

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ **Міністерства**
захисту довкілля та природних
ресурсів
_____ 2020 року
№ _____

**Рекомендації з оцінки невизначеності
у системі моніторингу, звітності та верифікації
викидів парникових газів**

листопад 2020 р.

Перелік умовних скорочень та абревіатур

Скорочення та абревіатури	Визначення
Єдиний реєстр	Єдиний реєстр з моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів
ДД	дані про діяльність
ЗВТ	засіб вимірювальної техніки
КВ	коефіцієнт викидів
КО	коефіцієнт окислення
МГЕЗК	Міжурядова група експертів з питань зміни клімату (англ. Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)
МДПЕ	максимально допустима похибка під час експлуатації
Метод РО	підхід до оцінки невизначеності для методики на основі розрахунків («Р») для випадків, коли ЗВТ знаходиться під контролем оператора («О»)
Метод РТ	підхід до оцінки невизначеності для методики на основі розрахунків («Р») для випадків, коли ЗВТ знаходиться поза контролем оператора, тобто під контролем торговельного партнера («Т»)
МЗВ	моніторинг, звітність та верифікація
Міндовкілля	Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів, яке є уповноваженим органом, визначений Законом України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів»
н/з	не застосовується
НТЗ	нижча теплотворна здатність
ПГ	парникові гази
Перелік видів діяльності	Перелік видів діяльності, викиди парникових газів в результаті провадження яких підлягають моніторингу, звітності та верифікації, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 23.09.2020 № 880
ПМ	план моніторингу
ПМЗ	Порядок здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 23.09.2020 № 960
РКЗК ООН	Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (англ. United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)
ТЕЦ	Теплоелектроцентрально
ЧБ	частка біомаси

Зміст

Перелік умовних скорочень та аббревіатур.....	2
1. Сфера застосування	4
2. Огляд Рекомендацій	5
2.1 Визначення	5
2.2 Підтвердження відповідності вимогам порядку моніторингу та звітності щодо невизначеності	7
2.3 Структура Рекомендацій.....	9
3. Невизначеність при застосуванні методики на основі розрахунків	10
3.1 Дані про діяльність	10
3.2 Розрахункові коефіцієнти	24
4. Невизначеність для методики на основі неперервних вимірювань	24
5. Невизначеність при застосуванні альтернативної методики.....	25
6. Приклад оцінки невизначеності для установки з виробництва цементу	26
7. Консервативні значення невизначеності вимірювання для поширених типів ЗВТ.....	31
8. Повна оцінка невизначеності для матеріальних потоків.....	36
8.1 Закон накопичення похибок	39
8.2 Невизначеність обсягу запасів палива та невизначеність, коли установка частково охоплена системою МЗВ.....	43
8.3 Невизначеність для всієї установки (альтернативна методика).....	46

1. Сфера застосування

Рекомендації з оцінки невизначеності у системі моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів (далі – Рекомендації) спрямовані на надання допомоги операторам установок в більш прозорій та правильній інтерпретації вимог до моніторингу та звітності викидів парникових газів (ПГ) у частині оцінки невизначеності.

Основні засади та вимоги системи моніторингу, звітності та верифікації (далі – МЗВ) викидів ПГ визначені Законом України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» (далі – Закон про МЗВ) та Порядком здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 23.09.2020 № 960 (далі – ПМЗ).

Терміни у цих Рекомендаціях вживаються у значенні, наведеному у Законі про МЗВ та ПМЗ.

Процедура та вимоги до проведення верифікації звіту оператора встановлені Порядком верифікації звіту оператора про викиди парникових газів, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 23.09.2020 № 959.

Типові форми стандартного та спрощеного плану моніторингу, звіту про вдосконалення та звіту оператора, а також вимоги до їх заповнення затверджені наказом Міндовкілля від _____ № _____, зареєстровані в Міністерстві юстиції _____ за № _____.

Пояснення основних вимог ПМЗ наведено у Загальних рекомендаціях з дотримання вимог до моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів, затверджених наказом Міндовкілля від _____ № _____ (далі – Загальні рекомендації).

Методики моніторингу викидів парникових газів наведені у Методичних рекомендаціях з оцінки викидів ПГ за видами діяльності установок, затверджених наказом Міндовкілля від _____ № _____.

Допоміжні та довідкові матеріали публікуються на офіційному веб-сайті Міндовкілля, включаючи:

Рекомендації щодо тлумачення видів діяльності установок, викиди ПГ в результаті провадження яких підлягають МЗВ, затверджені наказом Міндовкілля від _____ № _____;

Рекомендації з використання біомаси у системі МЗВ викидів ПГ, затверджені наказом Міндовкілля від _____ № _____;

Рекомендації з оцінки невизначеності у системі МЗВ викидів ПГ, затверджені наказом Міндовкілля від _____ № _____;

Рекомендації з обробки даних та системи контролю у МЗВ викидів ПГ, затверджені наказом Міндовкілля від _____ № _____;

Рекомендації з оцінки ризиків у системі МЗВ викидів ПГ, затверджені наказом Міндовкілля від _____ № _____;

Рекомендації з верифікації звіту оператора про викиди ПГ, затверджені наказом Міндовкілля від _____ № _____;

довідкові значення розрахункових коефіцієнтів або, у випадку їх відсутності, коефіцієнти за замовчуванням, які були використані для останнього Національного звіту (кадастру) антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами ПГ, поданого Україною до Секретаріату РКЗК ООН;

приклади пакетів документів з моніторингу та звітності для кожного виду діяльності, включеного до Переліку видів діяльності, викиди парникових газів в результаті провадження яких підлягають моніторингу, звітності та верифікації, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 вересня 2020 р. № 880 (далі - Перелік видів діяльності);

інструмент для здійснення оцінки ризиків відповідно до пункту 57 ПМЗ (Excel model);

інструмент з розрахунок коефіцієнту викидів CO₂ на основі даних компонентного складу природного газу (Excel model);

інструмент для здійснення оцінки необґрунтованих витрат ((Excel model).

Для отримання додаткової інформації операторам рекомендується відслідковувати, чи організовує Міндовкілля навчальні семінари та робочі зустрічі або в інший спосіб забезпечує технічну підтримку операторів у вирішенні актуальних питань щодо функціонування системи МЗВ в Україні.

2. Огляд Рекомендацій

2.1 Визначення

Для того, щоб оцінити якість системи МЗВ, слід відповісти на питання: "Наскільки достовірні та точні дані щодо викидів ПГ?" або "Чи можна довіряти вимірюванням, які використовуються для визначення обсягу викидів ПГ?". Міжнародні стандарти використовують поняття «невизначеності» для оцінки якості вимірювань.

Існують різні терміни, що часто використовуються у тому ж контексті, що й термін «невизначеність». Проте вони не є синонімами, кожен термін має своє власне значення.

Правильність означає ступінь наближення середнього значення результатів вимірювання до істинного (дійсного) значення вимірюваної величини. Якщо вимірювання є правильним, середнє значення результатів вимірювань є близьким до істинного значення величини (наприклад, номінального значення еталона¹). Якщо результати вимірювання не є правильними, це іноді може бути пов'язано з систематичною помилкою. Часто це можна виправити за допомогою калібрування і налаштування засобу вимірювальної техніки (ЗВТ).

Прецизійність означає ступінь наближення один до одного результатів повторних вимірювань однієї і тієї ж величини за незмінних умов, тобто відображає повторюваність результатів вимірювання тієї самої величини. Часто показник прецизійності кількісно виражається як стандартне відхилення результатів вимірювань від їх середнього значення. Прецизійність відображає той факт, що всі вимірювання включають випадкову помилку (що призводить до мінливості результатів), яка може бути зменшена, але не повністю усунена.

Невизначеність² характеризує діапазон значень, в межах якого знаходиться істинне значення величини з вказаним рівнем довіри. Це загальний показник, який поєднує в собі прецизійність і очікувану правильність. Як показано на рисунку 1, вимірювання можуть мати високу прецизійність, але низьку правильність, або навпаки. В ідеалі результат має характеризуватися як високою прецизійністю, так і високою правильністю.

¹ Еталон, такий як, наприклад, копія прототипу кілограма, має свою невизначеність через спосіб його виготовлення. Зазвичай ця невизначеність дуже мала у порівнянні з невизначеностями під час його використання.

² Відповідно до пункту 4 ПМЗ, «невизначеність - властивість, пов'язана з результатом визначення певної величини, виражена у відсотках, яка характеризує розбіжність можливих значень, які обґрунтовано можна віднести до певної величини, з урахуванням впливу систематичних та випадкових чинників, і яка визначає довірчий інтервал навколо встановленого значення, що з довірчою імовірністю 95 відсотків містить дійсне значення величини, з урахуванням асиметрії розподілу значень».

Якщо лабораторія оцінює та вдосконалює свої методи, вона зазвичай розрізняє прецизійність та правильність, оскільки це допомагає ідентифікувати помилки та похибки. Це може допомогти виявити різноманітні причини помилок, для усунення яких, наприклад, необхідне технічне обслуговування та калібрування ЗВТ або підвищення кваліфікації персоналу. Однак кінцевий користувач результатів вимірювання (зокрема, у випадку системи МЗВ - це оператор установки та Міндовкілля) просто має знати, наскільки великим є інтервал, в межах якого, ймовірно, знаходиться істинне значення (середнє значення вимірювань \pm невизначеність).

У звіті оператора про викиди ПГ наводиться тільки одне значення обсягу викидів ПГ. Тільки одне верифіковане значення вводиться в Єдиний реєстр. Оператор не може вказати значення " $N \pm x\%$ " у звітності, тільки певне значення N . Тому, в інтересах усіх сторін визначити кількісно та зменшити, наскільки це можливо, невизначеність " x ". Це пояснює, чому план моніторингу (ПМ) повинен бути затверджений Міндовкілля, і чому оператори повинні забезпечити відповідність визначення даних про діяльність, на основі яких розраховується обсяг викидів ПГ, порогам невизначеності³ для застосовуваних рівнів точності.

Оцінка невизначеності необхідна для визначення фактично застосованого рівня точності. ПМ повинен завжди відображати фактично застосований рівень точності, а не рівень точності, що вимагається згідно з ПМЗ. Загальний принцип полягає в тому, що оператори повинні вживати належних заходів для забезпечення найвищої можливої точності розрахунків та вимірювання викидів ПГ, наскільки це можливо. Оцінку невизначеності необхідно подавати Міндовкіллю разом із ПМ.

Більш детальну інформацію щодо визначення рівнів точності наведено у Загальних рекомендаціях. На рисунку 1 надається ілюстрація понять правильності, прецизійності та невизначеності.

³ Відповідно до пункту 4 ПМЗ, «поріг невизначеності - максимально дозволена невизначеність, встановлена для визначення даних про діяльність щодо матеріальних потоків за звітний період».

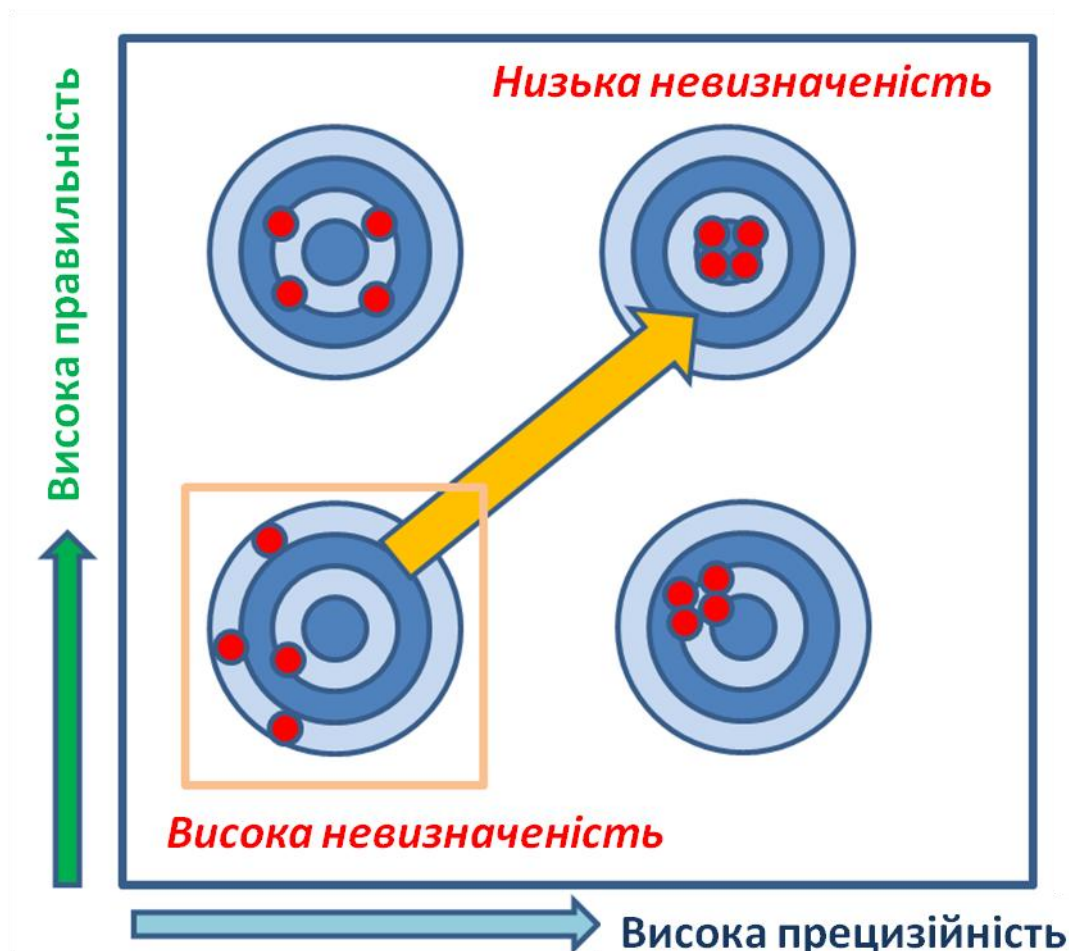


Рисунок 1. Ілюстрація термінів правильності, прецизійності та невизначеності.

Центр «мішені» – це умовно істинне значення, а «постріли» - це результати окремих вимірювань.

2.2 Підтвердження відповідності вимогам порядку моніторингу та звітності щодо невизначеності

В ПМЗ термін «невизначеність» згадується багато разів. Найбільш важливими пунктами, що стосуються невизначеності, є наступні:

- Пункт 10 ПМЗ вимагає від оператора установки для затвердження стандартного ПМ подавати Міндовкіллю документ, який повинен містити таку інформацію:
 - ✓ підтвердження відповідності визначення даних про діяльність порогам невизначеності для застосовуваних рівнів точності для кожного матеріального потоку, до якого застосовується методика на основі розрахунків⁴;
 - ✓ підтвердження відповідності вимогам щодо невизначеності для розрахункових коефіцієнтів (лише у випадках, коли це доречно⁵);

⁴ Таким підтвердженням є оцінка невизначеності з розрахунками невизначеності для кожного матеріального потоку, до якої можуть додаватися, наприклад, копії документів, що містять специфікації виробника ЗВТ чи свідоцтва для законодавчо регульованих ЗВТ. Документи повинні бути достатніми для того, щоб Міндовкілля мало змогу затвердити ПМ.

