

УДК 504.054:504.064  
№ держреєстрації 0119U102766  
Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ

НАУКОВО-ДОСЛІДНА УСТАНОВА  
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ  
ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ»  
(УКРНДІЕП)

61166, м. Харків, вул. Бакуліна, 6, тел./ факс. (057) 702 15 92

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор УКРНДІЕП  
д-р геогр. наук, проф.

А. В. Гриценко



грудня 2019 року

ЗВІТ  
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ  
за темою № 16/1.4-19

“Розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища”  
(проміжний)

Науковий керівник НДР  
зав. лабораторії

Калі

О. О. Калініченко

2019

Результати роботи розглянуто Вченою радою УКРНДІЕП,  
протокол від 12 грудня 2019 р. № 8

## СПИСОК АВТОРІВ

Науковий керівник НДР,  
зав. лабораторії еколого-аналітичних  
досліджень, головний метролог

*Кар*

О.О. Калініченко  
(розділ 1, додатки А,  
Б)

Відповідальний виконавець,  
науковий співробітник

*АЮ*

А.Ю. Мельников  
(розділ 3, додатки А,  
Б)

Виконавці:  
Науковий співробітник

*СВ*

С.В. Нікітіна  
(висновки, додаток Б)

Науковий співробітник

*ОВ*

О.В. Черба  
(вступ, розділ 2)

Науковий співробітник

*СП*

С.П. Буштець  
(розділ 2, додаток Б)

Науковий співробітник

*СВ*

С.В. Лачин  
(додаток Б)

Науковий співробітник

*ІМ*

І.М. Смаровидло  
(реферат, розділ 2)

Науковий співробітник

*ГВ*

Г.В. Аболмасова  
(розділ 2)

Інженер I кат.

*ЮВ*

Ю.В. Волков  
(розділ 2)

Інженер I кат.

*ТК*

Т.К. Манжай  
(розділ 2)

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 77 с., 5 дод., 37 джерел.

НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ; ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ, ОБ'ЄКТИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА, ДОСТОВІРНІСТЬ, СТАНДАРТНА НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ, РОЗШИРЕНА НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ, ХІМІКО-АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.

Об'єкт дослідження – оцінка якості вимірювань, що виконуються з метою контролю стану навколишнього природного середовища.

Мета роботи – забезпечення єдності та необхідної точності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища, шляхом розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань та впровадження її у вимірювальні підрозділи територіальних органів Державної екологічної інспекції України. Оцінювання невизначеності є однією з необхідних і обов'язкових процедур для вимірювальних лабораторій згідно з вимогами ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій і ДСТУ ISO 10012:2005 Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання.

Актуальність НДР зумовлено проблемою довіри до вимірювальної інформації про стан об'єктів довкілля та джерел їх забруднення; необхідністю захисту споживачів цієї інформації, зокрема, органів виконавчої влади від наслідків неправомірних управлінських рішень, прийнятих із використанням недостовірних результатів вимірювань.

Метод досліджень – аналітичний огляд існуючих національних та міжнародних документів з питань оцінки невизначеності вимірювань.

Розроблено першу редакцію проекту Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища.

Розроблений проект першої редакції методики включає:

- основні вимоги до розрахунку невизначеності вимірювань;
- алгоритм розрахунку при оцінюванні невизначеності;
- приклади розрахунку стандартної невизначеності за типами А та В, сумарної стандартної невизначеності, розширеної невизначеності вимірювань, з врахуванням різних типів вхідних даних.

Виконана НДР має суттєве значення для забезпечення:

- достовірності вимірювальної інформації щодо показників стану навколишнього природного середовища, насамперед концентрацій забруднюючих речовин в об'єктах довкілля та джерелах їх забруднення, отриманої під час здійснення контролю та моніторингу, яка підпадає під сферу законодавчо регульованої метрології;

- наближення практики вимірювальних підрозділів територіальних органів Державної екологічної інспекції України до стандартів ЄС.

Розроблювану Методику розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища буде використано вимірювальними підрозділами Державної екологічної інспекції України в складі з іншими документами системи управління випробуваннями/вимірюваннями для:

- забезпечення сталого функціонування системи управління;
- підготовки персоналу до виконання робіт відповідно до вимог системи управління та ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 і ДСТУ ISO 10012:2005;
- удосконалення та впорядкування діяльності із забезпечення якості;
- підтвердження відповідності системи управління вимогам відповідних стандартів.

Впровадження цієї Методики сприятиме

- підвищенню достовірності вимірювальної інформації щодо показників стану навколишнього природного середовища;
- ефективності контролю та моніторингу;
- створенню підґрунтя для напрацювання та впровадження правильних управлінських рішень в галузі охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки.

## ЗМІСТ

Вступ.....	С. 6
1 Передумови розроблення проекту Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища .....	9
2 Аналітичний огляд міжнародних документів із питань розрахунку невизначеності вимірювань.....	17
3 Основні вимоги до Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища .....	22
Висновки.....	24
Перелік джерел посилання .....	26
Додаток А Копія технічного завдання НДР Розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища .....	30
Додаток Б Проект Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища .....	33
Додаток В Рецензія внутрішня.....	66
Додаток Г Рецензія зовнішня.....	69
Додаток Д Витяг з протоколу засідання Вченої ради .....	72

## ВСТУП

Одна з основних засад державної екологічної політики, а саме, відповідальність органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування за доступність, своєчасність і достовірність екологічної інформації, не може бути забезпечена, а такі інструменти державної екологічної політики, як комплексний моніторинг стану навколишнього природного середовища і нагляд (контроль) у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів, екологічний облік тощо, не можуть бути дієвими та ефективними без якісної вимірювальної інформації.

Результати вимірювань, отримані при проведенні моніторингу та контролю за станом об'єктів навколишнього природного середовища та джерел їх забруднення, складають інформаційну основу управлінських дій при вирішенні різноманітних еколого-господарських проблем і від їх єдності та належної точності залежить ефективність моніторингу за станом навколишнього природного середовища, ефективність контролю за дотриманням природоохоронного законодавства, ефективність співробітництва суб'єктів моніторингу та контролю, вирішення проблем трансграничного моніторингу, дієвість економічного механізму природокористування.

Актуальність НДР зумовлено проблемою довіри до вимірювальної інформації про стан об'єктів довкілля та джерел їх забруднення; необхідністю захисту споживачів цієї інформації, зокрема, органів виконавчої влади від наслідків неправомірних управлінських рішень, прийнятих із використанням недостовірних результатів вимірювань.

Мета роботи полягає у забезпеченні єдності та необхідної точності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища, шляхом розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань та впровадження її у вимірювальні підрозділи територіальних органів Державної екологічної інспекції України. Оцінювання невизначеності є однією з необхідних і обов'язкових процедур для вимірювальних лабораторій згідно з вимогами ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 Загальні вимоги до компетентності

випробувальних та калібрувальних лабораторій [1] і ДСТУ ISO 10012:2005 Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання [2].

Для досягнення мети виконано наступні завдання:

вивчено та проаналізовано нормативно-методичну базу, переважно міжнародні та європейські стандарти, керівні документи, з питань оцінювання невизначеності вимірювань із метою досягнення необхідного рівня відповідності розроблюваного документу світовому досвіду та практиці;

визначено основні вимоги до розрахунку невизначеності вимірювань;

визначено алгоритм розрахунку при оцінюванні невизначеності;

розроблено приклади розрахунку стандартної невизначеності за типами А та В, сумарної стандартної невизначеності, розширеної невизначеності вимірювань, з врахуванням різних типів вхідних даних;

розроблено першу редакцію проекту Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища (далі – Методики).

