахунках на основі виміряної ефективності?
5. Напишіть формулу для розрахунку обсягів споживання палива за даними про кількість спожитого палива.
6. Напишіть формулу для розрахунку викидів, пов'язаних з виробництвом тепла та електроенергії, вироблених з використанням когенерації.
7. Яка величина коефіцієнта викидів від виробництва теплової енергії приймається у випадку недоступності даних, необхідних для його розрахунку?
8. Напишіть формулу для розрахунку вбудованих викидів, пов'язаних з виробництвом або споживанням електроенергії.
9. Напишіть формулу для розрахунку річного коефіцієнту викидів CO_2 для всіх технологій виробництва в даному році в третій країні, здатній експортувати електроенергію до ЄС.
10. Напишіть формулу для розрахунку коефіцієнта викидів CO_2 на основі середньозваженого коефіцієнта викидів CO_2 за п'ятирічний період.

РОЗДІЛ 5

ВБУДОВАНІ ВИКИДИ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ

5.1 Вбудовані викиди парникових газів цементу

5.1.1 Загальна інформація про виробництво цементу

Цемент – це гідравлічна в'язуча речовина, яка застигає при додаванні води і використовується в бетоні для зчеплення піску та гравію. Сировиною (прекурсорами) для виробництва цементу є суміш мінеральних речовин, що складається з оксиду кальцію, оксиду кремнію, оксиду алюмінію та оксиду заліза. Основний склад сировини – вапняк, крейда, мергель, глинистий сланець або глина.

Викиди парникових газів при виробництві цементу обумовлюються технологічним процесом виробництва цементу і виробництвом необхідної для цього кількості теплової та електричної енергії.

Основні хімічні процеси у виробництві цементу починаються з розчинення карбонату кальцію при температурі 900°C , в результаті чого утворюється оксид кальцію (CaO) і виділяється вуглекислий газ (CO_2). Далі йде процес виробництва клінкеру: при високих температурах (зазвичай $1400\text{--}1500^\circ\text{C}$) оксид кальцію реагує з діоксидом кремнію, оксидом алюмінію та оксидом заліза з утворенням силікатів, алюмінатів і феритів кальцію, з яких складається клінкер. Після цього клінкер швидко охолоджується.

Вуглекислий газ (CO_2) виділяється як побічний продукт реакції прожарювання карбонату. В технологічному процесі виробництва цементу відбуваються викиди CO_2 від кальцинації вапняку і доломіту при виробництві клінкеру, який є сировиною для виробництва цементу. Клінкер складається, в основному, з матеріалів, що містять кальцій і кремній з невеликою кількістю оксидів магнію, алюмінію та заліза.

Величина вбудованих викидів при виробництві цементу розраховується за формулами (1) і (2). В додатку В.9 [2] та розділі 7 [4]

наведено додаткові відомості щодо розрахунків вбудованих викидів. Так при розрахунках викидів враховуються викиди:

- вуглекислого газу (прямі) від процесу спалювання палива лише зі стаціонарних установок (виключаючи викиди від будь-яких мобільних установок, таких як транспортні засоби);
 - вуглекислого газу (прямі) від процесу, що виникають в результаті:
 - а) термічного розкладання карбоновмісної сировини (такої як вапняк, доломіт тощо);
 - б) від некарбонатного вуглецю в сировині (наприклад, вуглецева глина, вапняк, сланець);
 - в) від використання альтернативної сировини (наприклад, золи, що використовується в сировинному шроті), або з будь-яких використаних викопних і біомасових добавок;
 - г) утворення пилу від цементної печі або від байпасу;
 - д) прямі викиди вуглекислого газу, що виникають в результаті виробництва тепла (наприклад, пари) та охолодження, що споживається в межах системи у виробничому процесі, незалежно від місця виробництва тепла (тобто від виробництва на місці або від імпорту поза межами виробничої системи);
 - прямі викиди вуглекислого газу, що виникають в результаті контролю викидів (наприклад, від карбонатної сировини, такої як кальцинована сода, що використовується для кислотного очищення димових газів).
- Прямі викиди з різних вищезазначених джерел викидів не повідомляються окремо, а подаються разом, щоб отримати загальну суму прямих викидів для установки або виробничого процесу. Непрямі викиди від споживаної електроенергії повинні повідомлятися окремо від прямих викидів.
- Для визначення прямих викидів від виробництва цементного клінкеру також застосовуються додаткові правила для моніторингу технологічних викидів від компонентів сировинного борошна з застосуванням інформації про:
- вхідний технологічний матеріал (наприклад, вапняк) за даними про вміст карбонату у вхідному технологічному матеріалі з коригуванням на пил цементної печі (СКД) або пил байпасу, який виходить із системи печі;
 - вихідний технологічний матеріал, наприклад, кількість виробленого клінкеру.

Обидва методи вважаються еквівалентними, між якими оператор повинен вибрати метод, який призводить до отримання більш надійних даних, який більше підходить для вашого обладнання та дозволяє уникнути необґрунтованих витрат.

Коефіцієнт викидів визначається принаймні один раз на рік відповідно до положень розділу В.5.4. Додатка III [4] до лабораторних аналізів та формули:

$$EF_{CKD} = (d \times EF_{Cli} / (1 + EF_{Cli})) / \left(1 - \frac{d \times EF_{Cli}}{1 + EF_{Cli}} \right), \quad (41)$$

де EF_{CKD} – коефіцієнт викидів з врахуванням частково кальцинованого пилу цементної печі, т $\text{CO}_2/\text{т}$ клінкеру;

EF_{Cli} – коефіцієнт викидів клінкеру без врахування пилу, т $\text{CO}_2/\text{т}$ клінкеру;

d – ступінь кальцинації цементного пилу, в.о.

При застосуванні методу В дані про діяльність про виробництво клінкеру за звітний період можуть бути визначені:

- в результаті безпосереднього зважування клінкеру або
- на основі поставок цементу, за допомогою матеріального балансу з використанням наступного розрахунку коригування запасів:

$$Cli_{prod} = (Cem_{deliv} - Cem_{sv}) \times CCR - Cli_s + Cli_d - Cli_{sv}, \quad (42)$$

де Cli_{prod} – кількість виробленого клінкеру, т;

Cem_{deliv} – кількість поставок клінкеру, т;

Cem_{sv} – коливання запасів цементу, т;

CCR – вміст клінкеру в цементі, в.о.;

Cli_s – кількість поставленого клінкеру, т;

Cli_d – кількість відвантаженого клінкеру, т;

Cli_{sv} – зміна запасів клінкеру, т.

Величина CCR особливо актуальна для розрахунку викидів, що містяться в клінкері, для змішаних або композитних цементів, в яких вміст клінкеру може широко коливатися для різних типів композитного цементу, а решту складають інші компоненти (такі як мінеральні добавки) з нульовими викидами.

Визначаючи межі системи для виробничого процесу, оператору потрібно буде вирішити, які фізичні виробничі одиниці належать до виробничого(их) процесу(ів), а також які вхідні, вихідні дані та викиди є релевантними.

Для умовного цементного заводу, який виробляє та експортує цементний клінкер (CN 2523 10 00) та цемент (CN 2523 29 00), в рамках СВАМ оператору потрібно буде розділити цементний завод на окремі виробничі процеси. На першому кроці такого розділення необхідно перелічити всі товари, фізичні одиниці, вхідні дані, вихідні дані та викиди на вході і виході з установки.

На другому кроці необхідно визначити відповідні виробничі процеси та маршрути виробництва. При цьому кожна категорія товарів визначається як окремий виробничий процес. В більшості випадків це відносно просто. Наприклад, при виробництві цементного клінкеру визначаються:

- цементна піч з попередніми підігрівачами, попередньою кальцинацією, охолоджувачем клінкеру та допоміжне обладнання, таке як очищення димових газів;
- вхідні дані: паливо, електроенергія, сировина та альтернативна сировина для процесу;
- вихідні дані про товари: цементний клінкер, пічний пил (повторне введення його в процес виробництва клінкеру);
- інші дані: тепло, що експортується до мережі централізованого теплопостачання;
- прямі (спалювання та процес) та непрямі викиди (обсяги споживання електроенергії).

При виробництві цементу визначаються:

- подрібнювальна установка, сушарка прямого випалювання та пов'язане з нею допоміжне обладнання, наприклад, установка для фасування цементу;
- вхідні дані / вихідні потоки: цементний клінкер, електроенергія, паливо для сушарки, додаткові матеріали, що використовуються у виробництві цементу, такі як гіпс;
- вихідні дані: цемент.
- джерела викидів – прямі (від сушарки цементу) та непрямі (від споживання електроенергії), пов'язані з процесом подрібнення.

Використання схеми виробничої системи допомагає візуалізувати відповідні системні межі кожного виробничого процесу

та виробничого маршруту, а також відповідно розподілити вхідні дані, вихідні дані та викиди.

У випадку установки з виробництва цементу, як сама піч, так і система цементного помелу є відносно самостійними частинами установки без спільного обладнання. Єдиним елементом, який не широко зустрічається в цих системах, є рекуперація тепла з клінкерної печі для цілей централізованого теплопостачання. На практиці це не буде окремий виробничий процес, але при розрахунку віднесених викидів процесу виробництва клінкеру це тепло необхідно враховувати.

5.1.2 Приклад розрахунку вбудованих викидів

В [5] наведено приклад розрахунку питомих вбудованих викидів для товарів цементного сектору. В цьому прикладі установка виробляє два продукти – цементний клінкер та цемент, кожен з яких визначається як окремий виробничий процес, оскільки кожен є окремою категорією агрегованого товару СВАМ.