⁵ Це доречно лише у випадках, коли періодичність відбору проб для аналізу визначається на основі правила 1/3 порогу невизначеності для даних про діяльність (абзац 3 пункту 39 ПМЗ). Більш детальна інформація

- ✓ підтвердження відповідності визначення середньорічних погодинних викидів ПГ вимогам щодо максимально дозваної невизначеності для кожного джерела викидів ПГ, до якого застосовується методика моніторингу на основі неперервних вимірювань.
- Якщо застосовується альтернативна методика принаймні для частини установки, то повинна бути надана оцінка невизначеності для загального обсягу викидів ПГ від установки для підтвердження того, що дотримується необхідний поріг невизначеності відповідно до абзацу четвертого пункту 22 ПМЗ.

Згідно з підпунктом 3 пункту 53 ПМЗ оператори установок, які застосовують спрощений підхід до моніторингу, звільнені від обов'язку подання Міндовкіллю оцінки невизначеності.

2.3 Структура Рекомендацій

На рисунку 2 схематично зображено структуру цих Рекомендацій та вказані розділи, присвячені оцінці невизначеності для конкретних методик моніторингу, які застосовуються на установці.

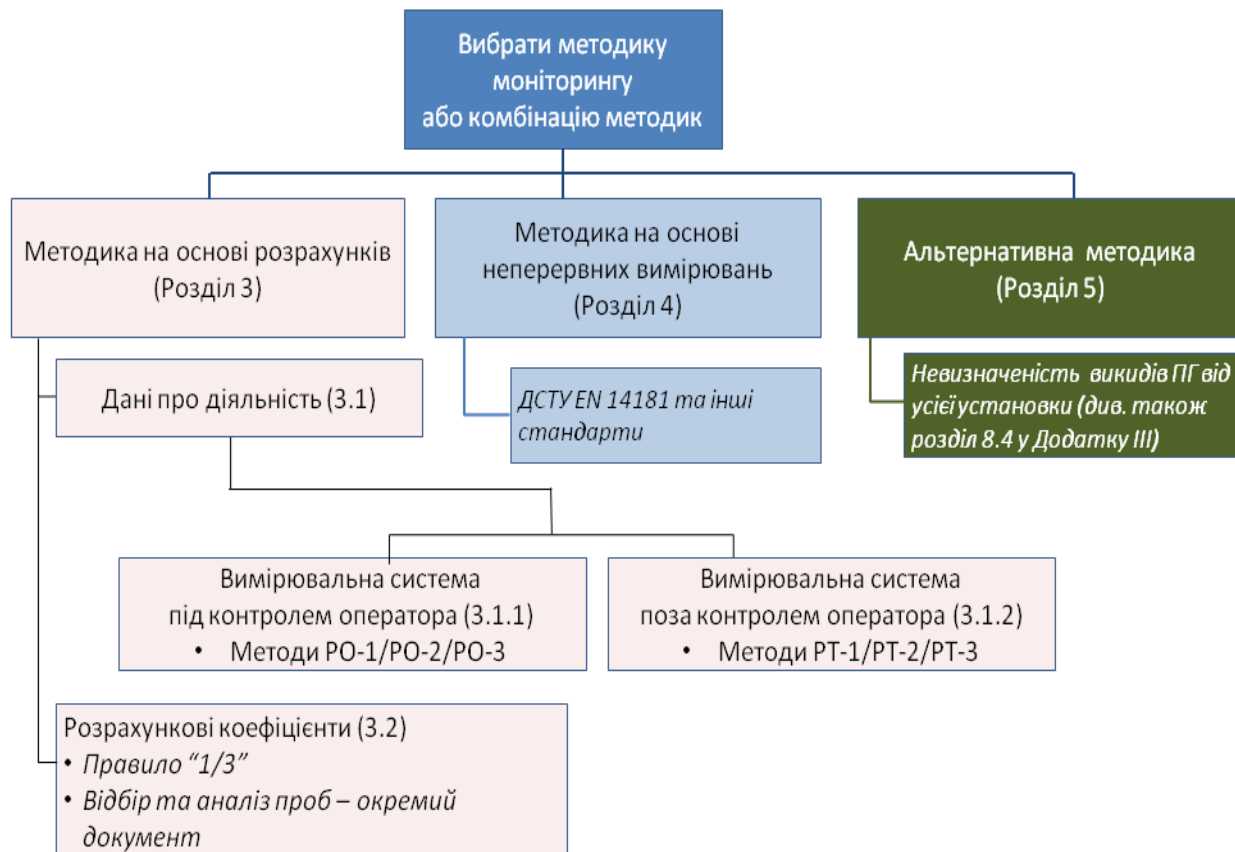


Рисунок 2. Схематичне зображення структури цих Рекомендацій та розділів, присвячених оцінці невизначеності для різних методик

Особливості здійснення оцінки невизначеності при застосуванні різних методик моніторингу розглядаються у відповідних розділах цих Рекомендацій:

- методика на основі розрахунків - розділ 3;
- методика на основі неперервних вимірювань - розділ 4;
- альтернативна методика - розділ 5.

ПМЗ дозволяє декілька можливостей спрощення при проведенні оцінки невизначеності, для цього існують методи, за допомогою яких оператор може підтвердити відповідність невизначеності вимогам рівнів точності, як показано на рисунку 2. Зазначеним методам в цих Рекомендаціях присвоєні умовні позначення. Наприклад, якщо застосовується методика на основі розрахунків, а дані про діяльність для матеріального потоку отримуються за допомогою вимірювальної системи поза контролем оператора (тобто, вимірювальної системи торговельного партнера), такий варіант скорочено називається «РТ-1», «РТ-2» або «РТ-3 (де «Р» відповідає розрахунку, «Т» - торговельному партнеру).

3. Невизначеність при застосуванні методики на основі розрахунків

Наведена нижче формула застосовується для розрахунку викидів ПГ у найбільш розповсюдженому випадку, а саме, спалювання палива із використанням стандартної методики відповідно до пункту 24 ПМЗ:

Приклад

Методика моніторингу на основі розрахунків для спалювання палива

$$\text{ВикСО}_2 = \text{ДД} \times \text{НТЗ} \times \text{КВ} \times \text{КО} \times (1 - \text{ЧБ})$$

де:

ВикСО ₂	викиди СО ₂ від спалювання палива	[т СО ₂]
ДД	дані про діяльність: обсяг спалювання палива	[т або тис. м ³]
НТЗ	нижча теплотворна здатність палива	[ТДж/т або ТДж/ тис. м ³]
КВ	коефіцієнт викидів СО ₂ для палива	[т СО ₂ /ТДж]
КО	коефіцієнт окислення для палива	[безрозмірний]
ЧБ	частка біомаси	[безрозмірний]

ПМЗ визначає для кожного параметра рівні точності, які повинні застосовуватися з урахуванням технічної здійсненності та обґрунтованості витрат.

Параметри, необхідні для розрахунку викидів ПГ, поділяються на два типи.

Дані про діяльність (ДД): рівні точності відносяться до максимально дозволеної невизначеності обсягу спаленого палива за звітний період (оцінка невизначеності розглядається в розділі 3.1).

Розрахункові коефіцієнти (НТЗ, КВ, КО, ЧБ): рівні точності відносяться до способу визначення кожного коефіцієнта, наприклад, застосування значення за замовчуванням або визначення на основі лабораторних аналізів (відповідні питання невизначеності розглядаються в розділі 3.2).

3.1 Дані про діяльність

Цей розділ може бути також застосований до даних про діяльність щодо вхідних та вихідних матеріальних потоків при використанні методики балансу мас.

Рівні точності для даних про діяльність визначаються з використанням порогів невизначеності, які необхідно тлумачити як максимально дозволена невизначеність, встановлену для визначення обсягу споживання палива або матеріалу за звітний період. Дотримання вимог відповідних рівнів точності повинно бути підтверджено в оцінці невизначеності, що подається Міндовкіллю разом з ПМ, за винятком установок, які використовують спрощений план моніторингу. В таблиці 1 наведено приклад визначення рівнів точності для спалювання палива. Повний список визначень рівнів точності для даних про діяльність наведено у додатку 1 до ПМЗ.

Таблиця 1. Типові визначення рівнів точності для даних про діяльність (приклад для спалювання палива)

№ рівня точності	Визначення
1	дані про діяльність: обсяг палива [т або тис. м ³] за звітний період визначається з максимально дозволеною невизначеністю $\pm 7,5\%$
2	дані про діяльність: обсяг палива [т або тис. м ³] за звітний період визначається з максимально дозволеною невизначеністю $\pm 5,0\%$
3	дані про діяльність: обсяг палива [т або тис. м ³] за звітний період визначається з максимально дозволеною невизначеністю $\pm 2,5\%$
4	дані про діяльність: обсяг палива [т або тис. м ³] за звітний період визначається з максимально дозволеною невизначеністю $\pm 1,5\%$

Слід відмітити, що невизначеність даних про діяльність повинна включати невизначеність ЗВТ, невизначеність, пов'язану із калібруванням, та іншу невизначеність, пов'язану з експлуатацією ЗВТ в конкретних умовах середовища, окрім випадків застосування деяких спрощень. При необхідності потрібно врахувати вплив невизначеності, пов'язаної з визначенням обсягу складських запасів на початок та кінець року (див. приклад 7 у розділі 8.3).

Існують два підходи до визначення даних про діяльність для матеріального потоку відповідно до пункту 27 ПМЗ:

- шляхом постійних накопичувальних вимірювань для процесу, який призводить до викидів ПГ (безпосереднє вимірювання);
- шляхом підсумування вимірювань окремо поставлених обсягів з урахуванням відповідних змін у запасах палива або матеріалу (розрахунок з урахуванням змін у запасах на складі).

ПМЗ не вимагає від кожного оператора обладнати установку ЗВТ високої точності за будь-яку ціну. Це суперечило б принципу економічної доцільності (співмірності додаткових витрат та підвищення точності). Тому дозволяється використовувати вимірювальні системи, які знаходяться:

- під власним контролем оператора (розділ 3.1.1) або
- поза контролем оператора, тобто, під контролем інших сторін (зокрема, постачальника палива, розділ 3.1.2). При здійсненні торговельно-комерційних операцій, таких як покупка палива, часто вимірювання здійснюється тільки одним торговельним партнером. Другий партнер виходить з того, що невизначеність, що пов'язана з вимірюванням, досить низька, тому що такі вимірювання належать до сфери законодавчо регульованої метрології. У випадку вимірювань поза сферою законодавчо регульованої метрології, вимоги щодо забезпечення точності вимірювання та якості ЗВТ, включаючи технічне обслуговування та калібрування, можуть бути включені у контракт з постачальником. При цьому оператор зобов'язаний отримати документальне підтвердження фактично застосованої невизначеності від торговельного партнера, щоб оцінити дотримання необхідного рівня точності.

Таким чином оператор має вибрати, чи використовувати власну вимірювальну систему, чи використовувати вимірювальну систему постачальника палива або матеріалу.

Проте ПМЗ надає перевагу вимірювальній системі під контролем оператора і, якщо оператор вирішив використовувати систему поза його контролем, незважаючи на те, що у нього є своя вимірювальна система, він повинен переконатися, що вимірювальна система постачальника забезпечує дотримання не нижчого або вищого рівня точності, отримання більш достовірних результатів та є менш вразливою до ризиків системи контролю. Для цього оператор здійснює спрощену оцінку невизначеності.

Пунктом 53 ПМЗ передбачено виняток для операторів установок, що використовують спрощений план моніторингу, яким дозволено визначати обсяги палива або матеріалу, використовуючи наявні та задокументовані записи щодо закупівель та розраховані за даними бухгалтерського обліку обсяги складських запасів, без необхідності порівняння точності власної вимірювальної системи із системою постачальника.

В цих Рекомендаціях обговорюються різні способи оцінки невизначеності. Слід мати на увазі, що багато з цих варіантів є спрощенням повної оцінки невизначеності. Проте, жоден із варіантів спрощення не є найкращим для усіх випадків. Загалом, оператор завжди може здійснити повну оцінку невизначеності для конкретної вимірювальної системи (див. розділ 8).

3.1.1 Вимірювальна система під контролем оператора

Якщо для визначення даних про діяльність оператор використовує результати вимірювання, отримані за допомогою вимірювальної системи під своїм контролем, він повинен забезпечити дотримання порогу невизначеності для відповідного рівня точності. Отже, для цього необхідна оцінка невизначеності. Хоча оператори установок з низькими обсягами викидів ПГ та простих установок звільняються від вимоги подавати Міндовкіллю оцінку невизначеності для затвердження ПМ, їм все ж може знадобитися така оцінка для своїх власних потреб, наприклад, для перевірки дотримання відповідності певному рівню точності.

Існує кілька факторів невизначеності, зокрема випадкові помилки, спричинені низькою прецизійністю (це невизначеність ЗВТ, яка зазначена виробником при використанні у відповідному середовищі, і деякі умови конкретної установки, наприклад, довжина прямого відрізка трубопроводу до і після витратоміра) та низькою правильністю (наприклад, в результаті старіння або корозії ЗВТ, що може призвести до дрейфу значень). Тому ПМЗ вимагає при проведенні оцінки невизначеності брати до уваги похибку вимірювань ЗВТ, а також вплив калібрування та всіх інших доречних факторів. Однак на практиці така оцінка невизначеності є дуже витратною та може перевищувати можливості та наявні ресурси багатьох операторів. Тому слід застосовувати прагматичний підхід та зосереджуватися на найбільш важливих факторах, що впливають на невизначеність. Крім цього, ПМЗ дозволяє декілька прагматичних спрощень.

На рисунку 3 наведені різні підходи до оцінки невизначеності, передбачені в ПМЗ для підтвердження дотримання порогів невизначеності для необхідних рівнів точності.