Розроблювану Методику призначено для імплементації вимірювальними підрозділами територіальних органів Державної екологічної інспекції України (далі – ВП ДЕІ) для вирішення таких завдань:

- оцінювання характеристик якості результатів вимірювань із урахуванням сучасних міжнародних підходів,

- підготовки персоналу ВП ДЕІ до виконання робіт із оцінювання невизначеності результатів вимірювань,

- удосконалення та впорядкування діяльності ВП ДЕІ із забезпечення якості,

- забезпечення сталого функціонування системи управління в ВП ДЕІ,

що дасть підґрунтя для підтвердження своєї кваліфікації щодо проведення вимірювань у сфері законодавчо регульованої метрології, а саме під час контролю стану навколишнього природного середовища, акредитацією за міжнародними правилами, встановленими ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 і ДСТУ ISO 10012:2005.

Впровадження цієї Методики сприятиме

- підвищенню достовірності вимірювальної інформації щодо показників стану навколишнього природного середовища;
- ефективності контролю та моніторингу;
- створенню підгрунтя для напрацювання та впровадження правильних управлінських рішень в галузі охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки.

НДР виконано на підставі:

Тематичного плану прикладних наукових досліджень на 2019-2021 науково-дослідної установи «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем» (УКРНДІЕП), затвердженого заступником Міністра екології та природних ресурсів України 18.07.2019 року (п. 3);

пропозицій Державної екологічної інспекції України, лист № 2/7-4-885 від 17.02.2019.

Технічне завдання та календарний план НДР розглянуто та ухвалено Вченою Радою УКРНДІЕП.

# **1 ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЕКТУ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ, ЩО ЗДІЙСНЮЮТЬСЯ У СФЕРІ ЗАКОНОДАВЧО РЕГУЛЬОВАНОЇ МЕТРОЛОГІЇ ПІД ЧАС КОНТРОЛЮ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

1.1 На глобальному рівні, вимірювання лежать в основі світової науки і міжнародної торгівлі. З поняттям "вимірювання" нерозривно пов'язана така властивість як "єдність вимірювань", яка дає основу для визначення придатності результатів вимірювань до конкретного застосування; оцінювання ризиків і управління на їх основі; співставлення та взаємного визнання результатів вимірювань на регіональному, національному та міжнародному рівнях. Епоха глобального ринку вимагає єдиного підходу в питаннях, зокрема, вирішення еколого-господарських проблем, встановлення відповідності технічним вимогам товарів і послуг тощо. Такий механізм передбачає, що методи оцінювання якості результатів вимірювань повинні бути глобально єдиними з тим, щоб вимірювання, проведені в різних країнах, можна було порівняти за єдиними правилами. Саме це забезпечить взаємне визнання результатів вимірювань.

1.2 На даний час існують дві концептуальні моделі оцінювання якості результатів вимірювань:

- модель, заснована на понятті «похибка вимірювань» (класична модель).
- модель, заснована на понятті «невизначеність вимірювань».

1.3 Класичний підхід в оцінюванні якості результатів вимірювань, вперше застосований великим математиком Карлом Гауссом і потім розвинений багатьма поколіннями математиків і метрологів, ґрунтується на понятті «похибка», яке визначається як різниця між вимірним значенням величини і її істинним чи дійсним (умовно істинним) значенням. Вважається, що істинне значення існує, але експериментально визначити його неможливо через похибки (систематичні та випадкові) вимірювальних пристроїв і методів (наприклад, [3, 4]).

У цьому підході мають місце два види похибок, а саме - випадкові і систематичні. Розподіл похибок за характером прояву на систематичні і

випадкові призводить до внутрішнього протиріччя в цій моделі, яке проявляється під час аналізування та оцінювання похибок необхідністю використовувати як статистичні, так і нестатистичні методи. А з цього випливає, що не існує математично коректних і загальноприйнятих засобів комбінування систематичної і випадкової складових похибки в одну сумарну похибку, яка давала б загальне уявлення про якість результату вимірювань, його близькість до істинного значення величини. Крім того, неможливо коректно визначити ні істинне значення, з його єдиним неіснуючим і теоретичним значенням, ні дійсне значення, яке «якомога ближче» (а як близько?) наближається до істинного. Таким чином, в рамках цієї концептуальної моделі розрахування сумарної похибки передбачає використання досить умовних прийомів більшого чи меншого ступіню обґрунтованості [1].

З класичної моделі також випливає, що похибки можна розділити:

- «непізнавані», які не можна визначити по відношенню до насправді неіснуючого істинного значення;
- «умовно пізнавані», які можна визначити по відношенню до реально існуючого, але умовно точного дійсного значення.

1.4 Подолання зазначених суперечностей класичної моделі призвело до появи концепції невизначеності [5, 6]. Невизначеність згідно з [7] визначається як «невід'ємний параметр, що характеризує розсіювання значень величини, що приписуються вимірюваній величині на підставі інформації, що використовується» і є суто позитивною за знаком. Похибка ж на відміну від невизначеності по знаку може бути як позитивною, так і негативною.

Аналіз невизначеностей базується на постулатах, що ні точне значення вимірної величини, ні точна похибка його одержання не можуть бути визначені [6]: "Невизначеність результатів таким чином є відображенням того факту, що для даної величини, яка вимірюється, і для даного результату вимірювання немає єдиного значення, а є нескінченне число значень, розсіяних навколо результату, який узгоджується з усіма спостереженнями і даними, а також із знанням фізичного світу і який з певним ступенем впевненості може бути приписаний

величині, яка вимірюється." Необхідно розглядати і результат, і похибку його вимірювання як невизначену випадкову величину, що характеризується своїм розподілом ймовірностей, і для оцінки якої можна вказати лише границі інтервалу, у межах яких вона знаходиться з заданою достовірністю. При цьому залишається невідомим, в якій точці цього інтервалу вона знаходиться.

Концепція невизначеності повністю не відкидає поняття «істинне значення», воно використовується для формулювання мети вимірювання та формування моделі вимірювання (одного з основних понять нової концепції), проте постулюється, що через кінцеву кількість визначених складових із конкретної сукупності факторів впливу на результат, тобто неповноту інформації, в інтервалі охоплення існує не одне, а безліч істинних значень величини. В цій концептуальній моделі має місце дефініціальна невизначеність поняття «істинне значення».

Поняття «похибки» в концептуальній моделі невизначеності теж збережено, проте воно піддалось істотним змінам, втративши своє основне значення, і може вже використовуватись лише у вузькому сенсі. А саме, поняття «похибки» можна використовувати лише у вимірювальних задачах, де існує певне **опорне** значення величини, спираючись на яке можна обчислити похибку. Якщо опорне значення є умовним значенням величини (наприклад, значення фізичних констант, довідкові дані, значення конкретних еталонів), похибка може бути обчислена. Навпаки, якщо за опорне значення приймається істинне значення величини, то обчислити похибку в рамках концепції невизначеності не можна.