В першому випадку розглядається виробництво в цементній печі цементного клінкеру. Межі цього виробничого процесу були визначені як такі, що включають сировину (вапняк та інші корисні копалини), паливо (вугілля, важке мазутне паливо, фракції побутових відходів) та електроенергію. На виході процесу – цементний клінкер, який є прекурсором для виробничого процесу з виробництва цементу на цементному млині.

Системні межі цього виробничого процесу з виробництва цементу визначаються як такі, що включають гіпс (як сировину, що не має вбудованих викидів), прекурсор – цементний клінкер та електроенергію. Виходом процесу є цемент.

Прямі та непрямі викиди, що контролюються в цьому прикладі, є результатом:

- прямих викидів від спалювання палива – викопного палива та змішаного – викопного та біопалива, отриманого з побутових відходів (альтернативне паливо).
- прямих викидів від процесу – в результаті термічного розкладання карбонатів у сировинному шроті, який складається з вапняку та інших мінералів;

– непрямих викидів від електроенергії, що споживається спільним виробничим процесом.

В наступних таблицях підсумовано дані про паливо, електроенергію та сировину, які контролюються для визначення питомих вбудованих викидів. Розрахунок значень цих викидів виконується у два етапи. На першому визначаються питомі вбудовані викиди для відповідного цементного клінкеру-прекурсора, а на другому – для цементу, з врахуванням вбудованих викидів прекурсора та співвідношення обсягів виробництва клінкеру та цементу (CCR), а також будь-які додаткові викиди, що виникають під час процесу.

Необхідно мати на увазі, що цементний клінкер, вироблений установкою, може бути продано окремо від цементу. Тому вбудовані викиди, розраховані на кроці 1, також повинні бути повідомлені оператором покупцеві цементного клінкеру.

В табл. 5.1 наведено результати розрахунку прямих та непрямих вбудованих викидів, пов'язаних з виробництвом цементного клінкеру у звітному періоді.

Таблиця 5.1
Розрахунок вбудованих викидів при виробництві цементного клінкеру

Назва величини	Значення величин					
	Обсяги	Нижча теплотворна здатність, ГДж/т	Коефіцієнт викидів, т CO ₂ /т	Біомаса, %	Викиди, т CO ₂	Викиди від біомаси, т CO ₂
1	2	3	4	5	6	7
Прямі викиди						
Вбудовані викиди від технологічного процесу						
Сировинне борошно, т	1255 000		0,525		658 875	
Викиди від спалювання палива:						
– вугілля, т	88 000	25	95		209 000	
– побутові відходи, т	25 000	20	83	15	35 275	6225

Закінчення табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7
– мазут, т	43 000	40	78		134 160	
Всього прямі викиди, т					1 037 310	
Непрямі вбудовані викиди						
Споживання електроенергії, МВт.год	81575		0,833		67953	
Виробництво клінкеру, т	1 255 000					
Загальні вбудовані викиди						
Питомі прямі викиди при виробництві клінкеру, т CO ₂ /т					0,82654	
Питомі непрямі викиди при виробництві клінкеру, т CO ₂ /т					0,05415	

Коефіцієнт викидів, який використовується для сировинного борошна, є стандартним коефіцієнтом викидів, наведеним у розділі В.9.2.2 Додатка III [4], а прямі викиди, пов'язані з вмістом біомаси в побутових відходах, розраховуються окремо та віднімаються від загального обсягу прямих викидів. Це пояснюється тим, що біорозкладна фракція побутових відходів (вказана в табл. 5.1 як 15 %) розглядається як біомаса та фактично має нульову величину викидів.

В табл. 5.2 наведено розрахунки прямих і непрямих вбудованих викидів при виробництві цементу.

Таблиця 5.2
Розрахунок вбудованих викидів при виробництві цементу

Назва величини та одиниці вимірювання	Значення величин для викидів	
	прямих	непрямих
1	2	3
Питомі витрати електроенергії, МВт.год/т	–	0,085
Питомі викиди від виробництва електроенергії, т CO ₂ /МВт.год	–	0,833

Закінчення табл. 5.2

Питомі викиди від використання електроенергії, т CO ₂ /т		0,0708
Питомі вбудовані викиди при виробництві клінкеру, т CO ₂ /т	0,8265	0,0541
Вміст клінкеру в цементі, в.о.	0,95	0,95
Питомі вбудовані викиди від використання клінкеру, т CO ₂ /т	0,7852	0,0514
Питомі вбудовані викиди при виробництві цементу, т CO ₂ /т	0,7852	0,1222

Загальний обсяг вбудованих викидів, про який має повідомити уповноважений декларант при імпорті цементу до ЄС, наприклад, 100 тонн цементу будуть становити:

- прямі вбудовані викиди становлять $100 \text{ т} \times 0,7852 \text{ т CO}_2/\text{т} = 79 \text{ т CO}_2$;
- непрямі вбудовані викиди становлять $100 \text{ т} \times 0,1222 \text{ т CO}_2/\text{т} = 12 \text{ т CO}_2$.

Всього: $78,52 \text{ т CO}_2 + 12,22 \text{ т CO}_2 = 91 \text{ т CO}_2$.

5.2 Вбудовані викиди парникових газів добрив

5.2.1 Загальна інформація про виробництво добрив

До змішаних добрив відносяться всі види азотовмісних добрив, включаючи аміачну селітру, кальцієво-аміачну селітру, сульфат амонію, фосфати амонію, розчини сечовини аміачної селітри, а також азотно-фосфорні, азотно-калійні та азотно-фосфорно-калійні добрива [4].

При визначенні вбудованих викидів добрив до моніторингу включаються всі види операцій, такі як змішування, нейтралізація та гранулювання, незалежно від того, відбувається лише фізичне змішування чи хімічні реакції. Прекурсорами при виробництві змішаних добрив можуть бути:

- аміак (враховується як 100 % аміак);
- азотна кислота (враховується як 100 % азотна кислота);

- карбамід (сечовина);
- змішані добрива (зокрема солі, що містять амоній або нітрати);
- якщо до процесу додається водень з інших виробничих шляхів, його слід розглядати як прекурсор із власними викидами (розділ 3, п. 3.7.2.2 Додатка II [4]);

- викиди закису азоту з усіх джерел, що виділяють закис азоту в результаті виробничого процесу, включаючи нескорочені та скорочені викиди (розділ 3, п. 3.8.2 Додатка II [4]).

Сечовина використовується як прекурсор у виробництві змішаних добрив, але також може використовуватися як зручне добриво самостійно завдяки високому вмісту азоту.

До повідомлення про імпортовані добрива повинні включатися концентрація прекурсорів, а також вміст азоту в карбаміді.

Прямі та непрямі викиди від виробничих процесів, що підпадають під цю категорію агрегованих товарів, можуть бути визначені для всього звітного періоду та віднесені до всіх змішаних добрив пропорційно обсягам виробництва кінцевих продуктів. Для кожного виду добрива вбудовані викиди розраховуються окремо з врахуванням відповідної маси використаних прекурсорів із застосуванням середніх вбудованих викидів протягом звітного періоду для кожного з прекурсорів.

Незалежно від використання водного або безводного аміаку обсяги імпортування повинні повідомлятися разом як 100 % аміак, а при імпортуванні азотної кислоти – як 100 % азотну кислоту.

Якщо вуглекислий газ, який використовується у виробництві сечовини, походить від виробництва аміаку, він обліковується як віднімання від вбудованих викидів аміаку як прекурсора сечовини, якщо положення розділу 3.7 Додатка II [4] дозволяють таке вирахування. Однак, якщо аміак, вироблений без прямих викидів вуглекислого газу, використовується як прекурсор, використаний вуглекислий газ може бути вирахований з прямих викидів установи, що виробляє вуглекислий газ, за умови, що вуглекислий газ постійно хімічно зв'язаний, включаючи будь-яку звичайну діяльність, що відбувається після закінчення терміну служби продукту. Якщо таке відрахування призведе до від'ємних питомих прямих вбудованих викидів сечовини, питомі прямі вбудовані викиди сечовини приймаються рівними нулю.

Моніторинг викидів повинен охоплювати:

- викиди вуглекислого газу при спалюванні всіх видів палива (лише зі стаціонарних установок, виключаючи викиди від будь-яких мобільних установок, таких як транспортні засоби), а також прямо чи опосередковано пов'язаних із виробництвом аміаку, карбаміду та азотної кислоти, та матеріалів, що використовуються для очищення димових газів;
- якщо вуглекислий газ отримується з іншої установки як прекурсор, але не зв'язаний у карбаміді, він вважається викидом, якщо він ще не враховується як викид установки, де вуглекислий газ було вироблено, відповідно до прийнятного моніторингу, звітності та верифікації;
- викиди закису азоту з усіх джерел, що викидають його в процесі виробництва азотної кислоти, а також будь-які викиди закису азоту від спалювання;
- прямі викиди закису азоту (N_2O) від процесу, зокрема, викиди N_2O від каталітичного окислення аміаку та/або з установок очищення NO_x/N_2O (але не від спалювання);
- викиди вуглекислого газу (прямі), що виникають в результаті контролю викидів (наприклад, від карбонатної сировини, такої як кальцинована сода, що використовується для очищення димових газів кислотою).

Для моніторингу викидів N_2O обов'язковим є використання методики, що базується на вимірюваннях. Для CO_2 її слід використовувати лише за наявності доказів того, що вона призводить до отримання точніших даних, ніж методологія, що базується на розрахунках.

CO , що викидається в атмосферу, слід розглядати як молярний еквівалент кількості CO_2 .

Якщо в одній установці існує кілька джерел викидів, які неможливо виміряти як одне джерело викидів, оператор повинен виміряти викиди з цих джерел окремо та підсумувати результати, щоб отримати загальні викиди відповідного газу за звітний період.