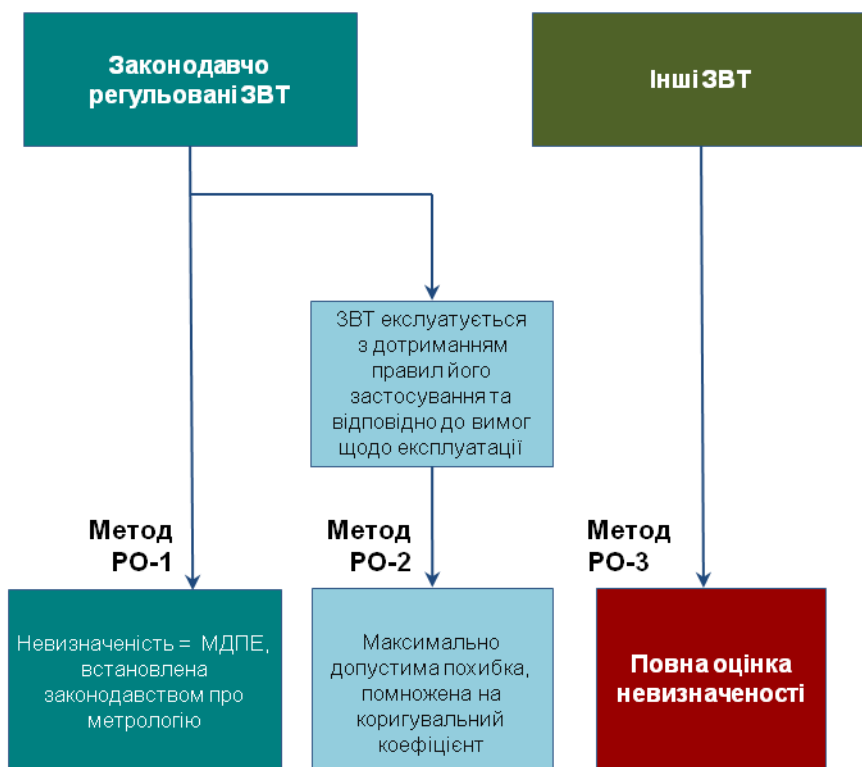


Рисунок 3. Дані про діяльність для методики на основі розрахунків: підходи до оцінки невизначеності при використанні вимірювальної системи під контролем оператора.

Примітка: «Р» означає методику на основі на розрахунків, «О» означає, що вимірювальна система знаходиться під контролем оператора.

Оператор може спростити оцінку невизначеності в наступних випадках.

1. Вимірювальна система перебуває під контролем оператора і застосовуються законодавчо регульовані ЗВТ⁶ (метод РО-1). У цьому випадку максимально допустима похибка під час експлуатації (МДПЕ), що встановлена законодавством про метрологію для відповідних вимірювань, може бути використана як показник невизначеності.
2. Якщо експлуатація законодавчо регульованих ЗВТ здійснюється з дотриманням правил застосування таких засобів, встановлених у нормативно-правових актах, і вимог щодо їх експлуатації, встановлених в експлуатаційних документах на такі засоби, оператор може зробити припущення, що невизначеністю за весь звітний період є максимально допустима похибка, помножена на коригувальний коефіцієнт, для врахування наслідків невизначеності в умовах експлуатації (метод РО-2). Цей варіант має сенс, якщо отримані показники невизначеності є нижчими, ніж у попередньому варіанті.

Якщо умови застосування спрощення не виконуються або отримані показники не відповідають потрібному рівню точності, необхідно провести повну оцінку невизначеності відповідно до методу РО-3. Оператор не зобов'язаний використовувати будь-який із

⁶ Термін «ЗВТ» (засіб вимірювальної техніки) використовується в даному контексті з міркувань простоти. У ПМЗ також використовується термін «вимірювальна система», оскільки для визначення даних про діяльність щодо одного матеріального потоку може використовуватися більше одного ЗВТ. В такому разі спрощення можуть застосовуватися до окремих ЗВТ за умови дотримання умов спрощення, а сумарна невизначеність, пов'язана з отриманими даними про діяльність в необхідних одиницях, визначається з урахуванням закону накопичення похибок (див. розділ 8.2).

спрощених підходів до оцінки невизначеності. Він завжди має право використовувати метод РО-3.

Слід зазначити, що положення Регламенту Комісії (ЄС) № 601/2012 про моніторинг та звітність щодо викидів парникових газів дозволяють оператору для ЗВТ, які використовуються поза сферою законодавчо регульованої метрології, застосовувати спрощену оцінку невизначеності шляхом припущення, що невизначеністю за весь звітний період вважається максимально допустима похибка, помножена на коригувальний коефіцієнт, для врахування наслідків невизначеності в умовах експлуатації, якщо їх експлуатація здійснюється з дотриманням правил застосування таких засобів і вимог щодо їх експлуатації, встановлених в експлуатаційних документах. У разі якщо в процесі запровадження системи МЗВ в Україні застосування операторами методу повної оцінки невизначеності для ЗВТ, які використовуються поза сферою законодавчо регульованої метрології, або перехід на виключно законодавчо регульовані ЗВТ будуть перевищувати можливості переважної більшості операторів, може бути доцільним внесення відповідних змін та доповнень до ПМЗ.

У разі технічної нездійсненності або необґрунтованих витрат на етапі початку функціонування системи МЗВ оператори можуть застосовувати методи РО-3а та РО-3б як європейську усталену галузеву практику.

Вибір підходу

Оператору, який шукає найпростіший підхід до оцінки невизначеності, спочатку варто перевірити, чи можна застосувати метод РО-1, тобто, чи є можливість використовувати виключно законодавчо регульовані ЗВТ та чи їх сумарна невизначеність не перевищує поріг для належного рівня точності⁷. Якщо максимально допустима похибка під час експлуатації, встановлена законодавством про метрологію для відповідних вимірювань, перевищує поріг невизначеності для належного рівня точності, оператор може використати інший підхід, тобто метод РО-2 або РО-3.

Який би метод не був обраний, результат повинен надати надійне підтвердження, що отримана невизначеність відповідає необхідному рівню точності. Якщо це не так, оператор повинен вжити необхідних заходів для виконання вимог ПМЗ:

- здійснити коригувальні дії для виправлення ситуації, тобто, встановити вимірювальну систему, яка відповідає вимогам належних рівнів точності, або
- навести відповідне обґрунтування того, що застосування належного рівня точності технічно нездійсненно або призведе до необґрунтованих витрат, та застосувати нижчий рівень точності відповідно до результату оцінки невизначеності.

Метод РО-1

Використовуються законодавчо регульовані ЗВТ

Невизначеність = Максимально допустима похибка під час експлуатації

Перше спрощення є найбільш простим на практиці: якщо у вимірювальній системі оператора використовуються законодавчо регульовані ЗВТ та оператор надав підтвердження цьому Міндовкіллю, МДПЕ, що встановлена законодавством про метрологію для

⁷ Згідно з пунктом 26 ПМЗ рівні точності для методики на основі розрахунків залежать від категорії установки та категорії матеріального потоку. Більш детальну інформацію див. в Загальних рекомендаціях.

відповідних вимірювань, може бути використана як показник невизначеності без надання додаткового підтвердження⁸. Прикладом підтвердження невизначеності в такому випадку може бути сертифікат перевірки ЗВТ, виданий відповідним органом.

Метрологічний нагляд⁹ за законодавчо регульованими ЗВТ зазвичай застосовується, якщо вони використовуються при проведенні торговельно-комерційних операцій. При цьому кожен тип ЗВТ оцінюється шляхом аналізу результатів вимірювань, отриманих під час проведення великої кількості випробувань.

Загалом, законодавчо регульовані засоби виміральної техніки вважаються більш надійними, оскільки оцінка їх відповідності є обов'язковою, а також їх повірка та калібрування проводяться уповноваженою організацією (питання калібрування описані нижче, метод РО-3б).

Метод РО-2

Використовуються законодавчо регульовані ЗВТ
з дотриманням правил застосування і вимог щодо їх експлуатації:

Невизначеність = Максимально допустима похибка × коригувальний коефіцієнт

Друге спрощення застосовується до законодавчо регульованих ЗВТ, експлуатація яких здійснюється з дотриманням правил застосування таких засобів, встановлених у нормативно-правових актах, і вимог щодо їх експлуатації, встановлених в експлуатаційних документах на такі засоби. В такому випадку оператор має право застосовувати спрощену оцінку невизначеності шляхом припущення, що невизначеністю за весь звітний період є максимально допустима похибка, помножена на коригувальний коефіцієнт, для врахування наслідків невизначеності в умовах експлуатації, якщо така отримана невизначеність є нижчою.

Метод РО-3. Повна оцінка невизначеності.

Оператор завжди має право здійснити повну оцінку невизначеності, наприклад, якщо він вважає, що вона дає надійніші результати. Крім того, повна оцінка невизначеності здійснюється, якщо жоден із методів спрощення не можна застосувати. Опис повної оцінки невизначеності наведено у розділі 8.

Важливо зазначити, що зобов'язання здійснити повну оцінку невизначеності не обов'язково означає, що така оцінка повинна бути розпочата «з нуля». У багатьох випадках можуть застосовуватися деякі елементи спрощення відповідно до методів РО-1, РО-2 або підходи РО-3а та РО-3б, що описані нижче та відображають європейську усталену практику. У цих випадках отримані значення невизначеності можуть бути основою для подальших розрахунків, наприклад, шляхом застосування закону накопичення похибок (розділ 8.2). Такий підхід є не лише більш прагматичним та менш витратним для оператора, але в більшості випадків він також дає надійніші результати.

⁸ Цей підхід полягає в тому, що контроль відповідності ЗВТ здійснюється в цьому випадку не Міндовкіллям, а центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері метрологічного нагляду (Держпродспоживслужба). Це запобігає подвійному регулюванню та зменшує адміністративний тягар.

⁹ Метрологічний нагляд — діяльність, яка провадиться у сфері законодавчо регульованої метрології з метою перевірки додержання суб'єктами господарювання вимог Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність», технічних регламентів та інших нормативно-правових актів у сфері метрології та метрологічної діяльності.

Приклад

Для визначення об'ємної витрати рідкої сировини оператор використовує турбінний витратомір, який є законодавчо регульованим ЗВТ. Оскільки ПМЗ вимагає звітності в одиницях маси (тоннах), оператор повинен визначати щільність рідини, що регулярно здійснюється за допомогою ареометра. Таким чином, спрощення відповідно до методу РО-1 або методу РО-2 не можна застосувати для матеріального потоку, вираженого в тоннах. Проте оператору можна порадижити використовувати невизначеність вимірювання об'єму, зазначену у відповідному документі, при розрахунку сумарної невизначеності шляхом застосування закону накопичення похибок (розділ 8.2).

Метод РО-3а. Невизначеність ЗВТ, зазначена в його документах

(європейська усталена практика)

ЗВТ не застосовується у сфері законодавчо регульованої метрології, але використовується в нормованих робочих умовах відповідно до правил його експлуатації:

Невизначеність = Максимально допустима похибка під час експлуатації

Цей підхід базується на припущенні, що невизначеність даних про діяльність щодо матеріального потоку може бути встановлена як невизначеність, відома для певного ЗВТ, за умови, що інші джерела невизначеності є несуттєвими (тобто, якщо практично відсутня дія впливних величин¹⁰ в межах встановлених нормованих робочих умов¹¹ для ЗВТ). Це має місце, зокрема, якщо ЗВТ застосовується відповідно до правил його експлуатації, визначених у відповідному документі.

Цей принцип дозволяє в якості показника невизначеності використовувати максимально допустиму похибку, визначену для ЗВТ під час експлуатації¹², якщо ЗВТ застосовується в умовах, які є належними відповідно до правил його експлуатації. Якщо інформація щодо МДПЕ відсутня або значення не відповідає порогам необхідного рівня точності, варто перевірити, чи можна застосувати значення невизначеності, отримане шляхом калібрування ЗВТ, помножене на консервативний коригувальний коефіцієнт для врахування наслідків невизначеності під час експлуатації, що відповідає методу РО-3б, описаному нижче. Зокрема, метод РО-3б слід використовувати, якщо отримана невизначеність є нижчою, ніж МДПЕ.

Джерела інформації для визначення МДПЕ і правил експлуатації ЗВТ можуть бути наступними:

- ✓ супровідна документація ЗВТ, надана виробником (наприклад, інструкція з експлуатації);
- ✓ правила застосування ЗВТ, встановлені у нормативно-правових актах;

¹⁰ Відповідно до Технічного регламенту засобів вимірювальної техніки, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 163 від 24 лютого 2016 р., «впливна величина - величина, яка не є вимірюваною величиною, але впливає на результат вимірювання».

¹¹ Відповідно до Технічного регламенту засобів вимірювальної техніки, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 163 від 24 лютого 2016 р., «нормовані робочі умови - значення вимірюваної величини і впливних величин, що утворюють нормальні робочі умови для засобу вимірювальної техніки».

¹² МДП під час експлуатації значно перевищує МДП нового ЗВТ. МДП під час експлуатації часто визначається за допомогою застосування коефіцієнту 2, тобто МДПЕ вдвічі перевищує МДП нового ЗВТ.

✓ інші відповідні документи¹³.

Значення невизначеності, наведені в вищезазначених джерелах, можуть використовуватися лише у випадках, коли ЗВТ застосовується відповідно до правил його експлуатації (див. кроки 1-4, описані нижче). При дотриманні цих умов значення невизначеності, отримані із зазначених джерел інформації, можна розглядати як МДПЕ, і жодні подальші коригування невизначеності не потрібні.

Оператор може підтвердити дотримання вимог ПМЗ за допомогою застосування наступних чотирьох кроків.

Крок 1: Наявність правил експлуатації, що визначають нормовані робочі умови

Інформація, надана виробником ЗВТ, зазвичай включає нормовані робочі умови, зокрема, кліматичні, механічні та електромагнітні умови, для яких призначене застосування ЗВТ, джерело живлення та інші величини, які впливають на його точність¹⁴. В якості альтернативи, в деяких випадках виробники можуть зазначати, що ЗВТ відповідає певному національному або міжнародному стандарту (CEN або ISO) або іншим нормативним документам (таким як документи Міжнародної організації законодавчої метрології¹⁵), в яких визначені належні робочі умови, включаючи допустимі межі значень відповідних впливних величин.

Крок 2: Дотримання належних умов експлуатації

Оператор повинен надати підтвердження дотримання нормованих робочих умов, зокрема допустимих меж відповідних впливних величин. Для цього оператор складає контрольний список відповідних впливних величин (приклад див. у розділі 8.1, таблиці 2 і 3) для кожного ЗВТ і порівняти фактичний діапазон значень кожної величини з діапазоном, визначеним у документах. Цей контрольний список має бути частиною оцінки невизначеності, яка подається Міндовкіллю для затвердження ПМ.

В результаті здійснення цього кроку має бути перевірено наступне:

- чи ЗВТ встановлений та застосовується належним чином;
- чи ЗВТ підходить для вимірювання потрібної величини;
- чи немає інших впливних величин, які могли б негативно впливати на точність ЗВТ.

Тільки якщо всі вимоги дотримуються, можна застосовувати припущення, що МДПЕ, вказана у відповідному джерелі інформації (див. вище), може бути використана без додаткового коригування.

Крок 3: Проведення процедур калібрування для забезпечення якості

Оператор повинен надати підтвердження того, що проводиться регулярне калібрування ЗВТ організацією, акредитованою відповідно до ДСТУ ISO/IEC 17025:2019, із застосуванням відповідних стандартів. В якості альтернативи, якщо калібрування проводиться неакредитованою організацією або виробником, оператор має надати підтвердження (наприклад, шляхом надання свідоцтва про калібрування ЗВТ), що

¹³ Розділ 8 містить консервативні значення невизначеності для найбільш поширених ЗВТ і умов їх експлуатації.