Адекватним представленням вимірюваної величини потрібно вважати не величину з унікальним, єдиним числовим значенням – істинним значенням, а величину, яка характеризується набором числових значень, що знаходяться в межах деякого інтервалу. Цей інтервал і є невизначеність результату вимірювання величини і він визначає неповноту врахування деталей (факторів) при описі вимірюваної величини.

Метою вимірювання в концепції невизначеності є визначення інтервалу обґрунтованих значень вимірюваної величини, який базується на припущенні, що при виконанні вимірювань не було припущено помилок.

Оцінювання невизначеності можливе на базі модельного чи експериментального підходу. У разі модельного підходу невизначеність обчислюють на основі рівняння або алгоритму, що моделює вимірювану величину як функцію вхідних величин. В рамках модельного підходу сумарну невизначеність розраховують згідно з законом поширення невизначеності (базовий алгоритм) або згідно з законом поширення розподілів (метод Монте-Карло). Процедура оцінювання за базовим алгоритмом може бути застосована в разі, коли можливе складання вимірювального рівняння і коли невизначеності мають невеликі значення порівняно з значеннями відповідних величин. Застосування методу Монте-Карло особливо важливе в випадках вимірювальних функцій, що не піддаються диференціюванню, коли модель є строго нелінійною, а розподіли не можна вважати нормальними.

У разі емпіричного підходу розрахунок невизначеності ґрунтується на експериментально отриманих значеннях внутрішньолабораторних прецизійності і правильності. Якщо внутрішньолабораторні дослідження правильності (систематичної похибки) не проводили, для отримання розширеної невизначеності до стандартного відхилення застосовують коефіцієнт «2».

Модельний підхід для рутинних вимірювальних лабораторій може здаватись трудомістким, але його перевагою є наочне вираження конкретних внесків всіх основних факторів у сумарну невизначеність, що вказує на шляхи зменшення останньої. Емпіричний підхід досить простий в реалізації, хоча не дає розуміння формування невизначеності, значень її складових частин (внесків від різних факторів впливу на вимірювану величину). З іншого боку, внески від основних факторів впливу на сумарну невизначеність є характерними і типовими для основних методів хімічного аналізу, наприклад титриметрії, фотоколориметрії тощо, і співробітникам вимірювальної лабораторії достатньо знати про ці впливи з науково-методичних джерел і практичного досвіду.

Усіх факторів, які спричиняють невизначеність вимірювання, врахувати практично неможливо, деякі залишатимуться неврахованими. Всякий раз необхідно визначатись із межею, на якій варто зупинитись, потрібно не намагатись оцінити усі фактори, а лише необхідні і достатні, які суттєво впливають на результат вимірювання.

Оцінюють невизначеність як методів вимірювання, так і конкретних результатів вимірювання.

Оцінка невизначеності, яка характеризує точність методу вимірювання називається апіорною, її визначають під час розроблення методики вимірювань з метою регламентування встановленого значення невизначеності в усіх передбачених методикою умовах; за відсутності методики з встановленим значенням невизначеності, перед конкретним вимірюванням, для отримання оцінки найбільшої можливої невизначеності. На підставі усієї наявної інформації про причини і джерела невизначеності обчислюють окремі невизначеності, сумарну стандартну невизначеність та розширену невизначеність. Для заданих умов проведення вимірювань такий розрахунок із ретельним аналізом складових невизначеності досить виконати лише один раз.

Основою апіорного оцінювання невизначеності є теорія ймовірності, яка дозволяє досліджувати й описувати закони розподілу випадкових величин. Апіорна оцінка невизначеності є найбільшою.

Оцінка невизначеності конкретних результатів вимірювання є апостеріорною, її визначають безпосередньо після вимірювання, за конкретних умов, за визначеною методикою із застосуванням конкретних засобів вимірювальної техніки. За найгіршого збігу обставин апостеріорна невизначеність результатів конкретного вимірювання може бути на порядок меншою ніж апіорно оцінена невизначеність.

Імовірнісна основа концепції невизначеності дозволяє оцінювати якість вимірювань, обчислюючи і систематичну, і випадкову похибки на порівняній основі. Відповідні складові невизначеності групуються за способом оцінювання в дві категорії: типу А і типу В [7, 8]. Оцінювання типу А виконують на підставі

достатньої статистичної інформації (результатів багаторазових вимірювань); оцінювання типу В виконують на підставі апіорної нестатистичної інформації, (наприклад із загальних міркувань, відомостей про невизначеність подібних вимірювань, що проводилися в іншому місці тощо). Традиційний поділ похибок на систематичні і випадкові також не втрачає свого значення, оскільки в цьому разі точніше відображаються інші ознаки: характер прояву в результаті вимірювання і причинний зв'язок з джерелами похибок/невизначеностей.

Внесок кожного з чинників у загальну невизначеність вимірювань, незалежно від характеру прояву (випадковий чи систематичний) виражають через відповідну дисперсію. Оцінювання результату вимірювання за обома типами здійснюється за уніфікованою процедурою з отриманням сумарної дисперсії, відповідного середньоквадратичного відхилення і розширеної невизначеності як очікуваного інтервала результатів вимірювань.

Наприклад, основна відносна похибка засобу вимірювальної техніки за характером прояву в результаті вимірювань є систематичною. З іншого боку, це нормована метрологічна характеристика, яка встановлюється за нормальних умов експлуатації і стосується лише конкретного вимірювального приладу, при її визначенні використовується наближення нормального розподілу результатів вимірювань, тобто вказаний діапазон достовірності визначається через дисперсію нормального розподілу. Звідси випливає, що паспортна похибка засобу вимірювальної техніки характеризується дисперсією, яка дорівнює вказаній паспортній похибці, поділеній на відповідний так званий коефіцієнт охоплення, що залежить від виду розподілу ймовірностей, вибраного рівня достовірності чи довірчого інтервалу. Якщо розподіл невідомий відсутні підстави вважати його нормальним, Керівництво з невизначеностей пропонує припускати рівномірний розподіл, для якого вважається, що величини рівномірно розподілені в деякому інтервалі.

1.5 Таким чином, в основі розбіжностей двох концепцій знаходяться різні філософські підходи до тлумачення суті понять «результат вимірювання», «істинне/дійсне значення вимірюваної величини», «похибка». Відмінність

концептуальних моделей можна образно представити наступним чином: в моделі на основі похибки початок системи координат суміщають з істинним чи дійсним значенням вимірюваної величини, спостерігаючи розсіювання можливих результатів вимірювань; в моделі на основі невизначеності - з самим результатом вимірювань, що і створює ефект розсіювання єдиного значення вимірюваної величини. При цьому, концепції не є повністю альтернативними, вони взаємно доповнюють одна одну.

1.6 Необхідність переходу України до нової системи забезпечення єдності вимірювання на основі концепції невизначеності є очевидною і витікає з

порівняння переваг і недоліків двох концепцій;

визнання, що концепція невизначеності має чіткий теоретичний фундамент, що дозволяє вирішувати різні вимірювальні метрологічні завдання;

визнання світовою спільнотою, що невизначеність вимірювання є показником якості вимірювань, який відповідає сучасним існуючим вимогам промисловості, науки і торгівлі;

приєднання України до Світової організації торгівлі [9];

підписання Україною Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом [10];

приєднання України до Угоди про взаємне визнання національних еталонів і сертифікатів калібрування та вимірювання, що видаються національними метрологічними інститутами (CIPM MRA) [11];

вимог до вимірювальних лабораторій, встановлених ДСТУ ISO/IEC 17025[1].