Загальний обсяг викидів від джерела викидів за звітний період розраховується за формулою (23).

Кількість CO_2 , що походить з біомаси можна відняти від загального обсягу виміряних викидів CO_2 , за умови використання відповідних методів для розрахунку кількості викидів CO_2 з біомаси.

У випадку вимірювань N_2O , загальні річні викиди N_2O з усіх джерел викидів (крім викидів, що виникають внаслідок спалювання палива), виміряні в тоннах з точністю до трьох знаків після коми, повинні бути перераховані на еквівалент CO_2 з округленням до цілої величини.

Прямі викиди з різних вищезазначених джерел викидів не повідомляються окремо, а додаються разом, щоб отримати загальні прямі викиди для установки або виробничого процесу.

Непрямі викиди від споживаної електроенергії повинні повідомлятися окремо від прямих викидів.

Для установок, що виробляють різні марки змішаних добрив, викиди для прямих та непрямих викидів зазначаються окремо від вбудованих викидів прекурсорів, спожитих у виробничому процесі.

Прямі та непрямі викиди:

- Розраховуються за весь звітний період.
- Відносяться до кожного сорту добрив пропорційно обсягам виробництва кінцевого продукту.

Вбудовані викиди розраховуються окремо для кожного сорту добрив з урахуванням відповідної маси кожного прекурсора. Для кожного прекурсора вбудовані викиди є середнім значенням для цього прекурсора за звітний період.

Якщо установка споживає тепло, що виробляється/відновлюється в результаті екзотермічного хімічного процесу, відмінного від горіння (наприклад, при виробництві аміаку або азотної кислоти), кількість спожитого рекуперованого тепла визначається окремо від іншого вимірюваного тепла та їй призначаються нульові викиди CO_2 .

Якщо електроенергія виробляється в процесах без горіння (наприклад, в турбінах при виробництві аміаку), коефіцієнт викидів цієї електроенергії вважається нульовим.

Якщо CO_2 від виробництва аміаку уловлюється та передається до геологічного місця зберігання CO_2 , пов'язані з цим викиди можуть бути відрховані, за умови, що приймаюча установка здійснює моніторинг за системою СВАМ або еквівалентною системою моніторингу, звітності і верифікації. Також вуглекислий газ, який використовується як сировина (вхідний матеріал для процесу) у виробництві продуктів, де вуглекислий газ постійно хімічно зв'язаний, може бути вирахований з прямих вбудованих викидах прекурсорів аміаку. Однак сечовина

не кваліфікується як такий продукт, оскільки передбачається, що під час її використання як добрива, CO_2 з неї виділяється в повітря.

В табл. 5.3 наведено додаткову інформацію, яку оператор повинен надавати імпортерам у повідомленні про викиди.

Таблиця 5.3

**Додаткові дані, які надаються оператором імпортеру добрив
у кварталному звіті СВАМ**

Назва продукції	Вимоги щодо звітності
Аміак	Концентрація (якщо аміак – у водному розчині)
Азотна кислота	Концентрація
Карбамід	Чистота (відсотки вмісту сечовини і вмісту азоту)
Змішані добрива	- Вміст азоту як амонію (NH_4^+). - Вміст азоту як нітрату (NO_3^-). - Вміст азоту як сечовини. - Вміст азоту в інших (органічних) формах

Прямі та непрямі викиди виробничих процесів, що належать до цих змішаних добрив, можуть бути визначені за весь звітний період та віднесені до всіх змішаних добрив на пропорційній основі на тонну кінцевого продукту. Для кожного сорту добрив вбудовані викиди розраховуються окремо з урахуванням відповідної маси використаних прекурсорів та застосуванням середніх вбудованих викидів протягом звітного періоду для кожного з прекурсорів.

5.2.2 Приклад розрахунку вбудованих викидів добрив

В [5] наведено приклади розрахунку питомих вбудованих викидів для змішаного добрива NPK 15-15-15, отриманого шляхом змішування та гранулювання. Вхідними матеріалами у виробничий процес є сировина, прекурсори (сечовина і аміак), а також електрична енергія. На виході – змішані добрива. Прямі та непрямі викиди, які відстежуються в цьому прикладі, є результатом:

- надходження прекурсорів (прямі викиди);
- використання електроенергії (непрямі викиди).

В одному процесі виробництва змішаних добрив можуть вироблятися різні види добрив з використанням різних прекурсорів. Тому

питомі вбудовані викиди для кожного виду добрива необхідно визначати окремо для різних марок добрив, які також можуть вироблятися на тій самій установці протягом всього звітного періоду. В табл. 5.4 наведено первинні дані і результати розрахунку вбудованих викидів при виробництві змішаного добрива NPK 15-15-15. Як зазначалося, прекурсорами в даному випадку є аміак і сечовина. З метою визначення загальних вбудованих викидів при виробництві змішаних добрив, кількість кожного прекурсора, який використовується на тонну змішаного добрива, помножується на його частку в добривах. Наприклад, для карбаміду загальна вхідна маса прекурсора на тонну продукції становить 160 кг, і розрахунки його вбудованих викидів становлять:

– питомі прямі вбудовані викиди карбаміду: $0,160 \text{ т/т} \times 0,719 \text{ т } \text{CO}_2/\text{т} = 0,115 \text{ т } \text{CO}_2/\text{т}$ змішаних добрив;

– питомі непрямі вбудовані викиди карбаміду: $0,160 \text{ т/т} \times 0,178 \text{ т } \text{CO}_2/\text{т} = 0,028 \text{ т } \text{CO}_2/\text{т}$ змішаних добрив.

Таблиця 5.4

**Розрахунок питомих вбудованих викидів
при виробництві змішаного добрива NPK 15-15-15**

Вхідні речовини	Маса	Вбудовані викиди прекурсорів, т $\text{CO}_2/\text{т}$		Вбудовані викиди, т $\text{CO}_2/\text{т}$	
	кг/т	прямі	непрямі	прямі	непрямі
Хлорид калія	251,3	НД*	НД	НД	НД
Стенструпін (17% P_2O_5)	200	НД	НД	НД	НД
Фосфорна кислота (40% P_2O_5)	300	НД	НД	НД	НД
Сірчана кислота (96% ваг. %)	116	НД	НД	НД	НД
Аміак	93	1,9	0,208	0,177	0,019
Карбамід	160	0,719	0,178	0,115	0,028
Енергетична потреба для грануляції (середнє значення за звітний період)				0,018	0,006
Питомі вбудовані викиди				0,31	0,054

Примітка: *НД – немає даних.

Прямі та непрямі викиди, що виникають у процесі виробництва змішування та гранулювання також повинні бути включені, так як це зроблено в табл. 5.4. Інші хімічні речовини (хлорид калію, стенострупін, фосфорна та сірчана кислоти) не мають вбудованих викидів, і їх не потрібно брати до уваги. Використовуючи наведений вище підхід, можна виконати зобов'язання звітності СВАМ для імпорту змішаних добрив протягом перехідного періоду. Наприклад, при імпорті 100 тонн змішаних добрив NPK 15-15-15:

– прямі вбудовані викиди становлять $100 \text{ т} \times 0,310 \text{ т CO}_2 / \text{т} = 31 \text{ т CO}_2$;

– непрямі вбудовані викиди становлять $100 \text{ т} \times 0,054 \text{ т CO}_2 / \text{т} = 5 \text{ т CO}_2$.

Всього: $31 \text{ т CO}_2 + 5,4 \text{ т CO}_2 = 36 \text{ т CO}_2$.

5.3 Вбудовані викиди парникових газів чавуну і сталі

5.3.1 Загальна інформація про виробництво чавуну і сталі

При виробництві чавуну і сталі найбільші викиди відбуваються під час виробництва чавуну, який виробляється шляхом відновлення залізняку в доменних печах. Основним прекурсором при виробництві чавуну є кокс, який використовується і як паливо, і як відновник. Прекурсорами при виробництві сталі є чавун, агломерат і окатиші, феросплави (феросиліцій, феромарганець, феронікель і ферохром), карбонатні матеріали, природний газ і металобрухт.

Згідно з [4], при визначенні прямих вбудованих викидів чавуну і сталі моніторинг викидів повинен охоплювати:

– викиди вуглекислого газу від процесу спалювання палива в стаціонарних установках, включно з газами, які утворюються в технологічному процесі, такими як доменний та інші газы;

– викиди вуглекислого газу від процесу, що виникають в результаті відновлення чавуну та сталі відновлювальними агентами, такими як кокс або природний газ, від термічного розкладання карбонатної сировини, від вмісту вуглецю в брухті або у сплавах, графіті або інших вуглецевмісних матеріалах, що надходять у процес;

– викиди вуглекислого газу, що виникають в результаті виробництва тепла (наприклад, пари) та охолодження, що споживається в межах системи виробничого процесу, незалежно від місця виробництва тепла (тобто від виробництва на місці або від імпорту з-поза межами установки);

– викиди вуглекислого газу, що виникають в результаті контролю викидів (наприклад, від карбонатної сировини, такої як кальцинована сода, що використовується для кислотного очищення димових газів).

Прямі викиди з різних вищезазначених потоків джерел не повідомляються окремо, а додаються разом, щоб отримати загальні прямі викиди для установки або виробничого процесу.

При визначенні загальних прямих викидів вуглець, що залишається в агрегованих виробках з чавуну і сталі, таких як чавун, сталь, сталеві сплави або в шлаках чи відходах, також враховується, використовуючи метод масового балансу.