¹⁴ ЗВТ з нанесеним на них знаком відповідності технічним регламентам «СЕ», відповідають суттєвим вимогам, викладеним у додатку 1 Технічного регламенту засобів вимірювальної техніки, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 163 від 24 лютого 2016 р. Цей технічний регламент вимагає, щоб виробник визначив нормовані робочі умови. Якщо документи, що супроводжують ЗВТ, не містять інформації про нормовані робочі умови, оператор не може використовувати елементи спрощення.

¹⁵ Документи, що містять технічні характеристики, прийняті Міжнародною організацією законодавчої метрології (OIML) можна знайти за посиланням <http://www.oiml.org>.

застосована процедура та інструменти відповідають рекомендаціям виробника ЗВТ, а отримані результати знаходяться в межах, зазначених виробником.

Крок 4: Подальші процедури забезпечення якості вимірювання даних про діяльність

Відповідно до пунктів 57-58 ПМЗ, оператор зобов'язаний встановити, задокументувати, впровадити та підтримувати ефективну систему контролю, включаючи процедури забезпечення якості відповідних ЗВТ та обробки отриманих даних. У випадках, коли на установці впроваджено¹⁶ сертифіковані системи управління якістю або екологічного управління (наприклад, ДСТУ ISO 9001:2015, ДСТУ EN ISO 14001:2015, EMAS), для забезпечення регулярного та вчасного здійснення необхідних заходів з контролю (калібрування, технічного обслуговування, нагляду та дій у випадку відсутності даних/відмови ЗВТ тощо), рекомендується, щоб ці системи також охоплювали забезпечення якості для вимірювання даних про діяльність.

Тільки за умови успішного виконання всіх чотирьох кроків можна застосовувати припущення, що МДПЕ, отримана з відповідних джерел (див. вище), може використовуватися в якості показника невизначеності даних про діяльність без додаткових коригувань. Проте, сумарну невизначеність можна розраховувати шляхом поєднання невизначеностей, отриманих з різних джерел, та консервативної оцінки невизначеності, пов'язаної з окремими параметрами, щодо яких виявлено невідповідність (наприклад, швидкість потоку частково виходить за межі робочого діапазону), застосовуючи закон накопичення похибок (розділ 8.2).

Метод РО-36. Невизначеність ЗВТ, встановлена на основі калібрування

ЗВТ не застосовується у сфері законодавчо регульованої метрології, але використовується в нормованих робочих умовах відповідно до правил його експлуатації:

Невизначеність = Невизначеність, отримана в результаті калібрування × консервативний коригувальний коефіцієнт

Калібрування

Проведення регулярного калібрування - це процес, спрямований на забезпечення відповідності використовуваних ЗВТ певним національним або міжнародним стандартам вимірювання. Це досягається за допомогою калібрувальних матеріалів або методів, які створюють замкнутий ланцюг, що веде до умовно істинного значення, який використовується як стандарт вимірювання.

Якщо це можливо, калібрування має проводитися акредитованою лабораторією. Відповідні процедури та інтервали калібрування можна знайти у документації ЗВТ, наданої виробником, стандартах, наданих акредитованими лабораторіями, тощо.

ПРИМІТКА 1. Калібрування може бути виражене як твердження, функція калібрування, діаграма калібрування, калібрувальна крива або таблиця калібрування. У деяких випадках воно може складатися з додаткового або множинного коригування показання з відповідною невизначеністю вимірювання.

¹⁶ Система контролю, зазвичай, запроваджується на установці для інших цілей, таких як контроль якості або мінімізація витрат. У багатьох випадках матеріальні й енергетичні потоки також мають особливе значення для інших внутрішніх систем звітності (таких як фінансовий контроль).

ПРИМІТКА 2. Калібрування не слід плутати із налаштуванням вимірювальної системи, що часто помилково називається «автокалібруванням», а також з метрологічною перевіркою калібрування.

Приклад

Вимоги до калібрування витратоміра неводних рідин з вимірюванням статичного пуску/зупинки:

- витратомір встановлений відповідно до інструкції виробника;
- витратомір та вся система калібрування повністю заповнені рідиною та не містять газів;
- витратомір знаходиться при робочій температурі;
- всі налаштування параметрів, наскільки це можливо, мають бути документально оформлені;
- під час нульової швидкості потоку до і після вимірювання не спостерігається сигналу наявності потоку;
- умови калібрування (швидкість потоку, температура, тиск, тип рідини тощо) відповідають робочим умовам;
- швидкість потоку стабільна;
- тиск повинен бути досить високим, щоб уникнути газифікації або кавітації¹⁷; щільність та в'язкість також впливають на калібрувальну криву. Тому калібрування слід проводити в тих самих умовах, що очікуються під час звичайної експлуатації, та використовувати ті самі або подібні рідини;
- калібрування нульової точки потрібно виконувати до, а не під час серії вимірювань. Умови рідини (температура, тиск) повинні бути документально оформлені на момент обнуління. Обнуління не потрібно, якщо вихідний сигнал для нульової швидкості потоку нижчий, ніж допустимий діапазон для нульового значення, вказаний виробником.

Ключовим елементом кожної процедури калібрування є порівняння результатів вимірювань із еталонним стандартом шляхом застосування процедури, яка дозволяє визначити функцію калібрування та невизначеності вимірювань. Результатом калібрування буде надійна оцінка функції калібрування, її лінійність (якщо це вимагається) та невизначеність вимірювань. Невизначеність, отримана в результаті калібрування, повинна, наскільки це можливо, відноситися до фактично використовуваного робочого діапазону ЗВТ. Таким чином, процедура калібрування повинна відображати, наскільки це можливо, умови експлуатації, де встановлено ЗВТ (тобто, де він фактично застосовується).

У багатьох випадках потрібна вимірювана величина визначається не безпосередньо, а розраховується, виходячи з інших вхідних величин з функціональним зв'язком, наприклад об'ємний потік (f_v) розраховується шляхом вимірювання інших вхідних величин, таких як щільність (ρ) і різниця тиску (Δp), із застосуванням відношення $f_v = f_v(\rho, \Delta p)$. Невизначеність, пов'язана з потрібною вимірюваною величиною, буде в цьому випадку визначатися як сумарна стандартна невизначеність, враховуючи накопичення похибок окремих складових (розділ 8.2). Для сумарної стандартної невизначеності, пов'язаної з результатом вимірювання, складові похибки, пов'язані з довготривалим дрейфом та умовами

¹⁷ Кавітація - це утворення порожнин (кавітаційних бульбашок) у рідині, яке може відбуватися, коли рідина піддається швидким змінам тиску, наприклад у турбінах.

застосування ЗВТ, є також важливими чинниками, які повинні бути враховані (на додаток до похибки, пов'язаної з калібруванням).

Розширена невизначеність вимірювання розраховується шляхом множення сумарної стандартної невизначеності на коефіцієнт охоплення. Цей коефіцієнт часто приймається рівним 2 для нормального (гауссівського) розподілу даних. Коефіцієнт, що дорівнює 2, відповідає ймовірності 95%, що отриманий діапазон охоплює істинне значення (тобто, 95% довірчий інтервал). Слід звернути увагу на те, що цей коефіцієнт охоплення є частиною виразу невизначеності вимірювання при калібруванні. Цей коефіцієнт охоплення не є консервативним коригувальним коефіцієнтом (див. нижче).

Періодичність калібрування

Залежно від типу ЗВТ та умов середовища, невизначеність вимірювання може з часом збільшуватися (відбувається дрейф). Для кількісного визначення та запобігання збільшенню невизначеності, що виникає в результаті дрейфу, необхідно дотримуватися відповідного проміжку часу між проведенням калібрування.

Для законодавчо регульованих ЗВТ (для яких застосовується методи РО-1 та РО-2), міжкалібрувальні інтервали встановлюються відповідними нормативними документами.

Для інших ЗВТ міжкалібрувальні інтервали слід визначати на основі інформації, наведеної, наприклад, в супровідних документах (інструкціях) виробника або інших відповідних джерелах. Результати кожного калібрування, що дозволяють кількісно визначити відхилення, які мали місце, мають записуватися, і аналіз часових рядів попередніх калібрувань може бути корисним для визначення міжкалібрувального інтервалу. На основі цієї інформації оператор повинен визначити та дотримуватися відповідних інтервалів.

У будь-якому випадку оператор повинен щорічно перевіряти, чи використовувані ЗВТ все ще відповідають вимогам необхідних рівнів точності (відповідно до абзацу третього пункту 28 ПМЗ).

Калібрування в умовах виробництва

При проведенні калібрування в умовах виробництва слід запобігати певним типовим помилкам, включаючи наступні:

- спрощення процедури калібрування для досягнення певних цілей не відповідає вимогам до калібрування згідно з нормативними документами;
- точкові тести або короткі перевірки, які можуть застосовуватися, наприклад, для перевірки нульового значення та для щоденного забезпечення якості, не є повноцінним калібруванням;
- відкладення планового калібрування на основі позитивних результатів перевірки ЗВТ (що свідчать про належну роботу ЗВТ) або для економії витрат, пов'язаних з калібруванням;
- результати калібрування залишаються невикористаними для здійснення відповідних коригувань.

Крім того, можуть бути проблеми з доступом до ЗВТ для проведення калібрування, наприклад, його не можна демонтувати для перевірки або калібрування під час роботи установки, а технологічний процес не може бути зупинений, не створюючи серйозних перешкод для роботи установки або безпеки постачання продукції. Між плановими зупиненнями технологічного процесу можуть бути тривалі періоди часу, і в таких випадках періодичне калібрування з більш короткими інтервалами може бути неможливим.

Якщо існують лише обмежені можливості для проведення калібрування, оператор повинен погодити з Міндовкіллям альтернативний підхід, додавши при поданні ПМ для затвердження відповідне підтвердження технічної нездійсненності або виникнення необґрунтованих витрат¹⁸. При визначенні альтернативних заходів з контролю для ЗВТ слід враховувати пріоритетність застосування національних та інших стандартів, зазначену у пункті 35 ПМЗ¹⁹.

Консервативний коригувальний коефіцієнт

Для врахування будь-яких інших випадкових та систематичних помилок при застосуванні ЗВТ невизначеність, отриману в результаті калібрування (тобто, розширену невизначеність), слід помножити на консервативний коригувальний коефіцієнт. Оператор повинен визначити цей консервативний коригувальний коефіцієнт, наприклад, на основі досвіду, що має бути відображено в ПМ, затвердженому Міндовкіллям. За відсутності будь-якої інформації чи досвіду в якості прагматичного та прийняттого підходу рекомендується використовувати уніфікований коефіцієнт, що дорівнює 2. Отриманий результат може бути використаний як загальна невизначеність без додаткових коригувань.

Консервативний коригувальний коефіцієнт може використовуватися лише у тому випадку, якщо ЗВТ застосовується в умовах, які є належними відповідно до правил його експлуатації. Отже, необхідно виконати вимоги, описані для методу РО-3а (кроки 1 - 4). Якщо ці вимоги не дотримуються, цей підхід не можна застосовувати, і потрібно здійснити повну оцінку невизначеності, яка описана у розділі 8.

3.1.2 Вимірювальна система поза контролем оператора

Оператор може використовувати вимірювальну систему поза його контролем для визначення даних про діяльність, за умови, що ця система забезпечує дотримання не нижчого або вищого рівня точності, отримання більш достовірних результатів та є менш вразливою до ризиків системи контролю²⁰, ніж використання своїх власних ЗВТ, якщо такі наявні.

В таких випадках дані про діяльність можуть визначатися або на основі значень, вказаних в рахунках, виставлених торговельним партнером, або показників з вимірювальної системи, отриманих безпосередньо оператором.

Незалежно від обраного підходу, для даних про діяльність вимагаються такі ж рівні точності, як і при використанні системи під контролем оператора (розділ 3.1.1). Відмінність полягає в тому, яким чином оператор може підтвердити дотримання вимог та які спрощення можуть застосовуватися.

У випадку отримання первинних даних для визначення обсягу матеріалу або палива з рахунків, ПМЗ вимагає, щоб оператор та торговельний партнер були незалежними, тобто, не пов'язаними відносинами контролю. В принципі, це повинно гарантувати, що ці рахунки є достовірними. У багатьох випадках це також пов'язано із застосуванням вимог законодавчо регульованої метрології (розділ 3.1.1, метод РО-1).

¹⁸ Згідно з абзацом другим пункту 59 ПМЗ, якщо окремі компоненти вимірювальних систем не можуть бути відкалібровані, оператор зазначає про них у ПМ та застосовує альтернативні заходи з контролю.

¹⁹ Згідно з абзацами першим та другим пункту 35 ПМЗ: «Оператор зобов'язаний забезпечити, щоб відбір проб, лабораторний аналіз, калібрування та валідація для визначення розрахункових коефіцієнтів на основі лабораторних аналізів здійснювалися шляхом застосування відповідних методик, крім випадків, встановлених цим пунктом. У разі відсутності відповідного національного стандарту оператор має право використовувати відповідні міжнародні або європейські стандарти, проекти стандартів, усталену галузеву практику або інші науково визнані методики, які зменшують викривлення під час відбору проб або вимірювань».

²⁰ З питань оцінки ризиків див. Рекомендації з оцінки ризиків у системі МЗВ.

ПМЗ також дозволяє «гібридний» підхід, коли ЗВТ перебуває поза контролем оператора (тобто під контролем торговельного партнера), але оператор сам знімає показники з вимірювальної системи для цілей моніторингу. В такому випадку власник ЗВТ відповідає за їх технічне обслуговування, калібрування та налаштування, і, в цілому, за дотримання певного значення невизначеності, але дані щодо обсягу палива або матеріалу отримуються безпосередньо оператором. Така ситуація часто характерна для лічильників природного газу.

На рис. 4 представлено способи підтвердження дотримання вимог рівнів точності для даних про діяльність, передбачені ПМЗ для випадків використання вимірювальних систем поза контролем оператора. На рисунку «Р» означає методика на основі розрахунків, «Т» означає, що вимірювальна система знаходиться під контролем торговельного партнера.