З необхідності переходу України до нової системи забезпечення єдності вимірювання на основі концепції невизначеності витікає і необхідність розроблення проекту Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища, гармонізованого з міжнародними вимогами щодо цього питання.

Україна сьогодні перебуває на перехідному етапі. Законом України Про метрологію та метрологічну діяльність [12] допускається паралельне існування, в тому числі й у сфері законодавчо регульованої метрології, двох механізмів забезпечення єдності вимірювань: з використанням концепції похибок та концепції невизначеності (ст. 7, п.2 «Результати вимірювань можуть бути використані у сфері законодавчо регульованої метрології за умови, що для таких результатів відомі відповідні характеристики похибок або невизначеність вимірювань»). Але паралельне існування цих двох систем оцінювання якості вимірювань суперечить базовим принципам стандартизації і має перехідний характер.

Імплементация в практику вимірювальних лабораторій нової концепції оцінювання якості результатів вимірювань, а саме в термінах невизначеності, підвищує вимоги до персоналу, який має мати нові додаткові знання та бути спроможним розрахувати відповідні статистичні параметри для оцінки якості власних вимірювань.

## **2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МІЖНАРОДНИХ ДОКУМЕНТІВ ІЗ ПИТАНЬ ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ**

Одним із завдань забезпечення їх єдності вимірювань є стандартизація на міжнародному рівні вимог до оцінювання якості вимірювань. Індикатором вирішення цієї задачі є стан нормативної бази концепції невизначеності. З моменту опублікування першої редакції Керівництва з невизначеності [6] пройшло більше 25 років і за цей час випущено безліч нормативних документів, що стосуються оцінювання невизначеності як конкретних видів вимірювань, так і окремих видів метрологічних робіт.

Формування нормативної бази концепції невизначеності на міжнародному та євроському рівнях здійснювалося паралельно і частково незалежно декількома організаціями: Міжнародним бюро мір і ваг (BIPM), Міжнародним комітетом мір і ваг (CIPM), Міжнародною електротехнічною комісією (IEC), Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO), Міжнародною федерацією клінічної хімії та лабораторної медицини (IFCC), Міжнародною організацією акредитації лабораторій (ILAC), Міжнародним союзом теоретичної і прикладної фізики (IUPAP), Міжнародним союзом теоретичної і прикладної хімії (IUPAC), Міжнародною організацією законодавчої метрології (OIML), Міжурядовою групою експертів зі зміни клімату (IPCC), Міжнародною організацією зі співробітництва в галузі простежуваності в аналітичній хімії (CITAC), Європейською організацією зі співробітництва в аналітичній хімії (EURANIM), Європейською федерацією лабораторій (EUROLAB), Органом із оцінки відповідності країн північної Європи (NORDTEST) і ін.

Сім з цих міжнародних організацій (а саме IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML) створили Об'єднаний Комітет із розроблення керівництв із метрології (JCGM). В рамках JCGM засновано дві робочі групи: одна з яких займається розвитком методик, керівництв щодо невизначеності вимірювань, друга пов'язана з вдосконаленням міжнародного словника з метрології.

Розроблювана JCGM нормативна база розвивалась цілеспрямовано і досить послідовно. Першим розробленим документом були Рекомендації INC-1:1980 Вираження експериментальних невизначеностей [5], що заклали основні принципи модельного підходу оцінювання невизначеності.

На базі цього документу у 1993 р. випущено Керівництво з невизначеності [6], в якому детально розглядались основні прийоми оцінювання невизначеності вимірювань на основі модельного підходу і встановлюються такі основні поняття для опису результатів вимірювань: невизначеність результатів вимірювань; стандартна невизначеність; сумарна стандартна; розширена невизначеність. З тих пір без суттєвих змін Керівництво з невизначеності зазнало дві редакції (1995 і 2008 р.р – JCGM 100:2008 [3]), готується до видання четверта редакція Керівництва. Цілями Керівництва з невизначеності [6] були: забезпечити повну інформацію про те, як складати звіти про невизначеності; надати основу для міжнародного звірення результатів вимірювання. Цей документ мав рекомендаційний характер, але відразу набув статусу неформального міжнародного стандарту, який привніс узгодженість в усі наукові та технічні вимірювання, всесвітню єдність в оцінці та вираженні невизначеності вимірювання.

У 2001 р. Міждержавною радою зі стандартизації, метрології і сертифікації, учасником якої є Україна, на базі [6] було прийнято міждержавний документ РМГ 43 щодо застосування Керівництва з невизначеності [13]. У подальшому цей документ було прийнято Україною в якості національного стандарту ДСТУ-Н РМГ 43:2006 [14].

З тих пір без суттєвих змін Керівництво з невизначеності [6] зазнало дві редакції (1995 і 2008 р.р.), остання JCGM 100:2008 [8]. Окремі питання нашли свій розвиток у документах JCGM [15 – 22], перелік яких наведено у таблиці 1. ISO та IEC вирішили видавати ці самі документи під своєю егідою у вигляді окремих частин ISO/IEC Guide 98.

Таблиця 1. Керівництва JCGM та відповідні керівництва ISO/IEC.

<b>Керівництво JCGM</b>	<b>Відповідне керівництво ISO/IEC</b>
JCGM 100:2008 Оцінювання результатів вимірювань. Керівництво з вираження невизначності вимірювань [8]	Руководство ISO/IEC 98-3:2008
JCGM 101:2008 Оцінювання результатів вимірювань. Додаток 1 до Керівництва з невизначеності. Розповсюдження розподілів із використанням методу Монте- Карло [15]	Керівництво ISO/IEC 98-3:2008/ Додаток 1
JCGM 102:2011 Оцінювання результатів вимірювань. Додаток 2 до Керівництва з невизначеності. Моделі з будь-якою кількістю вихідних величин [16]	Керівництво ISO/IEC 98-3:2011/ Додаток 2
JCGM 103 Оцінювання результатів вимірювань. Додаток 3 до Керівництва з невизначеності. Розроблення і застосування моделей вимірювань [17]	Керівництво ISO/IEC 98-3/ Додаток 3 (у розробці)
JCGM 104: 2009 Оцінювання результатів вимірювань. Вступ до Керівництва з вираження невизначності вимірювань та пов'язаних з ними документів [18]	Керівництво ISO/IEC 98-1: 2009
JCGM 105 Оцінювання результатів вимірювань. Концепція та основні принципи [19]	Керівництво ISO/IEC 98-2 (у розробці)
JCGM 106:2012 Оцінювання результатів вимірювань. Роль невизначності вимірювань в оцінці відповідності [20]	Керівництво ISO/IEC 98-4:2012
JCGM 107 Оцінювання результатів вимірювань. Застосування методу найменших квадратів [21]	Керівництво ISO/IEC 98-5 (у розробці)

<b>Керівництво JCGM</b>	<b>Відповідне керівництво ISO/IEC</b>
JCGM 108 Оцінювання результатів вимірювань. - Додаток 4 до Керівництва з невизначеності. Байєсовські методи [22]	Керівництво ISO/IEC 98-6/Додаток 4 (у розробці)

Ці організації вирішили, що Керівництву (що містить способи оцінювання невизначеності) повинні передувати теоретичні документи. Першим таким документом є ISO/IEC 98-1: 2009 Оцінювання результатів вимірювань. Вступ до Керівництва з вираження невизначеності вимірювань, другий документ ISO/IEC Guide 98-2 знаходиться в розробці, в ньому розглядаються як концепція похибки, так і концепція невизначеності. Третім документом ISO/IEC 98-3 є саме Керівництво JCGM 100:2008. До нього видано 2 додатки, ще один готується.