У агломерованої руди прекурсори відсутні, а прямий моніторинг викидів повинен охоплювати:

– CO_2 з технологічних матеріалів, таких як вапняк та інші карбонати або карбонатні руди;

– CO_2 з усіх видів палива, включаючи кокс, відхідні газы, такі як коксовий газ, доменний газ або конвертерний газ; прямо чи опосередковано пов'язані з виробничим процесом, та матеріали, що використовуються для очищення димових газів.

Моніторинг феросплавів охоплює продукцію з кодами CN 7202 1, 7202 4 та 7202 6. Нікелевий чавун враховується, якщо вміст нікелю перевищує 10%.

Якщо відхідні газы або інші димові газы викидаються без зменшення викидів, то монооксид вуглецю (CO), що міститься у відхідному газі, враховується за його молярним еквівалентом викидів CO_2 . При цьому моніторинг викидів феросплавів має охоплювати викиди CO_2 :

– спричинені використанням палива, незалежно від того, чи використовується воно для енергетичних чи неенергетичних цілей;

– від технологічних матеріалів, таких як вапняк, та від очищення димових газів;

– від використання електродів або електродних паст;

– від вуглецю, що залишається в продукті, шлаках чи відходах (враховується за допомогою методу балансу мас);

– від агломерованих руд як прекурсорів.

Чавун включає в себе нелегований чавун з доменних печей, а також чавуни, що містять сплави, незалежно від фізичної форми (наприклад, злитки, гранули). На інтегрованих сталеливарних заводах рідкий чавун, що безпосередньо завантажується в кисневий конвертер, є продуктом, який відокремлює процес виробництва чавуну від процесу виробництва сталі. Якщо установка не продає і не передає чавун іншим установкам, немає потреби окремо контролювати викиди від виробництва чавуну.

При виробництві чавуну і сталі прямого відновлення (якщо виробник продає її окремо) моніторинг викидів має охоплювати викиди:

- CO_2 з палива та відновлювальних агентів, таких як кокс, коксовий пил, вугілля, мазут, пластикові відходи, природний газ, деревні відходи, деревне вугілля, а також з відхідних газів, таких як коксовий газ, доменний газ або конвертерний газ;
- CO_2 з технологічних матеріалів, таких як вапняк, магнезит та інші карбонати, вуглекислих руд;
- матеріалів для очищення димових газів;
- вуглецю, що залишається в продукті, шлаках чи відходах (враховується за допомогою методу балансу мас).

Прекурсорами при виробництві чавуну і сталі прямого відновлення можуть бути:

- агломерована руда;
- чавун прямого відновлення з інших установок чи технологічних процесів;
- феросплави;
- водень (якщо використовується).

Якщо виробник не продає залізо прямого відновлення окремо, потреби від окремого моніторингу його виробництва немає.

При виробництві сталі межі виробничої системи повинні охоплювати всі необхідні види діяльності:

- якщо процес починається з рідкого чавуну, межі системи повинні включати базову киснево-конвертерну піч, вакуумну дегазацію, вторинну металургію, аргано-кисневе зневуглецювання / вакуумно-кисневе зневуглецювання, безперервне лиття або лиття злитків, де це доречно, гарячу прокатку або кування, а також усі необхідні допоміжні операції, такі як переміщення, повторний нагрів та очищення димових газів;
- якщо в процесі використовується електродугова піч, межі системи повинні включати всі відповідні види діяльності та агрегати, такі

як сама електродугова піч, вторинна металургія, вакуумна дегазація, аргано-кисневе зневуглецювання / вакуумно-кисневе зневуглецювання, безперервне лиття або лиття злитків, де це доречно, гаряча прокатка або кування, а також усі необхідні допоміжні види діяльності, такі як переміщення, нагрівання сировини та обладнання, повторне нагрівання та очищення димових газів.

При виробництві сталі моніторинг викидів має охоплювати викиди:

- CO_2 з палива, такого як вугілля, природний газ, мазут, відхідні гази, такі як доменний, коксовий або конвертерний газ тощо;
- CO_2 з технологічних матеріалів, таких як вапняк, магнезит та інші карбонати, вуглекислих руд; матеріалів для очищення димових газів;
- CO_2 від споживання електродів та електродних паст (у випадку виробництва сталі в електродугових печах);
- вуглецю, що надходить у процес у складі брухту, сплавів, графіту тощо, та вуглецю, що залишається в продукті, шлаках чи відходах (з використанням методу балансу мас).

Прекурсорами при виробництві сталі можуть бути:

- чавун і сталь прямого відновлення;
- феросплави;
- сталь з інших установок або виробничих процесів (якщо вона використовується в процесі).

Для виробів з чавуну і сталі межі виробничої системи повинні охоплювати:

- всі етапи інтегрованого сталеливарного заводу, від виробництва чавуну, сталі, напівфабрикатів, а також готової продукції за кодами CN, переліченими у розділі 2 Додатка II [4];
- виробництво сталі, напівфабрикатів та готової сталевих продукції за кодами CN;
- виробництво кінцевої продукції за кодами CN, починаючи з сталі, напівфабрикатів або іншої кінцевої продукції, яка була отримана з інших установок або вироблена на тій самій установці, але в рамках окремого виробничого процесу.

Для продуктів, що містять понад 5 % маси інших матеріалів, наприклад, ізоляційних матеріалів за кодом CN 7309 00 30, як масу вироблених товарів слід повідомляти лише масу чавуну або сталі.

Для виробів з чавуну і сталі моніторинг викидів повинен охоплювати всі викиди CO_2 від спалювання палива та технологічні викиди

від очищення димових газів, пов'язані з виробничими процесами, що застосовуються на установці, включаючи (але не обмежуючись): повторне нагрівання, переплавлення, лиття, гарячу прокатку, холодну прокатку, кування, травлення, відпущення, гальванічні покриття, покриття, цинкування, волочіння дроту, різання, зварювання та оздоблення виробів із чавуну або сталі.

Прекурсорами для виробів з чавуну і сталі можуть бути:

- сталь;
- чавун і залізо прямого відновлення;
- феросплави;
- вироби з чавуну і сталі.

5.3.2 Приклади розрахунку вбудованих викидів чавуну і сталі

В [5] наведено приклади розрахунку питомих вбудованих викидів для товарів чорної та сталеливарної промисловості, вироблених у доменних та киснево-конвертерних печах, які потім використовуються для звітності до ЄС. В цих прикладах в інтегрованому виробництві сталі установка виробляє п'ять продуктів, кожен з яких визначається як окремий виробничий процес, оскільки кожен є окремою категорією агрегованого товару СВАМ.

В першому прикладі виробничі процеси згруповані за категоріями: «Агломераційний цех», «Доменна піч», «LD-конвертер» та підкатегоріями формування: «Холодна прокатка», «Гаряча прокатка», «Рейковий стан» та «Електростанція». В таблицях надаються вхідні і вихідні дані для кожного виробничого процесу.

В першому виробничому процесі на агломераційному заводі виробляється агломерат (категорія агрегованих товарів – «агломерована руда»). Системні межі цього виробничого процесу були визначені як такі, що включають сировину (залізну руду), паливо (коковий дріб'язок) та електричну енергію.

Агломерована руда, отримана в результаті першого процесу, є прекурсором для другого виробничого процесу, в якому в доменній печі виробляється чавун. Системні межі другого виробничого процесу були визначені як такі, що включають сировину, вапно, кокс (які не мають вбудованих викидів), агломеровану руду як прекурсор (яка має

вбудовані викиди), паливо і відновлювачі, включаючи кокс та пластмасові відходи з домогосподарств (тобто фракцію змішаних відходів, що містить певну біомасу), а також електричну енергію.

Вихід чавуну з другого процесу є прекурсором для третього виробничого процесу, в якому в киснево-конвертерній печі виробляється сталь. Системні межі цього виробничого процесу були визначені як такі, що включають вхідні сировинні матеріали, вапно та сталевий брухт (які не мають вбудованих викидів), прекурсор чавун (який має вбудовані викиди), паливо (природний газ) і електроенергію.

Вихід сталі з третього процесу є прекурсором для четвертого виробничого процесу, в якому вироби з заліза або сталі виробляються з використанням різних процесів формування: гарячої та холодної прокатки та виробництва базових продуктів, таких як прутки, рейки та інший прокат. Системні межі цього виробничого процесу були визначені як такі, що включають вхідні сировинні матеріали: сталь (яка має вбудовані викиди), паливо (природний газ) та електроенергію. Вихідні матеріали з цього виробничого процесу належать до однієї агрегованої категорії товарів – «Вироби з чорних металів» (складні товари, вироблені з різних прекурсорів).

В п'ятому виробничому процесі виробляється електроенергія, шляхом спалювання відхідного газу доменної печі (другий виробничий процес). Доменний газ переводиться з другого виробничого процесу до п'ятого виробничого процесу, а енергія рекуперується шляхом виробництва електроенергії для використання в попередніх виробничих процесах.

Прямі викиди виникають внаслідок спалювання палива (кокового дріб'язку, пластикових відходів, природного газу та відпрацьованого, доменного, газу, що використовується для виробництва електроенергії, а також від технологічних викидів від коксу як відновника та термічного розкладання карбоновмісних матеріалів (таких як вапно) та від викидів вуглецю, що міститься в чавуні і сталі.

Непрямі викиди виникають при використанні електроенергії, потоки якої необхідно відслідковувати. В цьому прикладі припускається, що вироблена електроенергія на 100 % споживається всередині установки, але не покриває повного попиту на електроенергію установки. Тому для розрахунку непрямих викидів

необхідно розрахувати середньозважене значення коефіцієнта викидів для електроенергії, виробленої власними силами, та електроенергії з мережі.