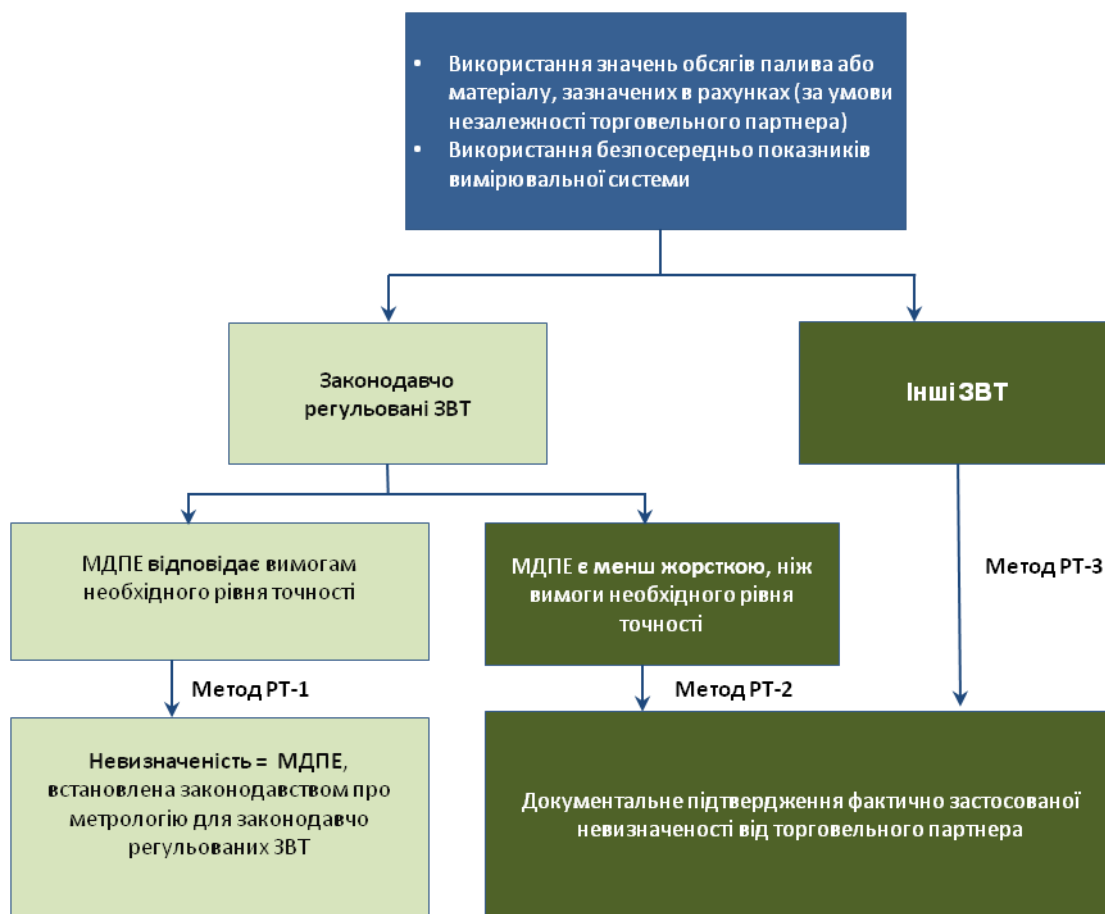


Рисунок 4. Дані про діяльність для методики на основі розрахунків: підходи до оцінки невизначеності при використанні вимірювальної системи поза контролем оператора.

Оператор може використовувати такі методи для оцінки невизначеності:

- максимально допустиму похибку під час експлуатації, що встановлена законодавством про метрологію для законодавчо регульованих ЗВТ, як невизначеність без надання додаткових доказів Міндовкіллю відповідно до абзацу другого пункту 32 ПМЗ (метод РТ-1), якщо застосовуються законодавчо регульовані ЗВТ;
- якщо максимально допустима похибка, встановлена законодавством, є менш жорсткою, ніж невизначеність, встановлена для необхідного рівня точності, оператор зобов'язаний отримати документальне підтвердження фактично застосованої невизначеності від торговельного партнера, відповідального за вимірювальну систему, відповідно до вимог абзацу третього пункту 32 ПМЗ (метод РТ-2);

- якщо застосовуються ЗВТ поза сферою законодавчо регульованої метрології, оператор повинен отримати документальне підтвердження фактично застосованої невизначеності від торговельного партнера (метод РТ-3).

Як зазначено в розділі 3.1.1, оператор повинен забезпечити відповідність вимогам необхідного рівня точності відповідно до пункту 26 ПМЗ. Якщо необхідний рівень точності не може бути досягнутий, то або потрібно здійснити коригувальні дії (зокрема, встановити ЗВТ, що забезпечать відповідність вимогам), або застосувати нижчий рівень точності за умови надання обґрунтування того, що застосування належного рівня точності технічно нездійсненно або призведе до необґрунтованих витрат.

Метод РТ-1

Використовуються законодавчо регульовані ЗВТ, що забезпечують дотримання невизначеності, встановленої для необхідного рівня точності

Невизначеність = Максимально допустима похибка під час експлуатації

Це спрощення застосовується з тих самих причин і за тих самих умов, що містяться в розділі 3.1.1, метод РО-1. Метод РТ-1 можна застосовувати, якщо МДПЕ, що встановлена законодавством про метрологію для законодавчо регульованих ЗВТ, не перевищує невизначеність, встановлену для необхідного рівня точності відповідно до пункту 26 ПМЗ. Оператор повинен мати підтвердження, що вимірювальна система торговельного партнера забезпечує дотримання не нижчого або вищого рівня точності, отримання більш достовірних результатів та є менш вразливою до ризиків системи контролю у порівнянні із системою вимірювання оператора²¹.

Метод РТ-2

Використовуються законодавчо регульовані ЗВТ, але МДПЕ є менш жорсткою, ніж невизначеність, встановлена для необхідного рівня точності:

оператор повинен отримати документальне підтвердження фактично застосованої невизначеності від торговельного партнера

Якщо МДПЕ, що встановлена законодавством про метрологію для законодавчо регульованих ЗВТ, перевищує невизначеність, встановлену для необхідного рівня точності відповідно пункту 26 ПМЗ, оператор повинен отримати документальне підтвердження фактично застосованої невизначеності від торговельного партнера, відповідального за вимірювальну систему. Оператор повинен також мати підтвердження, що вимірювальна система торговельного партнера забезпечує дотримання не нижчого або вищого рівня точності, отримання більш достовірних результатів та є менш вразливою до ризиків системи контролю у порівнянні із системою вимірювання оператора.

Таке підтвердження може також базуватися на повній оцінці невизначеності з використанням інформації про ЗВТ, отриманої від торговельного партнера. В такому випадку оператору слід ознайомитись з розділом 3.1.1, метод РО-3 (повна оцінка невизначеності) та розділом 8.

²¹ Законодавчо регульовані ЗВТ зазвичай відповідають зазначеним вимогам, що при застосуванні методу РТ-1 може бути обґрунтуванням вибору вимірювальної системи під контролем торговельного партнера.

Метод РТ-3

ЗВТ не застосовується у сфері законодавчо регульованої метрології:
оператор повинен отримати документальне підтвердження фактично застосованої
невизначеності від торговельного партнера

Цей метод подібний до методу РТ-2. У випадку, коли до вимірювання обсягів постачання палива чи матеріалу не застосовуються вимоги законодавчо регульованої метрології, оператор повинен отримати від торговельного партнера підтвердження фактично застосованої невизначеності, яка не повинна перевищувати невизначеність, встановлену для необхідного рівня точності відповідно до пункту 26 ПМЗ. Оператор також повинен мати підтвердження, що вимірювальна система торговельного партнера забезпечує дотримання не нижчого або вищого рівня точності, отримання більш достовірних результатів та є менш вразливою до ризиків системи контролю у порівнянні із системою вимірювання оператора.

Таке підтвердження може також базуватися на повній оцінці невизначеності з використанням інформації про ЗВТ, отриманої від торговельного партнера. В такому випадку оператору слід ознайомитись з розділом 3.1.1, метод РО-3 (повна оцінка невизначеності) та розділом 8.

3.2 Розрахункові коефіцієнти

На відміну від рівнів точності для даних про діяльність, рівні точності для розрахункових коефіцієнтів базуються не на дотриманні порогів невизначеності, а відповідають способу їх визначення, а саме розрахункові коефіцієнти можуть бути визначені як значення за замовчуванням або на основі лабораторних аналізів. Проте є один випадок, коли термін «невизначеність» застосовується в контексті визначення розрахункових коефіцієнтів. ПМЗ встановлює вимоги щодо мінімальної періодичності лабораторних аналізів палива чи матеріалу (абзац перший пункту 39 ПМЗ), і є одне виключення, при якому для визначення мінімальної періодичності необхідно врахувати поріг невизначеності для даних про діяльність (абзаци другий та третій пункту 39 ПМЗ):

«Оператор має право проводити лабораторні аналізи з іншою періодичністю, ніж зазначена в абзаці першому цього пункту, якщо вимоги щодо мінімальної періодичності аналізів не встановлені або якщо оператор надав обґрунтування того, що на основі попередніх даних, зокрема аналітичних показників для відповідного палива чи матеріалу протягом звітного періоду, який безпосередньо передує поточному звітному періоду, відхилення аналітичних показників для відповідного палива чи матеріалу не перевищували третину від порогу невизначеності, якого оператор зобов'язаний дотримуватися щодо визначення даних про діяльність для відповідного палива чи матеріалу...».

Оцінка невизначеності, яку необхідно здійснити в цьому випадку, відрізняється від звичайної оцінки невизначеності для даних про діяльність. Однак, це питання не розглядається в рамках цих Рекомендацій, а детально описано в Рекомендаціях з відбору та аналізу проб у системі МЗВ викидів ПГ.

4. Невизначеність для методики на основі неперервних вимірювань

Для методики на основі неперервних вимірювань, включаючи моніторинг викидів N_2O , оператор повинен навести у ПМ перелік усіх ЗВТ, встановлених у точках вимірювання, вказуючи їх робочий діапазон, невизначеність та періодичність вимірювання. ПМЗ не передбачає жодних спрощень для оцінки невизначеності при застосуванні методики на основі неперервних вимірювань, на відміну від методики на основі розрахунків.

Пункт 45 ПМЗ вимагає, щоб всі вимірювання здійснювалися із застосуванням методів на основі стандарту ДСТУ EN 14181:2014 “Викиди стаціонарних джерел. Забезпечення якості автоматизованих вимірювальних систем” (EN 14181:2014, IDT).

У разі відсутності відповідного національного стандарту оператор має право використовувати відповідні міжнародні або європейські стандарти, проекти стандартів, усталену галузеву практику або інші науково визнані методики, які можуть зменшити викривлення під час відбору проб або вимірювань.

Наприклад, стандарт ДСТУ EN 14181:2014 містить інформацію щодо рівнів забезпечення якості (QAL 2 і QAL 3), які мають мінімізувати невизначеність, а також інструкції щодо оцінки самої невизначеності. Рекомендації щодо рівня забезпечення якості QAL 1 можна знайти в ДСТУ EN ISO 14956:2008 Якість повітря. Оцінювання придатності процедури вимірювання на основі порівняння з указаною невизначеністю вимірювання (EN ISO 14956:2002, IDT).

Національних стандартів щодо вимірювання викидів ПГ, якими встановлені вимоги до секцій та місць вимірювання, наразі немає. Тому слід використовувати методи на основі європейського стандарту EN 15259 Air quality – Measurement of stationary source emissions – Requirements for measurement sections and sites and for the measurement objective, plan and report (“Якість повітря. Викиди стаціонарних джерел. Вимоги до вибору секцій і ділянок вимірювання, цілі та плану вимірювання та складання звіту”).

В пункті 45 ПМЗ також зазначається: «Оператор зобов’язаний взяти до уваги усі аспекти функціонування системи неперервного вимірювання, у тому числі розміщення обладнання, калібрування, технологію вимірювань, забезпечення та контроль якості».

Якщо стандарти або інші відповідні документи не містять інформації про оцінку невизначеності, деякі аспекти оцінки невизначеності можна знайти у розділі 8.

5. Невизначеність при застосуванні альтернативної методики

Відповідно до пункту 22 ПМЗ оператор має право застосувати альтернативну методику, тобто, методику моніторингу, засновану не на рівнях точності, для окремих матеріальних потоків або джерел викидів ПГ у разі одночасного дотримання таких умов:

- застосування принаймні рівня точності 1 відповідно до методики на основі розрахунків для одного або кількох значних матеріальних потоків або незначних матеріальних потоків та методики на основі неперервних вимірювань для одного або кількох джерел викидів ПГ, що відносяться до таких матеріальних потоків, технічно нездійсненно або призведе до необґрунтованих витрат;
- оператор відповідно до ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018 (ISO/IEC Guide 98-3:2008, IDT) “Невизначеність вимірювань. Частина 3. Настанова щодо подання невизначеності у вимірюванні (GUM:1995)” щороку оцінює сумарну невизначеність усіх параметрів, які використовуються для визначення обсягу річних викидів ПГ, та включає отримані результати до звіту оператора;
- оператор надав Міндовкіллю обґрунтування того, що під час застосування альтернативної методики моніторингу сумарна невизначеність річних викидів ПГ для всієї установки не перевищить наступні пороги:
 - 7,5% для установок категорії А;
 - 5,0% для установок категорії Б;
 - 2,5% для установок категорії В.

Детальнішу інформацію щодо здійснення оцінки невизначеності можна знайти в розділі 8.4.

6. Приклад оцінки невизначеності для установки з виробництва цементу

Європейська стала практика

Матеріальні потоки на установці

Ідентифікаційний номер матеріального потоку	Назва та тип матеріального потоку	Фактично застосована категорія потоку	Рівень точності*	Невизначеність
П01	Клінкер Вихід клінкеру (Метод Б)	значний	2	± 2,5%
П02	Вугілля Спалювання: тверді види палива	значний	4	± 1,5%
П03	Природний газ Спалювання: інші газоподібні та рідкі види палива	незначний**	4	± 1,5%
П04	Торф Спалювання: тверді види палива	мінімальний***	4	± 1,5%

* Оскільки установка, наведена для прикладу, належить до категорії Б (середній річний обсяг викидів ПГ становить більше 50000 тСО_{2екв}, але не перевищує 500 000 тСО_{2екв}), для значного матеріального потоку може бути застосований рівень точності на два рівня нижче, ніж найвищий рівень точності, якщо оператор навів обґрунтування, що застосування найвищого рівня точності технічно нездійсненно або призведе до необґрунтованих витрат.

** Для незначних матеріальних потоків необхідно застосовувати найвищий рівень точності, який є технічно здійсненним і не призведе до необґрунтованих витрат, при мінімальному рівні точності 1.

*** Для мінімальних матеріальних потоків можна застосовувати консервативну оцінку викидів ПГ замість застосування рівня точності, крім випадків, коли визначений рівень точності досягається в рамках звичайної виробничої діяльності оператора.

П01 – Клінкер: виробництво цементного клінкеру, метод Б

Визначення даних про діяльність

Дані про діяльність розраховуються відповідно до формули:

$$M_{\text{кл}} = V_{\text{кл}} \times \rho_{\text{кл}}$$

де:

$M_{\text{кл}}$ маса виробленого клінкеру, т

$V_{\text{кл}}$ об'єм виробленого клінкеру, м³

$\rho_{\text{кл}}$ щільність виробленого клінкеру, т/м³

та

- $V_{\text{кл}}$ вимірюється електронним тахеометром (ідентифікаційний номер в ПМ ЗВТ01).
- $\rho_{\text{кл}}$ вимірюється вагами (ідентифікаційний номер в ПМ ЗВТ02).

Таким чином, невизначеність даних про діяльність ($M_{\text{кл}}$) розраховується за наступною формулою:

$$u_{\text{ДД}} = \sqrt{u_V^2 + u_\rho^2}$$

де:

- $u_{\text{ДД}}$ невизначеність даних про діяльність ($M_{\text{кл}}$)
- u_V невизначеність об'єму виробленого клінкеру ($V_{\text{кл}}$)
- u_ρ невизначеність щільності виробленого клінкеру ($\rho_{\text{кл}}$)

Невизначеність засобів вимірювальної техніки

Невизначеність моніторингу об'єму виробленого клінкеру ($V_{\text{кл}}$)

$V_{\text{кл}}$ вимірюється електронним тахеометром TST (в ПМ ідентифікаційний номер: ЗВТ01).