Переклади Керівництв ISO/IEC Guide 98-1, ISO/IEC Guide 98-3, ISO/IEC Guide 98-4 російською мовою є у вільному доступі в інтернеті.

Керівництво Guide 98-3 прийняте в Україні в якості національного стандарту ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3 [23] і планується до введення в дію в 2020 р.

Концепція невизначеності продовжує свій розвиток, не тільки, в основоположних документах, виданих JCGM, ISO, IEC, а також у численних документах, присвячених оцінюванню невизначеності в конкретних завданнях, що видаються різними міжнародними і регіональними метрологічними організаціями, зокрема [24 – 32]:

GPG-2000 Керівництво з належної практики та обліку факторів невизначеності в національних кадастрах парникових газів [24];

Керівництво EURACHEM/CITAC Кількісний опис невизначеності в аналітичних вимірах, враховує особливості кількісного хімічного аналізу як виду вимірювань і пов'язані з цим складності у складанні бюджету невизначеності; в світ вийшло вже третє видання цього документу; аналітичні лабораторії успішно ним користуються; існує переклад документу російською мовою [25];

документ Європейської асоціації з акредитації EA-4/02M:2013 Вираження невизначеності вимірювань під час калібрування, який містить багато прикладів, допомагає грамотно підійти до своєї калібрувальної задачі [26];

EA-4/16:2003. EA Керівництво з вираження невизначеності у кількісних випробуваннях [27];

Технічний звіт EUROLAB 1/2006 Керівництво з оцінювання невизначеності результатів кількісних випробувань [28];

Технічний звіт EUROLAB 1/2007 Перегляд невизначеності вимірювань. Альтернативні підходи до оцінювання невизначеності [29];

Настанова Eurachem/EUROLAB/CITAC/Nordtest/AMC Непевність виміру, пов'язана з відбиранням проби. Настанова з методів та підходів [30];

Політика ІЛАС з невизначеності під час калібрування [31] та ін.

Існують проблеми переходу України на концепцію невизначеності. Донедавна в Україні чинна нормативна база ще у значній мірі ґрунтувалась на класичному підході (навіть Закон України Про метрологію і метрологічну діяльність дозволяє оцінювання і використання похибок результатів вимірювання), але Україна вже приєдналася до міжнародних угод, згідно з якими нормативна база повинна бути згармонізована з європейською. До того ж вступ України до СОТ зумовлює потребу в реформуванні національної системи стандартизації та сертифікації. Зазначимо, що країни Європи і Росії мають певні труднощі з імплементацією нормативної бази щодо невизначеності, зокрема, у разі аналітичної хімії, з огляду на значну працезатратність реалізації модельного підходу, аналізування і оцінювання невизначеності результатів кількісного хімічного аналізу.

### **3 ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ, ЩО ЗДІЙСНЮЮТЬСЯ У СФЕРІ ЗАКОНОДАВЧО РЕГУЛЬОВАНОЇ МЕТРОЛОГІЇ ПІД ЧАС КОНТРОЛЮ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

Виходячи з передумов та актуальності розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища, на підставі аналітичного огляду міжнародних документів, що регламентують питання оцінювання якості вимірювань, маючи на меті досягнення необхідного рівня відповідності розроблюваного документу міжнародним, в тому числі європейським нормам, визначено основні вимоги до розроблюваного документу.

Основними визначено вимоги до:

- вживаних термінів і визначень (повинні відповідати міжнародним словарям з метрології ISO/IEC Guide 99:2007 [33]) та прикладної статистики ISO 3534-2:2006[34]);
- алгоритму оцінювання невизначеності результату вимірювання (повинен відповідати вимогам ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3 [23]);
- оцінювання невизначеності емпіричним методом
- планування експериментальних досліджень для оцінювання стандартної невизначеності за типом А (повинне враховувати [25]);
- оцінювання невизначеності калібрування (повинне відповідати EA-4/02M [26], ДСТУ ISO 8466-1 [35], ДСТУ ISO 8466-2 [36]);
- прикладів розрахунку невизначеності результату вимірювань (повинні враховувати різні типи вхідних даних [37]);

Номенклатурою обраних вимог зумовлено перелік структурних елементів розроблюваної Методики, а їх рівнем і характером – змістовне наповнення цих структурних елементів.

З урахуванням визначених основних вимог розроблено першу редакцію проекту Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища у складі наступних структурних елементів:

Розділ 1 Галузь використання,

Розділ 2 Нормативні посилання,

Розділ 3 Терміни та визначення,

Розділ 4 Позначки та скорочення,

Розділ 5 Загальні положення,

Розділ 6 Алгоритм оцінювання невизначеності результату вимірювання,

Додаток А Рекомендовані для оцінювання невизначеності за методом В форми розподілу ймовірностей значень величини,

Додаток Б Оцінювання невизначеності за емпіричним методом,

Додаток В Планування експериментальних досліджень для оцінювання стандартної невизначеності за типом А,

Додаток Г Оцінювання невизначеності калібрування,

Додаток Д Стандартні значення критерію Стьюдента,

Додаток Ж Приклади розрахунку невизначеності результату вимірювань

## ВИСНОВКИ

1 У ході виконання НДР у відповідності до сучасного світового стану знань і практики з оцінювання якості результатів вимірювань:

встановлено основні вимоги до алгоритму і окремих суттєвих елементів процедури оцінювання невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища;

розроблено першу редакцію проекту Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища;

першу редакцію проекту Методики надано на розгляд Державній екологічній інспекції, отримані зауваження та пропозиції будуть враховані під час розроблення остаточної редакції проекту Методики.

2 Розроблювана Методика розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища буде використана вимірювальними підрозділами Державної екологічної інспекції України в складі з іншими документами системи управління випробуваннями/вимірюваннями для:

- забезпечення сталого функціонування системи управління;
- підготовки персоналу до виконання робіт відповідно до вимог системи управління та ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 і ДСТУ ISO 10012:2005;
- удосконалення та впорядкування діяльності із забезпечення якості;
- підтвердження відповідності системи управління вимогам відповідних стандартів.

3 Гармонізована із діючими міжнародними керівними документами Методика розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища, надає вимірювальним підрозділам Державної екологічної інспекції України інструмент оцінювання якості і

співставлення результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища; створює підґрунтя для напрацювання та впровадження вірних управлінських рішень в галузі охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки.

4. Виконана НДР повністю відповідає Технічному завданню.