Протягом перехідного періоду, враховуючи складність виробничих процесів у чорній металургії, установкам, що виробляють дві або більше категорії агрегованих товарів цього сектору (тобто спечену руду, чавун, вугілля, сталь та вироби чорної металургії), дозволяється здійснювати моніторинг та звітувати про вбудовані викиди, визначаючи один спільний виробничий процес (так звану «бульбашку») для всіх охоплених категорій агрегованих товарів чорної металургії, за умови, що вироблені прекурсори повністю використовуються для виготовлення готової продукції.

Моніторинг викидів охоплює кількісні і якісні аспекти виробництва – обсяги виробництва і розрахункові коефіцієнти. Однак, застосовуючи бульбашковий підхід, проміжні продукти (прекурсори), в даному випадку це – агломерована руда, чавун та сталь, контролювати не потрібно. Крім того, кількість електроенергії та палива, які використовуються в більш ніж одному виробничому процесі, не потрібно розділяти за рівнями використання у різних виробничих процесах. Для отримання повного балансу вуглецю у матеріальних потоках, що надходить та виходить з установки використовується метод масового балансу. При застосування такого методу кількість CO₂ в кожному вихідному потоці розраховується на основі вмісту вуглецю в кожному матеріалі, без розрізнення палива та технологічних матеріалів.

В табл. 5.5 наведено первинні дані і результати розрахунків вбудованих викидів при виробництві чавуну і вуглецевої сталі. При розрахунках обсяги невикинутого вуглецю, який залишає установку у продуктах та відходах, вираховуються шляхом визначення вихідних потоків вуглецю, які мають від’ємні дані про діяльність (в табл. 5.5 виділені курсивом).

Обсяги викидів в табл. 5.5 розраховуються за формулою (19). Викиди від біомаси у змішаних пластикових відходах мають нульові викиди, тому в загальних викидах вони не враховуються. Після розрахунку загальних прямих викидів від вхідних потоків, розраховуються обсяги викидів у вихідних потоках.

Таблиця 5.5

Розрахунок вбудованих викидів при виробництві чавуну і сталі

Назва матеріалів	Кількість, т	Вміст вуглецю, %	Вміст біопалива, %	Викиди, т CO ₂	Вміст біопалива, т CO ₂
Вхідні потоки					
Коксовий дріб’язок	50000	88		161216	
Залізна руда	5600000	0,023		4719,23	
Кокс	2200000	88		7093504	
Пластикові відходи	70000	68,4	16	147363,15	28069,17
Металобрухт (зовнішній)	800000	0,21		6155,52	
Металобрухт (внутрішній)	200000	0,18		1319,04	
Кальцинована сода	280000	0,273		2800,76	
Природний газ	170000	75		467160	
Інше	40000	10		14656	
Всього				7898893,70	
Вихідні потоки					
Вуглець у сталі	-4800000	0,18		-31657,0	
Вуглець у шлаках	-1000000	0,03		-1099,2	
Всього невикинутого вуглецю				-32756,2	
Всього прями викиди				7866137,5	

В табл. 5.6 наведено результати розрахунку непрямих вбудованих викидів при виробництві чавуну і сталі в даному прикладі від використання електроенергії, виробленої з використанням різних видів палива. В цьому прикладі були зроблені наступні припущення:

– виміряні річні обсяги споживання електроенергії становлять 1658844 МВт·год;

- власне виробництво електроенергії (з доменного газу) покриває 75 % споживання, решта електроенергії постачається з енергосистеми;
- 50 % електроенергії, яка споживається з енергосистеми, виробляється з використанням вугілля, 30 % – природного газу, а решта – з відновлюваних джерела енергії);
- коефіцієнти викидів при спалюванні палива для виробництва електроенергії наведено в табл. 5.6.

Таблиця 5.6

Розрахунок непрямих вбудованих викидів при виробництві чавуну і сталі

Вид палива	Частка в загальному виробництві, %	Обсяги виробництва електроенергії, МВт·год	Коефіцієнт викидів, т CO ₂ /МВт·год	Викиди, т CO ₂
Вугілля	0,125	207355,5	1,00	207355,50
Природний газ	0,075	124413,3	0,56	69422,62
Біопаливо	0,05	82942,2	0	0
Всього паливо з енергосистеми	0,25	414711	0,67	276778,12
Доменний газ	0,75	1244133	0,84*	1040818,91
Всього		1658844	0,794	1317597,03

Примітка *) З урахуванням коригуючого коефіцієнта 0,667.

Обсяги викидів від використання електроенергії в табл. 5.6 визначались за формулою (15). Загальні річні непрямі викиди установки становлять 1317597 т CO₂. При цьому середньозважений коефіцієнт викидів спожитої електроенергії на установці становить 0,794 т CO₂ / МВт·год.

Для уникнення подвійного врахування викидів від доменного газу, який використовується для виробництва електроенергії, необхідно зробити відрахування від прямих викидів. Дані про діяльність для відпрацьованого газу розраховуються на основі виробленої електроенергії з використанням інформації про споживання доменного газу для виробництва електроенергії. При цьому робляться наступні припущення:

- ККД установки з виробництва електроенергії з використанням доменного газу становить 35 %;
- доменний газ заміщує природний газ (при виробництві електроенергії);
- коефіцієнт викидів при спалюванні природного газу при виробництві електроенергії становить 55,77 т CO₂ /ТДж (з національного звіту про кадастр парникових газів [12]);
- коригуючий коефіцієнт, який враховує різницю в ефективності між використанням відхідного газу та використанням еталонного природного палива (в даному випадку, природного газу) приймається рівним 0,667 (з Розділу 6.2.2.2 [4]).

В табл. 5.7 наведено розрахунок скорочення викидів парникових газів від використання доменного газу при виробництві електроенергії.

Таблиця 5.7

Скорочення викидів за рахунок використання доменного газу при виробництві чавуну і сталі

Назва величини	Одиниця виміру	Значення величини
Обсяги виробництва електроенергії з доменного газу	МВт·год	1244133
Коефіцієнт корисної дії установки	%	35
Обсяги палива для виробництва електроенергії	МВт·год	3554665,71
Коефіцієнт перерахунку	ТДж/МВт·год	0,0036
Обсяги енергії з доменного газу для виробництва електроенергії	ТДж	12796,80
Коефіцієнт викидів при спалюванні природного газу	т CO ₂ /ТДж	55,77
Скорочення викидів	т CO ₂	713677,34
Непрямі викиди без врахування скорочення викидів	т CO ₂	1317597,03
Непрямі викиди з врахуванням скорочення викидів	т CO ₂	603919,69

В табл. 5.8 наведено дані про обсяги річного виробництва продукції установкою з виробництва чавуну і сталі.

Таблиця 5.8

Річні обсяги виробництва продукції

Назва продукції	Обсяги виробництва, т
Прекурсори	
Чавун	4000000
Сталь	5000000
Вироби з чавуну і сталі	
Сляби	3500000
Блюми	800000
Рейки	50000
Загальні обсяги продукції	4800000
Внутрішній металобрухт	200000

В Табл. 5.9 наведено дані про річні викиди при виробництві продукції з чавуну і сталі.

Таблиця 5.9

Річні обсяги викидів при виробництві продукції з чавуну і сталі

Назва продукції	Одиниця виміру	Значення величини
Загальні обсяги продукції (табл. 5.8)	т	4800000
Загальні прямі викиди (табл. 5.5)	т CO ₂	7866137,5
Загальні непрямі викиди (табл. 5.7)	т CO ₂	603919,69
Питомі прямі вбудовані викиди	т CO ₂ /т	1,639
Питомі непрямі вбудовані викиди	т CO ₂ /т	0,126
Загальні питомі вбудовані викиди	т CO ₂ /т	1,765

Наостанку визначимо зобов'язання щодо звітності СВАМ щодо цих виробів із заліза або сталі до ЄС. Наприклад, для імпорту 10 000 тонн виробів із заліза або сталі, наприклад, рейок викиди складатимуть:

- прямі вбудовані викиди = $10000 \text{ т} \times 1,639 \text{ т CO}_2 / \text{т} = 16390 \text{ т CO}_2$;
 - непрямі вбудовані викиди = $10000 \text{ т} \times 0,126 \text{ т CO}_2 / \text{т} = 1260 \text{ т CO}_2$.
- Всього: $16390 \text{ т CO}_2 + 1260 \text{ т CO}_2 = 17646 \text{ т CO}_2$.

В другому прикладі показано, як визначаються питомі вбудовані викиди для металовиробів з високолегованої сталі, виробленої при виробництві сталі в електродуговій печі.

У цьому прикладі для маршруту виробництва сталі в електродуговій печі (ЕДП) установка виробляє продукцію, що належать до двох

агрегованих категорій товарів, кожна з яких визначена як окремий виробничий процес. В прикладі розглянуті наступні виробничі процеси:

- «Виробництво сталі в EAF та AOD»;
- «Різання та зварювання»;
- «Гаряча прокатка в листи, в прутки»;
- «Відпускання».

Оскільки металовироби виробляються з високолегованої сталі, їхні вбудовані викиди визначаються для кожного виробничого процесу, не лише за кодами CN, але й для різних марок сплавів. Для спрощення звітності за СВАМ у перехідний період правила моніторингу припускають, що всі різні сплави в межах однієї агрегованої категорії товарів протягом усього звітного періоду вважаються такими, що мають однакові вбудовані викиди, тобто використовується середньозважене значення марок сплавів. Однак, марка сплаву (яка визначається вмістом легуючих елементів – хрому, марганцю, нікелю і вуглецю) має бути зазначена як додаткова інформація. Тому імпортер повинен буде окремо повідомляти як код CN, так і марку сплаву.