Питання А: Чи ЗВТ01 є законодавчо регульованим ЗВТ?

Чи можна застосувати методи спрощення РО-1 або РО-2?

Відповідь: ні

Пояснення: показники ЗВТ01 не використовується для комерційного обліку і він не є законодавчо регульованим ЗВТ.

Висновок: методи спрощення РО-1 та РО-2 не можуть бути застосовані.

Рішення: перейти до питання Б, щоб перевірити, чи можливо застосувати підходи РО-3а або РО-3б.

Питання Б: Чи ЗВТ застосовується в нормованих робочих умовах відповідно до правил його експлуатації?

Чи можна застосувати підходи РО-3а або РО-3б?

Відповідь: так

Пояснення: у таблиці нижче наведені нормовані робочі умови, включаючи основні впливні величини.

Впливна величина / умови застосування	Оцінка дотримання умов	Підтвердження	Інші коментарі	Результат
Температура навколишнього середовища	було перевірено, чи використовується ЗВТ в межах діапазону температури від -20 °C до +40 °C	довідка про кліматичні умови	-	✓
Періодичність	було перевірено, чи ЗВТ	сертифікат	-	✓

калібрування та технічного обслуговування	відкалібрований відповідно до необхідної періодичності (щороку)	калібрування		
Електромагнітні поля	було перевірено, чи не знаходиться ЗВТ під впливом сильного електромагнітного поля	вимірювання електромагнітного поля в приміщенні складу клінкеру	-	✓
Кут вимірювання	було перевірено, чи використовується ЗВТ у межах діапазону (± 10 градусів)	н/з	виконується відповідно до внутрішньої процедури	✓
Діапазон вимірювання	було перевірено, чи використовується ЗВТ в межах діапазону вимірювання від 10 до 1000 м ³	н/з	виконується відповідно до внутрішньої процедури	✓
Джерело інформації для визначення належних умов експлуатації: інструкція з експлуатації ЗВТ				

Висновок: ЗВТ використовується в нормованих робочих умовах відповідно до правил його експлуатації.

Рішення: перейти до питання В, щоб перевірити, чи можна застосувати підхід РО-3а.

Питання В: Чи вказана максимально допустима похибка під час експлуатації?

Чи можна застосувати підхід РО-3а?

Відповідь: ні

Пояснення: виробник не вказує безпосередньо максимально допустиму похибку під час експлуатації. Не знайдено національного або міжнародного стандарту, який визначає МДПЕ для такого типу ЗВТ.

Висновок: значення МДПЕ відсутнє, тому неможливо використати метод РО-3а.

Рішення: перейти до питання Г, щоб перевірити, чи можна застосувати підхід РО-3б.

Питання Г: Чи наявне значення похибки, визначене при калібруванні?

Чи можна застосувати підхід РО-3б?

Відповідь: так

Пояснення: за результатами останнього калібрування визначено похибку $\pm 0,8\%$.

Висновок: похибка, отримана в результаті калібрування, може бути використана для розрахунку невизначеності ЗВТ.

Рішення: невизначеність електронного тахеометра TST (u_v) розраховується за формулою:

$$u_v = \text{похибка, отримана в результаті калібрування} \times \text{консервативний коригувальний коефіцієнт}$$

Похибка, отримана в результаті калібрування, становить 0,8%, а коригувальний коефіцієнт становить 2. Таким чином, невизначеність ЗВТ01 (u_v) становить $\pm 1,6\%$.

Загальний висновок: невизначеність моніторингу об'єму виробництва клінкеру базується на даних калібрування (підхід РО-3б). Невизначеність ЗВТ01 (u_v) становить $\pm 1,6\%$.

Невизначеність моніторингу щільності виробленого клінкеру ($\rho_{\text{кл}}$)

$\rho_{\text{кл}}$ визначається шляхом вимірювання маси стандартного зразка вагами (ідентифікаційний номер в плані моніторингу ЗВТ02).

Питання А: Чи ЗВТ02 є законодавчо регульованим ЗВТ?

Чи можна застосувати методи спрощення РО-1 або РО-2?

Відповідь: ні

Пояснення: показники ЗВТ02 не використовуються для комерційного обліку, і до ЗВТ02 не висуваються вимоги як до законодавчо регульованого ЗВТ.

Висновок: методи спрощення РО-1 та РО-2 не можуть бути застосовані.

Рішення: перейти до питання Б, щоб перевірити, чи можливо застосувати підходи РО-3а або РО-3б.

Питання Б: Чи ЗВТ застосовується в нормованих робочих умовах відповідно до правил його експлуатації?

Чи можна застосувати підходи РО-3а або РО-3б?

Відповідь: так

Пояснення: у таблиці нижче наведені нормовані робочі умови, включаючи основні впливні величини.

Впливна величина / умови застосування	Оцінка дотримання умов	Підтвердження	Інші коментарі	Результат
Вплив вітру	було перевірено, чи ЗВТ знаходиться під впливом вітру	н/з	ЗВТ застосовується в закритому приміщенні	✓
Положення на вагах	було перевірено, чи зважувана проба розташовується по центру чаші на вагах	інструкція для персоналу лабораторії	-	✓
Температура навколишнього середовища	було перевірено, чи використовується ЗВТ в межах діапазону температури від 0 °C до +30 °C	н/з	температура в приміщенні завжди знаходиться в цьому діапазоні	✓
Періодичність калібрування та технічного обслуговування	було перевірено, чи ЗВТ відкалібрований відповідно до необхідної періодичності (кожні шість місяців)	сертифікат калібрування		✓
Електромагнітні поля	було перевірено, чи не знаходиться ЗВТ під впливом сильного електромагнітного поля	вимірювання електромагнітного поля в приміщенні лабораторії		✓
Вплив коливань в	було перевірено, чи	інструкція для		✓

результаті розташування проби	відбувається зчитування результатів вимірювання після припинення коливань (90 секунд)	персоналу лабораторії		
Діапазон вимірювання	було перевірено, чи використовується ЗВТ в межах діапазону вимірювання від 5 до 25 кг	н/з	виконується відповідно до внутрішньої процедури	✓
Джерело інформації для визначення належних умов експлуатації: інструкція з експлуатації ЗВТ				

Висновок: ЗВТ використовується в нормованих робочих умовах відповідно до правил його експлуатації.

Рішення: перейти до питання В, щоб перевірити, чи можна застосувати підхід РО-3а

Питання В: Чи наявна максимально допустима похибка під час експлуатації?

Чи можна застосувати підхід РО-3а?

Відповідь: так

Пояснення: максимально допустима похибка, зазначена виробником, становить $\pm 0,5\%$.

Висновок: максимально допустима похибка під час експлуатації може використовуватися як невизначеність ЗВТ.

Рішення: якщо максимально допустима похибка під час експлуатації, вказана виробником, не забезпечує дотримання вимог необхідного рівня точності або можна досягти меншої невизначеності, для розрахунку невизначеності може бути використана похибка, отримана в результаті калібрування ЗВТ.

Перейти до питання Г, щоб перевірити, чи можна застосувати підхід РО-3б.

Питання Г: Чи наявне значення похибки, визначене при калібруванні?

Чи можна застосувати підхід РО-3б?

Відповідь: так

Пояснення: за результатами останнього калібрування визначено похибку $\pm 0,6\%$.

Висновок: похибка, отримана в результаті калібрування, може бути використана для розрахунку невизначеності ЗВТ.

Рішення: оскільки МДПЕ, вказана виробником ЗВТ, нижче, ніж невизначеність, отримана в результаті калібрування (похибка, помножена на коригувальний коефіцієнт 2), то МДПЕ використовується як невизначеність ваг, що застосовуються для вимірювання щільності клінкеру (u_p).

Загальний висновок: невизначеність моніторингу щільності виробленого клінкеру базується на МДПЕ (підхід РО-3а) та відповідає невизначеності ЗВТ02 (u_p), що становить $\pm 0,5\%$.

Невизначеність даних про діяльність

Як зазначалося вище, загальна невизначеність даних про діяльність (маса виробленого клінкеру - $M_{кл}$) розраховується за наступною формулою:

$$u_{дд} = \sqrt{u_v^2 + u_p^2} = \sqrt{1,6\%^2 + 0,5\%^2} = 1,71\%$$

Таким чином, невизначеність даних про діяльність становить менше 2,5%, що відповідає порогу невизначеності для рівня точності 2, який є найвищим рівнем точності для цього виду діяльності при застосуванні методу Б.

7. Консервативні значення невизначеності вимірювання для поширених типів ЗВТ

У наступних таблицях наведено огляд консервативних значень невизначеності вимірювання для деяких найбільш поширених типів ЗВТ, які можуть використовуватися при застосуванні підходу РО-3а.

Значення невизначеності та додаткові умови, наведені в таблицях нижче, повинні використовуватися тільки в тому випадку, якщо немає більш детальної інформації в документах, наданих виробником ЗВТ, або в нормативних документах, зокрема, в документах Міжнародної організації законодавчої метрології (OIML). Також, ці значення невизначеності можна використовувати лише за умови дотримання правил експлуатації ЗВТ, що повинно бути підтверджено виконанням кроків 1-4, описаних у розділі 3.1.1 для методу РО-3а. Для ЗВТ, що застосовуються для вимірювання газів і рідин, відповідними нормативними документами OIML є R137 і R117, а для твердих речовин - R76.

Слід також звернути увагу на те, що для кожного типу ЗВТ визначено рекомендовані міжкалібрувальні інтервали. Це означає, що після кожного калібрування можуть бути виконані вимоги щодо застосування спрощеного методу РО-3б (розділ 3.1.1), що дозволить отримати більш надійні результати. Цей варіант слід завжди розглянути та за можливості застосувати замість використання значень за замовчуванням, наведених нижче.

Роторний лічильник
Середовище: газ
Відповідні стандарти: ДСТУ EN 12480:2006 Лічильники газу роторні. Загальні технічні умови (EN 12480:2002/A1:2006, IDT) Невизначеність для робочого діапазону 0-20% шкали: 3% Невизначеність для робочого діапазону 20-100% шкали: 1,5%
Умови: <ul style="list-style-type: none"> - один раз на 10 років очищення, калібрування та, за необхідності, налаштування - щорічна перевірка рівня масла в картері - застосування фільтра для забрудненого газу - термін служби 25 років
Середовище: рідина
Невизначеність для робочого діапазону 0-10% шкали: 1% Невизначеність для робочого діапазону 10-100% шкали: 0,5%
Умови: <ul style="list-style-type: none"> - один раз на 5 років очищення, калібрування та, за необхідності, налаштування (або раніше, якщо через ЗВТ пройшов об'єм рідини, який дорівнює 3500 годин × верхню межу робочого діапазону ЗВТ) - щорічне технічне обслуговування відповідно до інструкції виробника або загальних вимог для даного принципу вимірювання - термін служби 25 років

<p>Турбінний лічильник</p> <p>Середовище: газ</p> <p>Відповідні стандарти: ДСТУ EN 12261:2006 Лічильники газу турбінні. Загальні технічні умови (EN 12261:2002/A1:2006; EN 12261:2002/AC:2003, IDT)</p> <p>Невизначеність для робочого діапазону 0-20% шкали: 3 %</p> <p>Невизначеність для робочого діапазону 20-100% шкали: 1,5%</p> <p>Умови:</p> <ul style="list-style-type: none"> - один раз на 5 років очищення, калібрування та, за необхідності, налаштування - щорічна візуальна перевірка (обстеження) - один раз на три місяці змащення підшипників (окрім підшипників постійного змащення) - застосування фільтра для забрудненого газу - не застосовується для пульсуючого потоку газу - термін служби 25 років - відсутність перевантаження більше, ніж 30 хвилин > 120% верхньої межі робочого діапазону
<p>Середовище: рідина</p> <p>Невизначеність для робочого діапазону 10-100% шкали: 0,5%</p> <p>Умови:</p> <ul style="list-style-type: none"> - один раз на 5 років очищення, калібрування та, за необхідності, налаштування - один раз на три місяці змащення підшипників (окрім підшипників постійного змащення) - застосування фільтра для забрудненої рідини - термін служби 25 років - відсутність перевантаження більше, ніж 30 хвилин > 120% верхньої межі робочого діапазону
<p>Мембранний лічильник</p> <p>Середовище: газ</p> <p>Відповідні стандарти: ДСТУ EN 1359:2012 Лічильники газу мембранні. Загальні технічні умови (EN 1359:1998/A1:2006, IDT)</p> <p>Невизначеність для робочого діапазону 0-20% шкали: 7,5%</p> <p>Невизначеність для робочого діапазону 20-100% шкали: 4,5%</p> <p>Умови:</p> <ul style="list-style-type: none"> - один раз на 10 років очищення, калібрування та, за необхідності, налаштування - щорічне технічне обслуговування відповідно до інструкції виробника або загальних вимог для даного принципу вимірювання - термін служби 25 років

<p>Діафрагмовий витратомір</p> <p>Середовище: газ і рідина</p> <p>Відповідні стандарти: ДСТУ EN ISO 5167-1:2019 Вимірювання витрати рідини пристроями вимірювання диференціального тиску, поміщеними в заповнені трубопроводи круглого перерізу. Частина 1. Загальні принципи та вимоги (EN ISO 5167-1:2003, IDT; ISO 5167-1:2003, IDT)</p> <p>Невизначеність для робочого діапазону 20-100% шкали: 3%</p> <p>Умови:</p> <ul style="list-style-type: none"> - щорічне калібрування датчика тиску - один раз на 5 років калібрування діафрагмового витратоміра - щорічна перевірка абразійного зносу отвору та його забруднення - щорічне технічне обслуговування відповідно до інструкції виробника або загальних вимог для даного принципу вимірювання - термін служби 30 років - відсутність корозійних газів і рідин <p>Вимоги до встановлення діафрагми: якщо інше не зазначене виробником, прямий трубопровід довжиною мінімум 50 діаметрів перед місцем встановлення діафрагми і 25 діаметрів після нього; гладка поверхня внутрішньої стінки.</p>
<p>Витратомір Вентурі</p> <p>Середовище: газ і рідина</p> <p>Відповідні стандарти: ДСТУ EN ISO 5167-1:2019 Вимірювання витрати рідини пристроями вимірювання диференціального тиску, поміщеними в заповнені трубопроводи круглого перерізу. Частина 1. Загальні принципи та вимоги (EN ISO 5167-1:2003, IDT; ISO 5167-1:2003, IDT)</p> <p>Газ: невизначеність для робочого діапазону 20-100% шкали - 2%</p> <p>Рідина: невизначеність для робочого діапазону 20-100% шкали - 1,5%</p> <p>Умови:</p> <ul style="list-style-type: none"> - щорічне калібрування датчика тиску - один раз на 5 років калібрування всього ЗВТ - щорічна візуальна перевірка (обстеження) - щорічне технічне обслуговування відповідно до інструкції виробника або загальних вимог для даного принципу вимірювання - термін служби 30 років - відсутність корозійних газів і рідин
<p>Ультразвуковий витратомір</p> <p>Середовище: газ і рідина</p> <p>Відповідні стандарти: ДСТУ ISO 17089-1:2014 Вимірювання потоку плинного середовища в закритих каналах. Ультразвукові лічильники газу. Частина 1. Лічильники для комерційного обліку та вимірювання в газорозподільчих системах (ISO 17089-1:2010, IDT)</p> <p>Газ: невизначеність для робочого діапазону 1-100% шкали - 2%</p> <p>Газ (зовнішні ЗВТ): невизначеність для робочого діапазону 1-100% шкали - 4%</p>

Рідина: невизначеність для робочого діапазону 1-100% шкали - 3%

Умови:

- один раз на 5 років очищення, калібрування та, за необхідності, налаштування
- щорічна перевірка контакту між датчиком і стінкою труби
- коли немає достатнього контакту, датчик у зборі необхідно замінити відповідно до специфікацій виробника
- щорічна перевірка корозії стінки труби
- щорічна перевірка (обстеження) датчиків
- щорічне технічне обслуговування відповідно до інструкції виробника або загальних вимог для даного принципу вимірювання
- термін служби 15 років
- відсутність частотних перешкод
- склад середовища відомий

Вимоги до встановлення ультразвукових витратомірів: якщо інше не зазначене виробником, прямий трубопровід довжиною мінімум 10 діаметрів перед витратоміром і 5 діаметрів після нього.