5. Подальші розробка, удосконалення та впровадження проекту Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища, будуть відбуватися у співпраці з вимірювальними підрозділами Державної екологічної інспекції України шляхом опрацювання та узгодження наданих коментарів до першої редакції документу.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій
2. ДСТУ ISO 10012:2005 Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання
3. Щиголев Б. М. Математическая обработка наблюдений. - М.: Наука, 1969. – С. 344.
4. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. - М.: Наука, 1969. – 363 с.
5. Giacomo P. The expression of Experimental Uncertainties (Recommendation INC-1), BIPM/P. Giacomo//Metrologia. 1981. №11. – P. 73.
6. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Geneva: ISO, 1993. – 101 p.
7. JCGM 200: 2008 International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM). –JCGM, 2008. – 101 p.
8. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data – Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. –JCGM, 2008. – 120 p.
9. Закон України Про ратифікацію Протоколу про вступ України до Світової організації торгівлі від 10.04.2008 № 250-VI (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2008, N 23, ст.213 )
10. Закон України Про ратифікацію Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони від 16.09.2014 № 1678-VII (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 40, ст.2021)
11. Угода про взаємне визнання національних еталонів та сертифікатів калібрувань та вимірювань, що видаються національними метрологічними інститутами (Agreement on the mutual recognition of national measurement standards

and calibration and measurement certificates issued by National Metrology Institutes)  
<http://www.bipm.org/en/cipm-mra/cipm-mra-text/>.

12. Закон України “Про метрологію та метрологічну діяльність” від 05.06.2014 № 1314-VII

13. РМГ 43-2001. ГСИ. Применение "Руководства по выражению неопределенностей измерений" /Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. - Минск: ИПК "Издательство стандартов", 2003], учасником якого є Україна.

14. ДСТУ-Н РМГ 43:2006 Метрологія. Застосування «Руководства по выражению неопределенности измерений»

15. JCGM 101:2008 Evaluation of measurement data –Supplement 1 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” – Propagation of distributions using a Monte Carlo method. – BIPM, 2008. – 88 p.

16. JCGM 102:2011 Evaluation of measurement data –Supplement 2 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement. Extension to any number of output quantities

17. JCGM 103 Evaluation of measurement data –Supplement 3 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement”. Developing and using measurement models (Under development)

18. JCGM 104:2008. Uncertainty of measurement. Part 1: Introduction to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUIDE-98). ISO/IEC, 2008 – 28 p.

19. JCGM 105 Evaluation of measurement data. Concepts and basic principles (Under development)

20. JCGM 106:2012 Evaluation of measurement data. The role of measurement uncertainty in conformity assessment. – JCGM, 2012. – 48 p.

21. JCGM 107 Evaluation of measurement data. Applications of the least-squares method (planned)

22. JCGM 108 Evaluation of measurement data. Supplement 4 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" – Bayesian methods (planned)

23. ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018 Невизначеність вимірювань. Частина 3. Настанова щодо подання невизначеності у вимірюванні (GUM:1995) (ISO/IEC Guide 98-3:2008, IDT)
24. GPG-2000. IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC. Switzerland, 2000.
25. Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement. Second Edition. EURACHEM. LGC, 2000. – 120 p.
26. EA-4/02:1999. Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration. EA, 1999. – 79 p.
27. EA4/16:2003. EA guidelines on the expression on uncertainty in quantitative testing. EA, 2003. – 79 p.
28. Guide to the Evaluation of Measurement Uncertainty for Quantitative Test Results. EUROLAB Technical Report No. 1/2006. – 50 p.
29. Measurement uncertainty revisited: Alternative approaches to uncertainty evaluation. EUROLAB Technical Report No. 1/2007. – 62 p.
30. Eurachem, CITAC, Eurolab, Nordtest and the Analytical Methods Committee Guide: Measurement uncertainty arising from sampling—A guide to methods and approaches, 2007. – 102 p.
31. ІЛАС-Р 14: 01/2013 Політика ІЛАС з невизначеності під час калібрування/
32. ISO 20988:2007 Air quality. Guidelines for estimating measurement uncertainty (Якість повітря. Керівництво з оцінки невизначеності вимірювань та ін.
33. ISO/IEC Guide 99:2007, International vocabulary of metrology - Basic and general concepts and associated terms (VIM). ISO, Geneva, (2007). (Also available from <http://www.bipm.org> as JGCM 200:2008).
34. ISO 3534-2:2006. Statistics - Vocabulary and Symbols - Part 2: Applied statistics. ISO, Geneva, Switzerland (2006).

35. ДСТУ ISO 8466-1-2001 Якість води. Визначання градуовальної характеристики методик кількісного хімічного аналізу. Частина 1. Статистичне оцінювання лінійної градуовальної характеристики (ISO8466-1:1993, IDT).

36. ДСТУ ISO 8466-2-2001 Якість води. Визначання градуовальної характеристики методик кількісного хімічного аналізу. Частина 2. Принцип оцінювання нелінійної градуовальної характеристики другого порядку (ISO8466-2:1993, IDT).

37. Лист Державної екологічної інспекції України № 2/7-4-885 від 17.02.2019

## ДОДАТОК А

Копія технічного завдання НДР Розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища



ЗАТВЕРДЖЕНО:

Директор УКРНДІЕП

Гриценко А.В.

12 » 06 2019 р.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ на виконання прикладної наукової роботи за темою № 16

### 1. Найменування прикладної наукової роботи

Розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища.

### 2. Підстава виконання

Тематичний план прикладних наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок за бюджетною програмою КПКВК 2401040 «Прикладні наукові та науково-технічні розробки, виконання робіт за державними цільовими програмами і державним замовленням у сфері природоохоронної діяльності, фінансова підтримка підготовки наукових кадрів» на 2019-2021;

Закон України "Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року" від 21.12.2010 № 2818-VI, розділ 2;

Закон України "Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року" від 28.01.2019 № 2697-VIII, розділ 2;

Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність" від 05.06.2014 № 1314-VII, стаття 7, частина 2.

### 3. Основні завдання

Створити остаточну редакцію проекту Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища, з алгоритмом розрахунку невизначеності результатів вимірювань кількісних показників стану довкілля, з прикладами для конкретних випадків використання методик вимірювань, заснованих на різних методах та призначених для різних об'єктів контролю.

### 4. Вихідні данні

Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність" від 05.06.2014 № 1314-VII;

ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 (ISO/IEC 17025:2017, IDT) Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій;

ДСТУ ISO 10012:2005 (ISO 10012:2003, IDT) Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання;

ISO/IEC Guide 99, Міжнародний словник з метрології - Основні і загальні поняття та пов'язані терміни (VIM);

JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement;

Руководство ЕВРАХИМ/СИТАК CG 4 Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях. Третье издание. QUAM:2012.P1-RU;

BS ISO 11352:2012 Water quality — Estimation of measurement uncertainty based on validation and quality control data;

VAM Project 3.2.1 Development and Harmonisation of Measurement Uncertainty Principles Part (d): Protocol for uncertainty evaluation from validation data January 2000. LGC/VAM/1998/088;

Методические указания по неопределенности измерения (САС/GL 54-2004).

#### **5. Основні результати**

Остаточна редакція проекту Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища.

#### **6. Етапи прикладної наукової роботи та терміни виконання**

Заключний звіт із остаточною редакцією проекту Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища, має бути складено до 20 грудня 2020 року.

Дата презентації заключного звіту – 25 грудня 2020 року.

Проміжний звіт із першою редакцією проекту Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища, має бути складено до 15 грудня 2019 року.

Дата презентації проміжного звіту – грудень 2019 року.