У першому виробничому процесі розглядається виробництво сталі в ЕДП і далі виробництво слябів різних марок сплавів. Системні межі цього виробничого процесу включають сталевий брухт з другого виробничого процесу (сталь, що відрізається під час виробництва труб), а також прекурсори – сталь та сплави, паливо (природний газ), графітові електроди та інші добавки, а також електричну енергію. Сталь, яка є результатом цього процесу, продається і є відповідним прекурсором для другого виробничого процесу. Через те, що частина виробленої сталі продається (до того, як вона потрапить у другий виробничий процес, де буде використана як прекурсор), бульбашковий підхід в цьому прикладі не застосовується.

Другий виробничий процес включає виробництво з сталі і сплавів різних марок з використанням різних процесів формування для виробництва труб (з використанням різання, прокатки та зварювання), прутків (з використанням гарячої прокатки та відпусканням), а також сталеві листи. Системні межі цього виробничого процесу включають виробництво сталі (яка має вбудовані викиди), паливо (природний газ) та електричну енергію. На виході з цього виробничого процесу одержують готові вироби з сталі, які продаються.

Прямі викиди виникають внаслідок спалювання палива (природного газу) та внаслідок технологічних викидів від графітових електродів, інших добавок та викидів вуглецю, що міститься в різних матеріалах. Оскільки бульбашковий підхід в даному прикладі не використовується, питомі вбудовані викиди повинні визначатися окремо для кожного виробничого процесу. В табл. 5.10 підсумовано дані про річні обсяги виробництва в двох виробничих процесах.

Таблиця 5.10

Первинні дані і результати розрахунку прямих і непрямих питомих вбудованих викидів при виробництві металовиробів з високолегованої сталі, виробленої при виробництві сталі в електродуговій печі протягом року

Назва матеріалів	Обсяги використання, т	Вміст вуглецю, %	Коефіцієнт викидів, т CO ₂ /т; т CO ₂ /МВт.год	Нижча теплотворна здатність, ГДж/т	Викиди, т CO ₂
Сталевий лом	1 345 000	0,08			3942,46
Природний газ	163 806		56,1	48	441096,8
Графітові електроди	4 468	81,90			13407,65
Присадки	89 360		0,45		40212
FeNi (28% Ni)	346 773	1,50			19058,64
FeCr (52% Cr)	331 213	5			63105,35
FeMn (31% Mn)	60 595	2,80			6216,56
Всього					587039,46
Вуглець на виході					
Сталь	2 140 000	0,18			-14113,7
Шлак	107 232	0,03			-117,87
Всього прямі викиди					572807,87
Непрямі викиди					
Використання електроенергії, МВт.год	1 888 460		0,833		1573087,2

Як і в першому прикладі для отримання повного балансу кількості вуглецю, що надходить та виходить з установки застосовується метод балансу мас. При застосуванні цього методу кількість CO₂, яка відноситься до кожного вихідного потоку, розраховується на основі вмісту вуглецю в кожному матеріалі, без розрізнення палива та технологічних матеріалів. Вміст вуглецю в різних вхідних та вихідних потоках в табл. 5.10 перераховується в одиниці CO₂, а невикинутий вуглець, який виходить з установки, враховується зі знаком «мінус».

Сталевому брухту з другого виробничого процесу, який виробляється в першому виробничому процесі, вбудовані викиди не приписуються. В табл. 5.11 надано обсяги виробництва і викиди від використання природного газу та електроенергії при виробництві продукції. Дані про обсяги використання енергії та відповідні викиди розраховуються з використанням значень питомого споживання енергії для прутків, листів та труб.

Таблиця 5.11

Первинні дані і результати розрахунку прямих і непрямих вбудованих викидів у видах продукції

Назва продукції	Обсяги виробництва, т	Питоме використання		Викиди від використання, т CO ₂	
		природного газу, ГДж/т	електроенергії, кВт·год/т	природного газу	електроенергії
1	2	3	4	5	6
Коефіцієнти викидів при використанні природного газу (т CO ₂ /ТДж) і електроенергії (т CO ₂ /МВт.год)				55,77	0,833
Перший виробничий процес					
Сляби	2 234 000	0,31	700,00	38622,96	1302645,40
Другий виробничий процес					
Сляби на продаж	1 007 000				
Сляби для власного виробництва	1 220 000				

Закінчення табл. 5.11

1	2	3	4	5	6
Зливи на продаж	456 000	5,40	180,00	137328,05	68372,64
Прокат	771 000	4,45	220,00	191344,08	141293,46
Прокат на продаж	221 000				
Прокат для виробництва труб	550 000				
Труби	456 000	2,80	160,00	71207,14	60775,68
Лом (внутрішній)	94 000				
Всього в другому виробничому процесі, т CO ₂				399879,27	270441,78
Всього в двох процесах, т CO ₂				438502,22	1573087,18
Питомі вбудовані викиди, т CO ₂ /т				0,1963	0,7042

В таблиці 5.12 наведено первинні дані та результати розрахунків прямих і непрямих питомих вбудованих викидів від використання прекурсорів для виробництва слябів.

Таблиця 5.12

Розрахунок прямих і непрямих питомих вбудованих викидів від використання прекурсорів для виробництва слябів

Назва величини	Питомі прями вбудовані викиди, т CO ₂ /т	Питомі витрати електроенергії, МВт.год/т	Питомі непрямі вбудовані викиди, т CO ₂ /т	Обсяги використання і виробництва, т	Прямі вбудовані викиди, т CO ₂	Непрямі вбудовані викиди, т CO ₂
1	2	3	4	5	6	7
Сталь	1,48	0,245	0,204	80540	119199,2	16430,16
FeNi (28% Ni)	3,00	3,001	2,500	346773	1040319,0	866932,50
FeCr (52% Cr)	2,50	2,821	2,350	331213	828032,50	778350,55

Закінчення табл. 5.12

1	2	3	4	5	6	7
FeMn (31% Mn)	1,30	2,281	1,900	60595	78773,50	115130,50
Всього					2066324,2	1776843,71
Виробництво слябів, т	2234000					
Питомі вбудовані викиди					0,925	0,795

В табл. 5.13 і 5.14 наведено первинні дані і результати розрахунків вбудованих викидів при виробництві прутків, листів та труб із слябів.

Таблиця 5.13

Обсяги використання слябів для виробництва прутків, листів та труб

Назва продукції	Обсяги виробництва / використання, т
Прутки	456000
Листи	221000
Труби	456000
Всього	1133000
Коефіцієнт використання слябів	1,083
Використання слябів (табл. 5.11)	1227000

Таблиця 5.14

Розрахунок вбудованих викидів при виробництві прутків, листів та труб

Назва величини	Значення величини	Питомі вбудовані викиди, т CO ₂ /т		
		прямі	непрямі	загальні
Використання слябів, т	1227000			
Питомі вбудовані викиди при виробництві слябів, т CO ₂ /т		0,1963	0,7042	
Питомі вбудовані викиди від використання прекурсорів, т CO ₂ /т		0,92494	0,7954	
Всього		1,1212	1,4996	
Коефіцієнт використання слябів, в.о.	1,083			
Питомі вбудовані викиди при виробництві металопродукції, т CO ₂ /т		1,2143	1,6239	2,838

Під час розрахунку загальних вбудованих викидів кінцевої сталевий продукції, враховується масове співвідношення прекурсора до обсягів виробництва продукції. В даному випадку коефіцієнт використання слябів при виробництві металопродукції складає 1,083. При цьому маса слябів для виробництва металопродукції становить:

$$1\,227\,000\text{ т} / 1\,133\,000 \times 1,083 = 1\,227\,000\text{ т}.$$

Використовуючи вищезазначений підхід, можна визначити зобов'язання щодо звітності СВАМ щодо імпорту сталевих слябів та іншої сталевий продукції до ЄС протягом перехідного періоду, наприклад, для імпорту 100 тонн продукції сталевих труб:

- прямі вбудовані викиди: $100 \times 1,2143 = 121\text{ т CO}_2$;
- непрямі вбудовані викиди: $100 \times 1,6239 = 162\text{ т CO}_2$;
- всього: 283 т CO_2 .

В третьому прикладі розглядається виробництво гвинтів та гайок із закуплених сталевих прутків. Це типовий випадок для багатьох неінтегрованих виробництв сталевий продукції. У цьому прикладі установка закуповує прекурсори, які обумовлюють більшість вбудованих викидів, тоді як її власний процес робить незначний внесок у загальні вбудовані викиди.

В прикладі передбачається, що установка закуповує сталеві прутки двох типів:

- прутки з вуглецевої сталі з вбудованими викидами, визначеними в першому прикладі;
- прутки з високолегованої сталі з вбудованими викидами, визначеними в другому прикладі.

Виробничий процес включає:

- гарячу прокатку прутків у дроти різного діаметра;
- різання та кування дротів у гвинти;
- різання та кування дротів з подальшим свердлінням / обробкою гайок.

В цих процесах використовуються природний газ та електроенергія, тому сама установка має прямі та непрямі викиди. Однак більшість вбудованих викидів походить від прекурсорів. Оскільки процес включає різання та обробку, утворюється значна кількість брухту. Відповідно до правил [4], металобрухту приписуються нульові вбудовані викиди. Через утворення металобрухту вага прекурсора перевищує вагу кінцевої продукції.

У даному прикладі установка виробляє лише одну агреговану категорію товарів (гвинти та гайки різних марок сплавів). Тому оператор може визначити лише одне середнє значення для річних прямих та непрямих викидів. Однак, оскільки відсотки брухту відрізняються для двох основних груп продуктів, а також оскільки вироблені кількості відрізняються, оператор може добровільно розраховувати вбудовані викиди окремо для вуглецевої сталі та високолегованих виробів або разом.