Вихровий витратомір

Середовище: газ

Газ: невизначеність для робочого діапазону 10-100% шкали - 2,5%

Рідина: невизначеність для робочого діапазону 10-100% шкали - 2%

Умови:

- один раз на 5 років очищення, калібрування та, за необхідності, налаштування
- щорічна перевірка (обстеження) датчиків
- щорічна перевірка обтічного тіла
- щорічна перевірка корозії стінки
- щорічне технічне обслуговування відповідно до інструкції виробника або загальних вимог для даного принципу вимірювання
- термін служби 10 років
- відсутня вібрація ЗВТ
- уникнення ударної хвилі

Вимоги до встановлення вихрових витратомірів: якщо інше не зазначене виробником, прямий трубопровід довжиною мінімум 15 діаметрів перед витратоміром і 5 діаметрів після нього.

Витратомір Кориоліса

Середовище: газ і рідина

Газ: невизначеність для робочого діапазону 10-100% шкали - 1,5%

Рідина: невизначеність для робочого діапазону 10-100% шкали - 1%

Умови:

- один раз на 3 роки очищення, калібрування та, за необхідності, налаштування
- обережне встановлення
- щорічна перевірка встановлення на нуль
- щорічна перевірка корозії та абразивного зношування
- щорічна перевірка датчиків і передавальних пристроїв

<ul style="list-style-type: none"> - щорічне технічне обслуговування відповідно до інструкції виробника або загальних вимог для даного принципу вимірювання - термін служби 10 років
Витратомір з овальними шестернями
<p>Середовище: рідина</p> <p>Невизначеність для робочого діапазону 5-100% шкали: 1%</p> <p>Умови:</p> <ul style="list-style-type: none"> - в'язкі рідини (мастило) - один раз на 5 років очищення, калібрування та, за необхідності, налаштування - легкорухомі рідини - один раз на 2 роки очищення, калібрування та, за необхідності, налаштування - щорічна перевірка абразивного зношування - щорічне технічне обслуговування відповідно до інструкції виробника або загальних вимог для даного принципу вимірювання - термін служби 30 років

Електронні перетворювачі
<p>Середовище: газ</p> <p>Відповідні стандарти: ДСТУ EN 12405-1:2017 Лічильники газу. Пристрої перетворювання. Частина 1. Коригування об'єму (EN 12405-1:2005 + A2:2010, IDT), EN 12405-1:2005+A1:2006</p> <p>Невизначеність для робочого діапазону 0,95-11 бар і -10 – 40°C: 1%</p> <p>Умови:</p> <ul style="list-style-type: none"> - один раз на 4 роки калібрування та, за необхідності, налаштування - заміна батарейок (частота визначена в інструкції виробника) - щорічне технічне обслуговування відповідно до інструкції виробника або загальних вимог для даного принципу вимірювання - термін служби 10 років

8. Повна оцінка невизначеності для матеріальних потоків

Цей розділ містить огляд загального підходу до оцінки невизначеності, якщо не застосовуються жодні спрощення. Більш детальну інформацію можна знайти у стандарті ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018 (ISO/IEC Guide 98-3:2008, IDT) “Невизначеність вимірювань. Частина 3. Настанова щодо подання невизначеності у вимірюванні (GUM:1995)”.

Оцінка невизначеності включає:

- невизначеність застосованого ЗВТ;
- невизначеність, пов’язану з калібруванням;
- будь-яку іншу невизначеність, пов’язану з практичним використанням ЗВТ.

Якщо на додаток до вимірювання об’єму потрібно вимірювати додаткові параметри, такі як тиск та температуру, слід також враховувати їх невизначеність. Якщо інформація щодо невизначеності, зазначена виробником, не може застосовуватися через недотримання правил експлуатації, оператор повинен обґрунтувати та надати підтвердження, що відхилення від вимог не впливає на невизначеність. Якщо це неможливо, він повинен зробити консервативну та обґрунтовану оцінку невизначеності. Можливі фактори, які впливають на невизначеність, включають:

- вихід за межі робочого діапазону;
- різні невизначеності в залежності від навантаження або швидкості потоку;
- атмосферні умови (вітер, коливання температури, вологість, корозійні речовини);
- умови експлуатації (адгезія, коливання щільності та в’язкості, нерівномірна швидкість потоку, неоднорідність);
- умови встановлення (підняття, згинання, вібрація, коливання);
- використання ЗВТ для вимірювання іншого середовища, ніж те, для якого він призначений;
- інтервали калібрування.

Основну увагу слід приділяти найбільш важливим параметрам, таким як температура, тиск (різниця тиску), швидкість потоку, в’язкість тощо, обираючи ті, що мають найбільший вплив на відповідні вимірювання. Значні впливні величини необхідно враховувати та кількісно оцінювати. Сумарну невизначеність необхідно розрахувати за відповідною формулою згідно з законом накопичення похибок. Деякі приклади розрахунку невизначеності наведені в цьому розділі.

У таблиці 2 наведено список різних впливних величин та чинників, які можуть бути важливими для оцінки невизначеності. Список не є вичерпним, водночас, у багатьох випадках деякі наведені чинники можна не враховувати, оскільки вони, ймовірно, мають мінімальний вплив на результати. Проте цей список може використовуватися як відправна точка для здійснення оцінки ризиків щодо невизначеності даних про діяльність. Він може допомогти сконцентрувати увагу на найбільш важливих чинниках. У таблиці 3 наведені впливні величини та чинники, які характерні для деяких типів ЗВТ.

Таблиця 2. Типові впливні величини та чинники, які треба враховувати для визначення даних про діяльність

	Газоподібні матеріальні потоки	Рідкі матеріальні потоки	Тверді матеріальні потоки
Впливні величини та чинники, що стосуються вимірювального обладнання та його установки	турбулентність в потоці газу впливає на температуру оточуючого середовища довгострокова експлуатація (періодичність калібрування та технічного обслуговування) вимірювання в межах робочого діапазону електромагнітні поля	турбулентність в потоці рідини, утворення /виділення бульбашок з розчинених газів температура середовища довгострокова експлуатація (періодичність калібрування та технічного обслуговування) вимірювання в межах робочого діапазону електромагнітні поля моніторинг обсягу запасів фазовий перехід	вплив вітру та сонячного випромінювання температура середовища довгострокова експлуатація (періодичність калібрування та технічного обслуговування) положення на вагах електромагнітні поля моніторинг обсягу запасів нахил (кут) конвеєрних стрічок режим пуску та зупинки вимірювання в межах робочого діапазону контроль вібрації
Впливні величини та чинники, що стосуються вимірюваного середовища (палива чи матеріалу)	температура тиск коефіцієнт стискання точка роси (тільки для деяких газів) корозійність	температура щільність в'язкість точка кипіння або замерзання (тільки в деяких випадках) корозійність	наявність домішок, вологість можливість отримати вагу нетто (наприклад, старіння упаковки) особливості поводження з паливом / матеріалом вплив висушування щільність характеристики потоку (наприклад, розмір часток) адгезивність точка плавлення (якщо доречно)

Таблиця 3. Впливні величини та чинники, які характерні для деяких типів ЗВТ

Тип ЗВТ	Впливна величина / чинник	Заходи з перевірки або зменшення впливу
Вимірювання газів та рідин		
Турбінний лічильник	перемінний потік, пульсація	відповідні робочі умови, уникнення пульсації, наприклад, за допомогою приладів для контролю
Мембранний лічильник	правильне визначення температури та тиску	використання електронного перетворювача для визначення об'єму
Діафрагмовий витратомір, витратомір Вентурі	пошкодження, нерівності поверхні трубки, стабільність датчиків перепаду тиску	дотримання вимог ДСТУ EN ISO 5167-1:2019
Ультразвуковий витратомір	сильний вплив шуму	зменшення шуму
Вихровий витратомір	пульсація	уникнення пульсації
Витратомір Коріоліса	удари, вібрація	застосування вбудованих компенсаторів
Лічильник із овальними шестернями	резонансні коливання, забруднення	пригнічувачі коливань, фільтри
Вимірювання твердих речовин		
Конвеєрні ваги	адгезія, ковзання, якщо стрічка має нахил	використання горизонтальної стрічки
Ваги колесного навантажувача	адгезія	установка на нуль (обнуління) після кожного вимірювання
Залізничні ваги (статичні)	зважуваний об'єкт розташований не повністю на вагах	використання достатньо великих ваг
Ковшові (скіпові), автомобільні, кранові ваги	вітер	використання захищених від вітру місць

8.1 Закон накопичення похибок

У багатьох випадках вимірювана величина отримується не безпосередньо, а розраховується на основі інших вхідних величин з урахуванням функціонального зв'язку, наприклад, об'ємний потік (f_v) розраховується шляхом вимірювання таких вхідних величин, як щільність (ρ) та різниця тиску (Δp) із застосуванням відношення $f_v = f_v(\rho, \Delta p)$. Невизначеність вимірюваної величини визначається як сумарна стандартна невизначеність з урахуванням закону накопичення похибок.

При розрахунку сумарної невизначеності необхідно розрізнити:

некорельовані (незалежні) вхідні величини, і

корельовані (взаємозалежні) вхідні величини.

Якщо оператор використовує різні ЗВТ для визначення обсягу окремих частин одного матеріального потоку, для розрахунку невизначеності такі вимірювання можна вважати некорельованими.

Приклад А

Для вимірювання об'ємного потоку газу здійснюється перерахунок з m^3 на нормальні або стандартні m^3 з урахуванням температури та тиску, які вимірюються окремими ЗВТ. Ці параметри, зазвичай, можна вважати некорельованими (розділ 8.1.1, зокрема, приклад 3).

Приклад Б

Річне споживання вугілля на електростанції визначається шляхом зважування партій, доставлених протягом року, тими самими конвеєрними вагами. Враховуючи явище дрейфу під час експлуатації та невизначеність, пов'язану з калібруванням конвеєрних ваг, невизначеності окремих зважувань є корельованими (розділ 8.1.2, зокрема, приклад 5).

Однак, таке припущення повинно ґрунтуватися на ретельній оцінці в кожному випадку, оскільки може бути значна кореляція між двома вхідними величинами, якщо використовується той самий ЗВТ, фізичний стандарт вимірювання або довідкові дані, що мають значну стандартну невизначеність.

8.1.1 Некорельовані вхідні величини

Якщо некорельовані вхідні величини X_1, \dots, X_n використовуються для розрахунку вимірюваної величини $Y = Y(X_1, \dots, X_n)$, невизначеність U_Y можна визначити так:

$$U_Y = \sqrt{\left(\frac{\partial Y}{\partial X_1} \times U_{X_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial X_2} \times U_{X_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial Y}{\partial X_n} \times U_{X_n}\right)^2}$$

де:

U_Y невизначеність вимірюваної величини Y (абсолютне значення)

U_{X_i} невизначеність вхідної величини X_i (абсолютне значення)

Приклад 1. Некорельовані вхідні величини

$Y=Y(X_1, X_2)$ визначається на основі наступного відношення:

$$Y = X_1 \times X_2$$

Частковими похідними є:

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} = X_2 \qquad \frac{\partial Y}{\partial X_2} = X_1$$

Абсолютна невизначеність виражається як:

$$U_{Y1} = \sqrt{(X_2 \times U_{X1})^2 + (X_1 \times U_{X2})^2}$$

де:

U_Y абсолютна невизначеність вимірюваної величини Y
 U_{Xi} абсолютна невизначеність вхідної величини X_i

Відносна невизначеність виражається як:

$$\frac{U_Y}{Y} = u_Y = \sqrt{\frac{(X_2 \times U_{X1})^2 + (X_1 \times U_{X2})^2}{X_1^2 \times X_2^2}} = \sqrt{\left(\frac{U_{X1}}{X_1}\right)^2 + \left(\frac{U_{X2}}{X_2}\right)^2} = \sqrt{u_{X1}^2 + u_{X2}^2}$$

де:

u_Y відносна невизначеність вимірюваної величини Y
 u_{Xi} відносна невизначеність вхідної величини X_i

Квадрат відносної невизначеності вимірюваної величини, таким чином, просто визначається як сума квадратів відносних невизначеностей вхідних величин.

Приклад 2. Невизначеність суми некорельованих величин

Котел для виробництва технологічної пари працює використовуює природний газ в якості палива. Природний газ подається до котла десятьма різними трубопроводами, кожен з яких обладнаний лічильником.

Обсяг спожитого газу визначається десятьма різними діафрагмовими витратомірами, що відповідають стандарту ДСТУ EN ISO 5167-1:2019. Невизначеність обсягу річного споживання природного газу (невизначеність суми), розраховується за такою формулою:

$$u_{\text{сумарна}} = \frac{\sqrt{(U_1)^2 + (U_2)^2 + \dots + (U_i)^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_i|}$$

де:

$u_{\text{сумарна}}$	сумарна (відносна) невизначеність річного обсягу споживання природного газу
U_i	абсолютна невизначеність окремих лічильників i
x_i	обсяг природного газу, що вимірюється щорічно кожним лічильником i

Приклад 3. Невизначеність добутку некорельованих величин

Теплоелектроцентраль (ТЕЦ) з декількома котлами працює на природному газі. Річний обсяг споживання визначається системою вимірювання на центральному замірному вузлу подачі газу (перед розподілом на окремі котли). Вимірювання обсягу газу здійснюється за допомогою турбінного лічильника, окремого вимірювача тиску та окремого вимірювача температури.