Науковий керівник,  
завідувач лабораторії  
еколого-аналітичних досліджень

 О. О. Калініченко

## ДОДАТОК Б

Проект Методики розрахунку невизначеності результатів  
вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої  
метрології під час контролю стану навколишнього природного  
середовища

**МІНІСТЕРСТВО ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ**

**НОРМАТИВНИЙ ДОКУМЕНТ**

---

**ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ТА  
РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ**

**МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

---

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ  
ВИМІРЮВАНЬ, ЩО ЗДІЙСНЮЮТЬСЯ У СФЕРІ ЗАКОНОДАВЧО  
РЕГУЛЬОВАНОЇ МЕТРОЛОГІЇ ПІД ЧАС КОНТРОЛЮ СТАНУ  
НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

КИЇВ 2020

## ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО: НАУКОВО-ДОСЛІДНА УСТАНОВА “УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ” (УКРНДІЕП)

РОЗРОБНИКИ: О. Калініченко (керівник розробки), С. Буштець, А. Мельников

2 ВНЕСЕНО:

3 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ:

4 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

© Цей нормативний документ не може бути повністю чи частково відтворений, тиражований або розповсюджений без дозволу  
Держекоінспекції України

## ЗМІСТ

	С.
1 Сфера застосування.....	1
2 Нормативні посилання.....	1
3 Терміни та визначення .....	1
4 Позначки та скорочення.....	3
5 Загальні положення .....	3
6 Алгоритм оцінювання невизначеності результату вимірювання .....	7
Додаток А Рекомендовані для оцінювання невизначеності за методом Б форми розподілу ймовірностей значень величини .....	10
Додаток Б Оцінювання невизначеності за емпіричним методом .....	11
Додаток В Планування експериментальних досліджень для оцінювання стандартної невизначеності за типом А .....	13
Додаток Г Оцінювання невизначеності калібрування .....	15
Додаток Д Стандартні значення критерію Стьюдента.....	19
Додаток Ж Приклади розрахунку невизначеності результату вимірювань	20

## **1 ГАЛУЗЬ ВИКОРИСТАННЯ**

Цей нормативний документ (далі – Методика) встановлює основні вимоги до порядку та змісту робіт із розрахунку невизначеності результатів вимірювань показників складу та властивостей проб об'єктів довкілля під час реалізації конкретної методики вимірювань та за методиками вимірювань, для яких похибки результатів вимірювань не встановлено. Методика призначена для використання вимірювальними підрозділами територіальних органів Державної екологічної інспекції України, організацій та установ Міністерства енергетики та захисту довкілля України для оцінювання якості результатів вимірювань, що здійснюються в сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю та моніторингу стану навколишнього природного середовища.

## **2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ**

У цьому документі наведено посилання на такі нормативні документи:

ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій,

ДСТУ ISO 10012:2005 Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання,

ISO/IEC Guide 98-3:2008 Uncertainty of measurement. Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995),

ISO/IEC Guide 99:2007 International vocabulary of metrology. Basic and general concepts and associated terms (VIM).

## **3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ**

Нижче подано терміни, вжиті в цьому документі, та визначення позначених ними понять.

### **3.1 методика вимірювань, процедура вимірювань**

Методика вимірювань – організаційно-методичний документ, який містить опис методу вимірювань, основних і допоміжних процедур із вимірювання, правил виконання цих процедур (зокрема, вимог до умов і засобів вимірювань, обчислення результатів вимірювань), дотримання яких забезпечує одержання результатів вимірювань з гарантованою точністю.

### **3.2 невизначеність (вимірювання)**

Параметр, який відноситься до результату вимірювання і характеризує розкид його можливих значень, які обґрунтовано можуть бути приписані вимірюваній величині

### **3.3 стандартна невизначеність $u$**

Невизначеність, подана як середньоквадратичне відхилення можливих значень результату вимірювання

### **3.4 сумарна стандартна невизначеність $u_c$**

Стандартна невизначеність результату вимірювання, коли цей результат отримують із ряду значень інших вхідних величин, що дорівнює позитивному квадратному кореню із суми додатків, які є дисперсіями або коваріаціями цих інших величин, зважених відповідно до того, як вони впливають на результат вимірювання

### **3.5 розширена невизначеність $U$**

Невизначеність результату вимірювання, подана як інтервал, у межах якого із заданою ймовірністю знаходиться значення вимірюваної величини

### **3.6 коефіцієнт охоплення $k$**

Чисельний коефіцієнт, використовуваний як множник сумарної стандартної невизначеності для отримання розширеної невизначеності

### **3.7 оцінювання невизначеності вимірювань за типом А**

Оцінювання типу А (Type A evaluation)

Оцінювання невизначеності вимірювань шляхом статистичного аналізу отриманих значень результатів вимірювань [ISO/IEC Guide 99]

### **3.8 оцінювання невизначеності вимірювань за типом В**

Оцінювання типу В (Type B evaluation)

Оцінювання невизначеності вимірювань іншим способом ніж оцінювання невизначеності вимірювань за типом А [ISO/IEC Guide 99]

### **3.9 калібрування**

операція, за допомогою якої при заданих умовах на першому етапі, встановлюють співвідношення між значеннями величини з невизначеностями вимірювань, які забезпечують стандартні зразки, і відповідними показами засобу вимірювальної техніки з пов'язаними з ними невизначеностями вимірювань, а на другому етапі використовують цю інформацію для встановлення співвідношення для отримання результату вимірювання з показу засобу вимірювальної техніки [ISO/IEC Guide 99]

### **3.10 вимірювальна функція**

функція величин, значення якої, обчислене з використанням відомих значень для вхідних величин в моделі вимірювань, є вимірним значенням вихідної величини в цій моделі вимірювань [ISO/IEC Guide 99]

### **3.11 стандартний зразок (еталон)**

реалізація визначення даної величини з встановленим значенням величини і пов'язаної з ним невизначеності вимірювань, яка використовується в якості основи для порівняння [ISO/IEC Guide 99]

## **4 ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ**

$u$  – стандартна невизначеність;

$u_c$  – сумарна стандартна невизначеність;

$U$  – розширена невизначеність;

$k$  – коефіцієнт охоплення

МВ – методика вимірювань;

ЗВТ – засіб вимірювальної техніки

СКВ – середньоквадратичне (стандартне) відхилення

## 5 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

5.1 Згідно з ISO/IEC Guide 98-3 оцінювання невизначеності виконують на базі модельного (базового) чи емпіричного підходу.

5.1.1 У разі модельного підходу, оцінювання невизначеності полягає в наступному:

аналізуванні вимірюваної величини (наприклад, концентрації аналіта) на базі вимірювальної процедури, що застосовується, та визначення основних факторів впливу і пов'язаних з ними величин;

складанні вимірювальної функції, що моделює вимірювану величину як функцію вхідних величин (рівняння, за яким розраховують результат вимірювання, зазвичай, наведено у МВ, що застосовується);

послідовному обчисленні: значення вимірюваної величини; значень стандартних невизначеностей величин, пов'язаних із основними факторами впливу на вимірювану величину; значення сумарної стандартної невизначеності вимірюваної величини із урахуванням попередньо визначених і обчислених стандартних невизначеностей величин, пов'язаних із основними факторами впливу на вимірювану величину; значення розширеної невизначеності (інтервалу охоптя) вимірюваної величини.

Перевагою модельного підходу є наочне представлення процесу формування сумарної невизначеності, значень її складових (внесків від різних факторів впливу), що вказує шляхи зменшення невизначеності результату вимірювання.