У табл. 5.15 наведено дані, які оператор повинен контролювати – вхідні та вихідні кількості використання прекурсорів, споживання енергії, і питомі вбудовані викиди прекурсорів, отриманих від їх виробників.

Таблиця 5.15

Первинні дані для розрахунку вбудованих викидів

Назва прекурсора	Питомі прямі вбудовані викиди, т CO ₂ /т		Питомі непрямі вбудовані викиди, т CO ₂ /т	
Вуглецева сталь (з прикладу 1)	1,539		0,204	
Високолегована сталь (див. з прикладу 2)	1,440		1,440	
Назва продукції	Обсяги виробництва, т	Обсяги використання, т	Кількість утвореного брухту, т	Коефіцієнт використання прекурсора
Гвинти та гайки з вуглецевої сталі	17 000	20000	3000	1,176
Гвинти та гайки з високолегованої сталі	8 200	10000	1800	1,22
Енергоспоживання	Енергоспоживання		Питомі викиди	
Природний газ	3,5 ГДж/т		56,1 т CO ₂ /ТДж	
Електроенергія	200 кВт·год/т		0,833 т CO ₂ /МВт·год	

У табл. 5.16 представлено розрахунок питомих вбудованих викидів двох груп продуктів, окремо для прямих та непрямих викидів, де власні питомі викиди установки додаються до вбудованих викидів прекурсорів. В табл. 5.17 наведено розрахунок загальних вбудованих викидів на тонну цих двох видів продукції.

Таблиця 5.16

**Результати розрахунку прямих і непрямих
питомих вбудованих викидів**

Прямі питомі викиди	Прямі питомі викиди прекурсора, CO ₂ /т	Коефіцієнт викорис- тання	Прямі питомі викиди про- дукції, CO ₂ /т
Прекурсори			
Прекурсор – вуглецева сталь	1,539	1,176	1,810
Прямі питомі викиди (від використання газу)	3.5 x 56,1 / 1000 = 0,196		0,196
Загальні прямі питомі вбудовані викиди (гвинти та гайки з вуглецевої сталі)			2,006
Прекурсор – високолегована сталь	1,44	1,22	1,757
Прямі питомі викиди (від використання газу)	3.5 x 56,1 / 1000 = 0,196		0,196
Загальні питомі вбудовані викиди (гвинти та гайки з високолегваної сталі)			1,953
Прекурсор – вуглецева сталь	0,204	1,176	0,240
Непрямі питомі викиди (електроенергія)	200 x 0,833 / 1000 = 0,1766		0,1766
Загальні непрямі питомі вбудовані викиди (гвинти та гайки з вуглецевої сталі)			0,417
Прекурсор – високолегована сталь	1,732	1,22	2,113
Непрямі питомі викиди (електроенергія)	200 x 0,833 / 1000 = 0,1766		0,1766
Загальні непрямі питомі вбудовані викиди (гвинти та гайки з вуглецевої сталі)			2,2896

Таблиця 5.17

Результати розрахунку загальних питомих вбудованих викидів

Назва продукції	Питомі вбудовані викиди, CO ₂ /т		
	прямі	непрямі	загальні
Гвинти та гайки з вуглецевої сталі	2,006	0,417	2,423
Гвинти та гайки з високолегованої сталі	1,953	2,2896	4,2426

Контрольні запитання до 5-го розділу

1. Напишіть формули для розрахунку вбудованих викидів при виробництві цементу.
2. Напишіть формулу для розрахунку коефіцієнта викидів CO₂ за даними лабораторних аналізів.
3. З якою метою імпортеру надаються дані клінкеру при виробництві цементу?
4. Назвіть прекурсори виробництва добрив.
5. Чому для визначення вбудованих викидів добрив необхідно визначати вбудовані викиди аміаку?
6. Назвіть прекурсори виробництва чавуну і сталі.
7. Яким чином враховуються викиди вуглецю, що залишається в агрегованих виробках з чавуну і сталі, таких як чавун, сталь, сталеві сплави або в шлаках чи відходах?
8. В якому випадку при виробництві сталі немає потреби окремо визначати вбудовані викиди чавуну?
9. Які викиди повинен охоплювати прямий моніторинг викидів при виробництві агломерованої руди?
10. Які викиди повинен охоплювати прямий моніторинг викидів при виробництві сталі?

ПЕРШОДЖЕРЕЛА

1. Regulation (Eu) 2023/956 Of the European Parliament and of the Council. – of 10 May 2023. – Establishing a carbon border adjustment mechanism. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023R0956>
2. Fit for 55. URL: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>
3. Embodied carbon emissions: meaning and measurements. URL: <https://www.e3g.org/news/embodied-carbon-emissions-meaning-and-measurements/>
4. Commission Implementing Regulation (EU) 2023/1773 of 17 August 2023. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2023/1773/oj
5. Guidance Document on CBAM Implementation for Installation Operators Outside the EU. URL: https://taxation-customs.ec.europa.eu/document/download/2980287c-dca2-4a4b-aff3-db6374806cf7_en?filename=Guidance%20document%20on%20CBAM%20implementation%20for%20installation%20operators%20outside%20the%20EU.pdf
6. Regulation of the European Parliament and of the Council. – COM(2021) 564 final 2021/0214(COD) – Brussels, 14.7.2021. – Establishing a carbon border adjustment mechanism. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0564>
7. Communication from the Commission of 11 December 2019 on The European Green Deal (COM(2019)). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>
8. Європейський кліматичний закон (Регламент (2021/1119). URL: <https://compass27.info/yevropejskyj-klimatychnyj-zakon-reglament-2021-1119>
9. Treaty on the Functioning of the European Union. URL: <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/treaty-on-the-functioning-of-the-european-union.html>
10. Default Values for the Transitional Period of the CBAM between 1 october 2023 and 31 december 2025. URL: <https://taxation-customs.ec.europa.eu/system/files/2023-12/Default%20values%20transitional%20period.pdf>
11. Про затвердження Порядку здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів : Постанова Кабінету міністрів України від 23 вересня 2020 р. № 960. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-n#Text>
12. Ukraine's Greenhouse Gas Inventory 1990–2023. – Annual National Inventory Report for Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Paris Agreement. URL: <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2025>

ДОДАТКИ

Додаток 1 Глосарій

«Безперервне вимірювання викидів» означає набір операцій, метою яких є визначення значення кількості за допомогою періодичних вимірювань, застосовуючи або вимірювання в трубі, або процедури екстракції за допомогою вимірювального приладу, розташованого поблизу труби, виключаючи методології вимірювання, засновані на відборі окремих проб із штабеля;

«біомаса» означає біологічно розкладану фракцію продуктів, відходів і залишків біологічного походження в сільському господарстві, включаючи рослинні та тваринні речовини, лісове господарство та суміжні галузі, включаючи рибальство та аквакультуру, а також біологічно розкладану частину відходів, включаючи промислові та міські відходи біологічного походження;

«вбудовані викиди» означають прямі викиди, що виділяються під час виробництва товарів, і непрямі викиди від виробництва електроенергії, яка споживається під час виробничих процесів, розраховані відповідно до методів, викладених у Додатку IV [1], та додатково визначені в імплементаційних актах, прийнятих відповідно до статті 7 [1];

«викривлення» означає пропуск, спотворення або помилку в наданих оператором даних без урахування невизначеності, допустимої для вимірювань і лабораторних аналізів;

«вимірюване тепло» означає чистий тепловий потік, що транспортується ідентифікованими трубопроводами або каналами з використанням середовища передачі тепла, такого як, зокрема, пара, гаряче повітря, вода, нафта, рідкі метали та солі;

«відпрацьований газ» означає газ, що містить неповністю окислений вуглець у газоподібному стані за стандартних умов, який є результатом будь-якого з процесів, перелічених у пункті;

«відходи» означають будь-яку речовину чи об'єкт, від яких власник викидає або має намір або зобов'язаний позбутися, за винятком речовин, які були навмисно модифіковані або забруднені, щоб відповісти цьому визначенню;

«виробничий процес» означає хімічні або фізичні процеси, що здійснюються в частинах установки для виробництва товарів;

«власний CO_2 » означає CO_2 , який є частиною вихідного потоку;
«дані про діяльність» означають кількість палива або матеріалів, спожитих або вироблених процесом, відповідним для методології, що базується на розрахунках, виражену в тераджоулях, масу в тоннах або (для газів) об'єм у звичайних кубічних метрах, відповідно;

«декларант» означає особу, яка подає митну декларацію для випуску у вільний обіг від свого імені, або особу, на ім'я якої така декларація подана відповідно до [1];

«джерело викидів» означає окремо визначену частину установки або процес всередині установки, з якого викидаються відповідні парникові гази;

«залишок» означає речовину, яка не є кінцевим продуктом(ами), який безпосередньо спрямований на отримання виробничого процесу; це не є основною метою виробничого процесу, і процес не був навмисно модифікований для цього;

«звітний період» означає період, який оператор установки обрав використовувати як еталонний для визначення вбудованих викидів;

«змішане паливо» означає паливо, яке містить як біомасу, так і викопний вуглець;

«змішаний матеріал» означає матеріал, який містить як біомасу, так і викопний вуглець;

«значення за замовчуванням» означає значення, яке розраховане або взяте з вторинних даних, що представляють вбудовані викиди в товари;

«калібрування» означає набір операцій, які встановлюють, за певних умов, співвідношення між значеннями, показаними вимірювальним приладом або вимірювальною системою, або значеннями, представленими матеріальним мірою чи еталонним матеріалом, і відповідними значеннями величини, реалізованими еталонний стандарт;