Для розрахунку викидів ПГ необхідно визначити об'єм природного газу в стандартних кубічних метрах. Для перерахунку м^3 в Ст м^3 необхідно враховувати показники тиску та температури (для чого застосовується множення). Тому невизначеність об'єму природного газу в Ст м^3 (невизначеність добутку), розраховується за такою формулою:

$$u_{\text{сумарна}} = \sqrt{u_V^2 + u_T^2 + u_P^2}$$

де:

$u_{\text{сумарна}}$	сумарна (відносна) невизначеність об'єму природного газу, приведеного до стандартних умов
u_V	(відносна) невизначеність вимірювання об'єму природного газу
u_T	(відносна) невизначеність вимірювання температури природного газу
u_P	(відносна) невизначеність вимірювання тиску природного газу

8.1.2 Корельовані вхідні величини

Якщо корельовані вхідні величини X_1, \dots, X_n використовуються для розрахунку вимірюваної величини $Y=Y(X_1, \dots, X_n)$, невизначеність Y можна визначити так:

$$U_Y = \left(\left| \frac{\partial Y}{\partial X_1} \right| \times U_{X1} \right) + \left(\left| \frac{\partial Y}{\partial X_2} \right| \times U_{X2} \right) + \dots + \left(\left| \frac{\partial Y}{\partial X_n} \right| \times U_{Xn} \right)$$

де:

U_Y	абсолютна невизначеність вимірюваної величини Y
U_{X_i}	абсолютна невизначеність вхідної величини X_i

Приклад 4. Корельовані вхідні величини

$Y=Y(X_1, X_2)$ визначається таким відношенням:

$$Y = X_1 \times X_2$$

Якщо у прикладі, описаному вище, вхідні величини були б корельованими, сумарна відносна невизначеність розраховувалася б таким чином:²²

$$u_Y = u_{X_1} + u_{X_2}$$

Отже, відносна невизначеність вимірюваної величини визначається просто як сума відносних невизначеностей вхідних величин.

Приклад 5. Невизначеність суми корельованих величин

Електростанція працює на вугіллі. Споживання вугілля протягом звітного періоду визначається шляхом зважування партій, доставлених протягом року, тими самими конвеєрними вагами. Враховуючи явище дрейфу під час експлуатації та невизначеність, пов'язану з калібруванням конвеєрних ваг, невизначеності окремих зважувань є корельованими.

Таким чином, сумарна невизначеність, пов'язана з визначенням загального обсягу вугілля, отриманого протягом звітного періоду, розраховується за такою формулою:

$$u_{\text{сумарна}} = \frac{U_1 + U_2 + \dots + U_n}{|x_1 + x_2 + \dots + x_n|}$$

де:

$u_{\text{сумарна}}$	загальна (відносна) невизначеність, пов'язана з визначенням обсягів вугілля
U_n	абсолютна невизначеність конвеєрних ваг ($U_1 = U_2 = U_n$)
x_n	обсяг вугілля у кожній партії

У цьому випадку відносна невизначеність, пов'язана з визначенням загального обсягу вугілля за рік, дорівнює відносній невизначеності конвеєрних ваг.

Приклад 6. Невизначеність добутку корельованих величин

На заводі з виробництва неметалевої мінеральної продукції²³ втрати при спалюванні визначаються шляхом зважування зразка продукції на настільних вагах до процесу згоряння та після нього. Втрати при спалюванні розраховуються як різниця мас до і після процесу згоряння, поділені на початкову вагу. Невизначеності, пов'язані з результатами зважування, є корельованими, тому що використовуються ті ж самі настільні ваги.

²² Слід звернути увагу, що приклад наведено лише для дуже особливого випадку, коли коефіцієнт кореляції для всіх вхідних величин становить 1. Якщо коефіцієнт відрізняється від 1, то необхідно застосувати більш складні функції для коваріацій, які не включені до цього документу. Більш детальну інформацію можна знайти у стандарті ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018 (ISO/IEC Guide 98-3:2008, IDT) «Невизначеність вимірювань. Частина 3. Настанова щодо подання невизначеності у вимірюванні (GUM:1995)».

²³ Включає виробництво вапна, цементу, скла.

Таким чином, невизначеність, пов'язана з визначенням втрат при спалюванні (невизначеність добутку/частки), розраховується за такою формулою:

$$u_{\text{сумарна}} = u_1 + u_2$$

де:

$u_{\text{сумарна}}$	сумарна (відносна) невизначеність, пов'язана з визначенням втрат при спалюванні
$u_{1,2}$	відносна невизначеність вимірювання маси до і після згоряння

8.2 Невизначеність обсягу запасів палива та невизначеність, коли установка частково охоплена системою МЗВ

Приклад 7. Невизначеність обсягу запасів палива

Загальний річний обсяг споживання мазуту розраховується як сума поставок палива автоцистернами з урахуванням змін обсягу запасів палива в резервуарі. Вантажні автомобілі оснащені витратомірами, які перебувають у сфері метрологічного нагляду за законодавчо регульованими ЗВТ; їх максимально допустима похибка становить 0,5%. Одна вантажівка здатна доставити 25 000 літрів мазуту. На основі прогнозу споживання, оператор планує отримати близько 750 000 літрів мазуту протягом наступного року. Отже, очікується 30 поставок автоцистернами на рік.

Резервуар для зберігання мазуту на установці має місткість 40 000 літрів. Він має циліндричну форму, площа поверхні рідини складає 8 м², невизначеність вимірювання рівня становить 2,5% загального об'єму.

Слід звернути увагу на те, що резервуар для зберігання мазуту може вмістити 5,3% обсягу його річного споживання (40 000/750 000). Це перевищує граничне значення 5%, встановлене ПМЗ, тому невизначеність, пов'язану із зміною запасів, необхідно включити в оцінку невизначеності²⁴.

Річний обсяг споживання мазуту визначається за формулою:

$$Q_v = P - E + (S_{\text{початок}} - S_{\text{кінець}})$$

де:

Q_v	обсяг споживання мазуту за рік (в одиницях об'єму)
P	обсяг поставок мазуту за рік
E	обсяг експорту мазуту за рік (наприклад, частина палива передається на інші установки або використовується в межах установки для видів діяльності, які не включені в систему МЗВ)
$S_{\text{початок}}$	обсяг запасів мазуту в резервуарі на початку року
$S_{\text{кінець}}$	обсяг запасів мазуту в резервуарі в кінці року

Оскільки обсяг придбаного мазуту (P) протягом всього року визначається як сума багатьох вимірювань, тобто 30 окремих поставок автоцистернами, P можна записати у

²⁴ Згідно з пунктом 29 ПМЗ невизначеність, пов'язана із зміною запасів, повинна включатися в оцінку невизначеності, якщо складські приміщення можуть вмістити 5% і більше обсягу відповідного палива або матеріалу, які споживаються або виробляються протягом року.

вигляді:

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_{30}$$

де:

P_i обсяг однієї поставки автоцистерною

Таким чином, усі вхідні величини для визначення Q_v можна вважати некорельованими²⁵. В даному випадку, експорт мазуту відсутній ($E = 0$), тож невизначеність можна розрахувати відповідно до розділу 8.2.1 як невизначеність суми некорельованих величин:

$$u_{Q_v} = \frac{\sqrt{(U_{S, \text{початок}})^2 + (U_{S, \text{кінець}})^2 + (U_{P_1})^2 \dots + (U_{P_{30}})^2}}{|S_{\text{початок}} - S_{\text{кінець}} + P_1 + \dots + P_{30}|}$$

де:

u_{Q_v} сумарна (відносна) невизначеність обсягу споживання мазуту за рік в одиницях (Q_v , в одиницях об'єму)

$U_{S,P}$ абсолютна невизначеність обсягу мазуту в резервуарі або обсягу однієї поставки (в одиницях об'єму)

Невизначеність обсягу запасу в резервуарі є однаковою для обох вимірів. Оскільки різницю між $S_{\text{початок}}$ і $S_{\text{кінець}}$ неможливо передбачити, можна зробити припущення, що $S_{\text{початок}} - S_{\text{кінець}}$ становить нуль. Якщо обсяг всіх поставок P_i є однаковим, а вимірювання мають однакову абсолютну невизначеність, то рівняння спрощується до:

$$u_{Q_v} = \frac{\sqrt{2 \times (U_S)^2 + n \times (U_{P_i})^2}}{P}$$

$$u_{Q_v} = \frac{\sqrt{2 \times (40000 \times 2,5\%)^2 + 30 \times (25000 \times 0,5\%)^2}}{75000} = 0,21\%$$

Оскільки для моніторингу дані про діяльність (обсяг споживання мазуту) повинні бути виражені в тоннах, необхідно враховувати густину палива (маса розраховується шляхом множення об'єму на густину). Невизначеність визначення густини за допомогою зважування репрезентативних зразків становить близько 3%. Використовуючи формулу з розділу 8.2.1 для розрахунку сумарної невизначеності добутку некорельованих величин, отримуємо:

²⁵ Вимірювання рівня мазуту в резервуарі можна вважати некорельованими через тривалий період між вимірами (початок і кінець року). Проте, оскільки вимірювання здійснюється тим самим ЗВТ, фактично може бути певна кореляція. Для цього прикладу зроблено припущення, що ці величини є некорельованими. В цілому, наявність кореляції необхідно оцінювати, наприклад, шляхом визначення коефіцієнтів кореляції відповідно до ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018 (ISO/IEC Guide 98-3:2008, IDT) «Невизначеність вимірювань. Частина 3. Настанова щодо подання невизначеності у вимірюванні (GUM:1995)».

$$u_{Qm} = \sqrt{u_{Qv}^2 + u_{\rho}^2} = \sqrt{0,21\%^2 + 3\%^2} = 3,007\%$$

де:

u_{Qv}	відносна невизначеність об'єму споживання мазуту за рік (Q_v)
u_{Qm}	відносна невизначеність маси споживання мазуту за рік (Q_m)
u_{ρ}	відносна невизначеність густини мазуту (ρ)

Хоча вимірювання об'єму мали досить низьку невизначеність, перерахунок в масу призводить до значного підвищення сумарної невизначеності через високу невизначеність густини. Тому вдосконалення в майбутньому повинні бути спрямовані на зменшення невизначеності густини.

Приклад 8. Невизначеність для матеріальних потоків, які частково передаються до інших установок або підустановок, які не включені в систему МЗВ

Цей приклад стосується випадків, коли установка частково охоплена системою МЗВ, тобто не на всі частини установки поширюється вимога здійснювати моніторинг викидів ПГ, або коли для визначення обсягу споживання палива або матеріалу необхідно враховувати обсяг його експорту (передачі) до інших споживачів.

Вимірювання величини, проведене внутрішнім лічильником (невизначеність) для неохопленої частини, можна вирахувати з кількості матеріального потоку, яка вимірюється головним приладом, що підпадає під державний метрологічний контроль (невизначеність становить 2%).

Припустимо, що установка щорічно отримує 500 000 м³ природного газу, що вимірюється головним лічильником, який є законодавчо регульованим ЗВТ. Невизначеність головного лічильника становить 2%. З отриманого обсягу природного газу 100 000 м³ передаються іншим споживачам. Цей обсяг газу вимірюється внутрішнім лічильником, до якого не застосовуються вимоги метрологічного нагляду і невизначеність якого становить 5%. Щоб визначити обсяг споживання природного газу установкою, потрібно вирахувати обсяг передачі природного газу до інших споживачів із загального обсягу отриманого природного газу. Невизначеність обсягу споживання природного газу установкою розраховується наступним чином:

$$u_{\text{споживання}} = \frac{\sqrt{(2\% \times 500\,000)^2 + (5\% \times 100\,000)^2}}{|500\,000 + (-100\,000)|} = 2,8\%$$

Слід звернути увагу на те, що немає необхідності здійснювати оцінку невизначеності головного лічильника газу, оскільки він є законодавчо регульованим ЗВТ (застосовується спрощення за методом РО-1). Однак, необхідно спочатку оцінити невизначеність внутрішнього лічильника, що не є законодавчо регульованим ЗВТ, аби розрахувати сумарну невизначеність для матеріального потоку.

8.3 Невизначеність для всієї установки (альтернативна методика)

Цей розділ застосовується, якщо частина або усі викиди ПГ від установки визначаються із застосуванням альтернативної методики.

Приклад 9. Невизначеність загальних викидів ПГ від установки при застосуванні альтернативної методики

Установка категорії А спалювала виключно природний газ, її річні викиди становили 35 тис. т CO₂. Оскільки це паливо отримується за комерційною угодою, для обліку використовується лічильник, який є законодавчо регульованим ЗВТ. Невизначеність даних про діяльність становить 2,0%, що відповідає значенню максимально допустимої похибки при експлуатації цього ЗВТ. Оскільки це був єдиний матеріальний потік, невизначеність загальних викидів ПГ становила 2,0%. Всі розрахункові коефіцієнти було визначені як значення за замовчуванням, які при застосуванні методики на основі розрахунків не впливають на невизначеність загальних викидів ПГ²⁶.

Згодом на установці з'являється додатковий матеріальний потік, щодо якого також потрібно буде здійснювати моніторинг викидів ПГ. Оператор надає підтвердження Міндовкілля, що застосування принаймні першого рівня точності відповідно до методики на основі розрахунків, наприклад, встановлення вимірювальної системи, є технічно нездійсненним, через що він пропонує використовувати альтернативну методику. Оператор надає підтвердження, що невизначеність викидів ПГ від нового матеріального потоку становить 18% (95% довірчий інтервал). Очікувані викиди від нового матеріального потоку – 12 тис. т CO₂ щороку.

При застосуванні альтернативної методики оператор установки категорії А повинен надати підтвердження, що невизначеність викидів ПГ від усієї установки не перевищує 7,5%. У даному прикладі оператор повинен розрахувати невизначеність за допомогою рівняння:

$$\text{Вик}_{\text{Загальні}} = \text{Вик}_{\text{ПрГаз}} + \text{Вик}_{\text{Альт}}$$

де:

Вик _{Загальні}	загальні викиди ПГ від установки
Вик _{ПрГаз}	викиди ПГ від спалювання природного газу
Вик _{Альт}	викиди ПГ від нового матеріального потоку, моніторинг якого здійснюється відповідно до альтернативної методики

Оскільки невизначеність загальних викидів ПГ можна розглядати як невизначеність суми некорельованих величин, вона розраховується таким чином:

$$u_{\text{сумарна}} = \frac{\sqrt{(2,0\% \times 35\,000)^2 + (18\% \times 12\,000)^2}}{|35\,000 + 12\,000|} = 4,8\%$$

Невизначеність викидів ПГ від усієї установки не перевищує 7,5%. Отже, застосування альтернативної методики відповідає вимогам пункту 22 ПМЗ.

²⁶ Слід звернути увагу на те, що значення за замовчуванням (наприклад, значення МГЕЗК або значення з Національного кадастру викидів ПГ) також мають свою невизначеність. При застосуванні альтернативної методики таку невизначеність також необхідно враховувати шляхом розрахунку сумарної невизначеності добутку некорельованих величин (див. приклад 3).