«коефіцієнт окислення» означає відношення вуглецю, окисленого до CO_2 внаслідок спалювання, до загального вуглецю, що міститься в паливі, виражене у частках, враховуючи монооксид вуглецю (CO), що викидається в атмосферу, як молярну еквівалентну кількість CO_2 ;

«коефіцієнти розрахунку» означають нижчу теплотворну здатність, коефіцієнт викидів, коефіцієнт окислення, коефіцієнт перетворення, вміст вуглецю або частку біомаси;

«консервативний» означає, що набір припущень визначений для того, щоб гарантувати відсутність заниженої оцінки зареєстрованих викидів або завищеної оцінки виробництва тепла, електроенергії чи товарів;

«непрямі викиди» означають викиди від виробництва електроенергії, опалення та охолодження, які споживаються в процесі виробництва товарів;

«маршрут виробництва» означає конкретну технологію, яка використовується у виробничому процесі для виробництва товарів під категорією агрегованих товарів;

«набір даних» означає один тип даних, або на рівні інсталяції, або на рівні виробничого процесу, залежно від обставин, як будь-який із наступного:

- кількість палива або матеріалів, спожитих або вироблених виробничим процесом відповідно до методології на основі розрахунків, виражена в тераджоулях, маса в тоннах або для газів як об'єм у звичайних кубічних метрах, залежно від обставин, у тому числі для відпрацьованих газів;

- кількість тепла, яке не піддається вимірюванню, визначене відповідною кількістю палива, що використовується для виробництва тепла, та нижчою теплотворною здатністю (NCV) паливної суміші;

- кількість електроенергії;

- кількість CO_2 , що переноситься між установками;

- кількість прекурсорів, отриманих за межами установки, та їхні відповідні параметри, такі як країна походження, використаний шлях виробництва, питомі прямі та непрямі викиди, ціна на вуглець;

- параметри, що стосуються ціни вуглецю;

«неконтрольовані викиди» означають нерегулярні або ненавмисні викиди з джерел, які не локалізовані, або надто різноманітні, чи надто малі для окремого моніторингу;

«нижча теплотворна здатність» (NCV) означає конкретну кількість енергії, що виділяється у вигляді тепла, коли паливо або матеріал піддається повному згорянню з киснем за стандартних умов, за вирахуванням тепла випаровування будь-якої утвореної води;

«оператор» означає будь-яку особу, яка керує або контролює установку в третій країні;

«особа» означає фізичну особу, юридичну особу та будь-яке об'єднання осіб, яке не є юридичною особою, але яке визнано

відповідно до законодавства Союзу або національного законодавства як правоздатне виконувати юридичні дії;

«питомі вбудовані викиди» означає вбудовані викиди однієї тонни товарів, виражених у тоннах викидів CO_2 -е на тонну товарів;

«прекурсори» хімічні речовини, які є попередниками інших, складніших речовин, або вихідні матеріали для подальших етапів хімічного синтезу;

«прийнятна система моніторингу, звітності та верифікації» означає системи моніторингу, звітності та верифікації, де встановлено установку для цілей схеми ціноутворення на вуглець, або схем обов'язкового моніторингу викидів, або схеми моніторингу викидів на установці, яка може включати перевірку за допомогою акредитованого верифікатора відповідно до статті 4(2) цього Регламенту;

«прості товари» – товари, вироблені в процесі виробництва, який вимагає тільки вхідні матеріали та паливо з нульовими вбудованими викидами;

«прямі викиди» означають викиди від процесів виробництва товарів, над якими виробник має безпосередній контроль;

«рекомендовані вдосконалення» означають методи моніторингу, які є перевіреними засобами для забезпечення того, щоб дані були більш точними або менш схильними до помилок, ніж просте застосування мінімальних вимог, і які можуть бути обрані на добровільній основі;

«рівень активності» означає кількість вироблених товарів (виражену в МВт·год для електроенергії або в тоннах для інших товарів) у межах виробничого процесу;

«розумна впевненість» означає високий, але не абсолютний рівень впевненості, позитивно виражений у верифікаційному висновку, щодо того, чи звіт оператора, що підлягає верифікації, не містить суттєвих викривлень;

«Сертифікат СВАМ» означає сертифікат в електронному форматі, який відповідає одній тонні вбудованих викидів у товари;

«система вимірювання» означає повний набір вимірювальних приладів та іншого обладнання, такого як обладнання для відбору проб та обробки даних, що використовується для визначення таких змінних, як дані про діяльність, вміст вуглецю, теплотворна здатність або коефіцієнт викидів парникових газів;

«складні товари» – товари, які потребують введення інших простих товарів у процес виробництва;

«стандартні умови» означають температуру 273,15 K і умови тиску 101 325 Па, що визначають нормальні кубічні метри (нм^3);

«технологічні викиди» означають викиди парникових газів, крім викидів від згоряння, що відбуваються в результаті навмисних і ненавмисних реакцій між речовинами або їх трансформації, для основної мети, відмінної від виробництва тепла, в тому числі від наступних процесів:

- хімічне, електролітичне або пірометалургійне відновлення сполук металів у рудах, концентратах і вторинних матеріалах;
- видалення домішок з металів і сполук металів;
- розкладання карбонатів, у тому числі тих, що використовуються для очищення димових газів;

– хімічний синтез продуктів і проміжних продуктів, де в реакції бере участь вуглецевий матеріал;

- використання вуглецевмісних добавок або сировини;
- хімічне або електролітичне відновлення металоїдних оксидів або оксидів неметалів, таких як оксиди кремнію та фосфати;

«точність» означає близькість узгодження між результатом вимірювання та істинним значенням конкретної величини або еталонним значенням, визначеним емпірично з використанням міжнародно прийнятих і простежуваних калібрувальних матеріалів і стандартних методів, беручи до уваги як випадкові, так і систематичні фактори;

«угода про закупівлю електроенергії» означає контракт, за яким особа погоджується купувати електроенергію безпосередньо у виробника електроенергії;

«установка» означає стаціонарний технічний вузол, де здійснюється виробничий процес;

«фактичні викиди» означають викиди, розраховані на основі первинних даних процесів виробництва товарів;

«ціна вуглецю» означає грошову суму, сплачену в третій країні у вигляді податку або квот на викиди в рамках системи торгівлі викидами парникових газів, розраховану на основі парникових газів, які охоплюються таким заходом і вивільнені під час виробництва товарів.

Додаток 2

Перерахунок величини коефіцієнта викидів від спалювання газів з енергетичних у метричні одиниці

У випадку спалювання газу або інших газів, коефіцієнт викидів від спалювання яких надається в енергетичних одиницях, величину коефіцієнта викидів від спалювання газу можна перерахувати в метричні одиниці за формулою:

$$EF_i \left[\frac{\text{т CO}_2}{\text{тис.м}^3} \right] = EF_i \left[\frac{\text{т CO}_2}{\text{ТДж}} \right] \times NCV_i \left[\frac{\text{ГДж}}{\text{т}} \right] \times D_i \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right] \times 10^{-3},$$

де i – індекс газу;

D – густина газу, кг/м^3 .

Наприклад, при значеннях:

коефіцієнта викидів від спалювання природного газу
 $EF = 55,77 \text{ т CO}_2/\text{ТДж}$;

густині природного газу, $D \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right] = 0,719 \text{ кг/м}^3$;

нижчій теплотворній здатності природного газу $NCV_i \left[\frac{\text{ГДж}}{\text{т}} \right] = 47,96 \text{ ГДж/т}$,

коефіцієнті викидів від спалювання природного газу буде становити:

$$EF = 55,77 \text{ т CO}_2/\text{ТДж} \times 47,96 \text{ ГДж/т} \times 0,719 \text{ кг/м}^3 / 1000 = 1,92313 \text{ т CO}_2/\text{тис.м}^3.$$

Додаток 3

Розрахунок вбудованих викидів при виробництві аміаку

Вихідною сировиною для виробництва аміаку в Україні є природний газ, який використовується як технологічна сировина та спалюється для створення високотемпературних умов риформінгу природного газу (використовується як паливо). Обсяги вбудованих викидів вуглекислого газу при виробництві аміаку можна розрахувати за формулою:

$$Em = f \times AD \times CC \times NCV,$$

де AD – кількість природного газу, використаного для виробництва аміаку як технологічної сировини та спалюється для створення високотемпературних умов риформінгу, тис. м^3 ;

CC – вмісту вуглецю в природному газі, т/ТДж ;

NCV – нижча теплотворна здатність природного газу, ТДж/тис.м^3 ;

$f = 44/12$ – стехіометричне співвідношення між молекулярною вагою діоксиду вуглецю та вуглецю.

Навчальне видання

**БОНДАР Олександр Іванович,
БУТРИМ Оксана Володимирівна,
ПАНЧЕНКО Георгій Георгійович**

МЕХАНІЗМ ПРИКОРДОННОГО ВУГЛЕЦЕВОГО КОРИГУВАННЯ (СВАМ)

Навчальний посібник

Дизайн обкладинки – В. Савельєва

Технічний редактор – О. Гринюк

Верстка – А. Фоменко

Підписано до друку 26.05.2026 р. Формат 60×84/16.

Папір офсетний. Гарнітура Times. Цифровий друк.

Ум. друк. арк. 5,46. Наклад 300. Замовлення № 0626-64.

Ціна договірна. Віддруковано з готового оригінал-макета.

Українсько-польське наукове видавництво “Liha-Pres”

79000, м. Львів, вул. Технічна, 1

87-100, м. Торунь, вул. Лубіцка, 44

Телефон: +38 (050) 658 08 23

E-mail: editor@liha-pres.eu

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 6423 від 04.10.2018 р.