5.1.2 У разі емпіричного підходу розрахунок невизначеності ґрунтується на експериментально отриманих значеннях внутрішньолабораторних прецизійності і правильності (дивись додаток Б). Емпіричний підхід більш простий у реалізації, хоча не дає розуміння формування сумарної невизначеності, значень її складових частин (внесків від різних факторів

впливу). Проте, внески від основних факторів впливу на сумарну невизначеність є характерними і типовими для основних методів хімічного аналізу (титриметрії, фотоколориметрії тощо), і спеціалістам виміральної лабораторії достатньо знати про ці впливи з науково-методичних джерел і практичного досвіду.

5.2 Кількісним вираженням невизначеності є стандартна невизначеність у вигляді середньоквадратичного відхилення можливих значень результату вимірювання величини.

Розрізняють два типи (А та В) оцінювання стандартної невизначеності в залежності від джерел отримання вхідної інформації:

Оцінювання за типом А виконують на підставі статистичної інформації (результатів багаторазових вимірювань); оцінювання за типом В виконують на підставі апріорної нестатистичної інформації, коли характеристики розподілу ймовірностей значень вхідної величини відомі або попередньо розраховані.

### 5.2.1 Оцінювання стандартної невизначеності за типом А

Вхідними даними для розрахунку невизначеності величини (об'єму титранта, оптичної густини тощо) за типом А є результати багаторазових її вимірювань у зразках із типовою для досліджуваного об'єкта матрицею.

Стандартну невизначеність одиничного вимірювання і-тої величини  $x_i$  за типом А,  $u_{i,A}$ , розраховують за формулою (5.1).

$$u_{i,A} = \sqrt{\frac{1}{n_i - 1} \sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \bar{x}_i)^2}, \quad (5.1)$$

де  $\bar{x}_i$  - середнє арифметичне результатів вимірювань і-тої величини, що розраховують за формулою (5.2):

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{q=1}^{n_i} x_{iq}}{n_i}, \quad (5.2)$$

$n_i$  - кількість одиничних вимірювань і-тої величини.

Стандартну невизначеність середнього значення результатів вимірювань  $i$ -тої величини,  $\bar{x}_i$ , за типом А,  $u_A(\bar{x}_i)$ , розраховують за формулою (5.3).

$$u_A(\bar{x}_i) = \sqrt{\frac{1}{n_i(n_i - 1)} \sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \bar{x}_i)^2}. \quad (5.3)$$

### 5.2.2 Оцінювання стандартної невизначеності за типом В.

В якості вхідних даних для обчислення невизначеності за типом В використовують:

- дані попередніх вимірювань величин, які входять у вимірювальну функцію, відомості про вид розподілу ймовірностей;
- дані, засновані на досвіді або загальних знаннях про поведінку і властивості відповідних обладнання і матеріалів;
- невизначеності констант і довідкових даних;
- дані повірки і калібрування ЗВТ, відомості виробника про обладнання і т.п.

У загальному випадку невизначеність вимірювання величини  $x_i$  за методом Б,  $u_B(x_i)$ , розраховують за формулою (5.4):

$$u_B(x_i) = \frac{U_i}{k_i}, \quad (5.4)$$

де  $U_i$  - розширена невизначеність або інтервал ймовірного знаходження величини  $x_i$ ,

$k_i$  - коефіцієнт охоплення характерний для розподілу ймовірностей величини  $x_i$ .

Рекомендовані для оцінювання невизначеності за методом Б форми розподілу ймовірностей значень величини у залежності від можливого варіанту надання інформації щодо величини, що є джерелом невизначеності, наведено у додатку А.

5.3 Кількісним вираженням невизначеності вимірювань, в випадку коли результат вимірювання визначають через значення інших величин шляхом використання вимірювальної функції (розрахункової формули)  $y = f(x_1, \dots, x_m)$ , є

сумарна стандартна невизначеність, яка розраховується за законом розподілу невизначеностей.

5.3.1 Якщо вимірювані величини, що входять до вимірювальної функції незалежні (не корелюють між собою) сумарну стандартну невизначеність,  $u_c(y)$ , обчислюють за формулою (5.5):

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial f(x_1, \dots, x_m)}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)} \quad (5.5)$$

де  $u(x_i)$  - стандартна невизначеність  $i$ -ої вхідної величини, розрахована за методом А або В;

$\frac{\partial f(x_1, \dots, x_m)}{\partial x_i}$  – коефіцієнт впливу, що являє собою першу похідну від

вимірювальної функції  $y$  по складовій  $x_i$ .

5.3.2 Якщо вимірювані величини, що входять до вимірювальної функції є взаємно залежними (корелюють між собою) розрахунок сумарної стандартної невизначеності,  $u_c(y)$ , проводять за формулою (5.6):

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial f(x_1, \dots, x_m)}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=2}^m \left( \frac{\partial f(x_1, \dots, x_m)}{\partial x_i} \right) \left( \frac{\partial f(x_1, \dots, x_m)}{\partial x_j} \right) r(x_i, x_j) \cdot u(x_i) \cdot u(x_j)} \quad (5.6)$$

де  $u(x_i)$  - стандартна невизначеність  $i$ -ої вхідної величини, розрахована за методом А або В;

$r(x_i, x_j)$  - коефіцієнт кореляції пари вимірювань  $(x_{il}, x_{jl})$  ( $l$  – індекс спорідненої пари результатів вимірювань, при цьому  $l = 1, \dots, n_{ij}$ , де  $n_{ij}$  - кількість споріднених пар результатів вимірювань).

Коефіцієнт кореляції розраховують за формулою (5.7):

$$r(x_i, x_j) = \frac{\sum_{l=1}^{n_{ij}} (x_{il} - \bar{x}_i)(x_{jl} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{l=1}^{n_{ij}} (x_{il} - \bar{x}_i)^2 \sum_{l=1}^{n_{ij}} (x_{jl} - \bar{x}_j)^2}} \quad (5.7)$$

Відносну сумарну стандартну невизначеність розраховують відносною стандартною невизначеністю,  $u_c(y),\%$ , за формулою (5.8):

$$u_c(y),\% = \frac{u_c(y)}{y} \cdot 100 \quad (5.8)$$

5.4 Розширену невизначеність  $U$  розраховують за формулами 5.9 - 5.11 в залежності від конкретного випадку вимірювання.

$$U = k \cdot u_A \quad (5.9)$$

$$U = k \cdot u_B \quad (5.10)$$

$$U = k \cdot u_c \quad (5.11)$$

де  $k$  – коефіцієнт охоплення ( $k = 2$  для довірчої ймовірності 95 %).

У загальному випадку, за умов нормального розподілу, коефіцієнт охоплення  $k$  дорівнює квантилю розподілу Стюдента  $t_p(v_{eff})$  для ефективного числа ступенів свободи  $v_{eff}$  і довірчої ймовірності  $P$ :

$$k = t_p(v_{eff}), \quad (5.12)$$

Значення квантиля розподілу Стюдента  $t_p(v_{eff})$  наведено в додатку Д.

Для обчислення ефективного числа ступенів свободи,  $v_{eff}$ , враховують лише складові невизначеності, визначені за методом А, при цьому використовують формулу (5.13):

$$v_{eff} = \left[ \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^m \frac{u_A^4(x_i)}{n(x_i) - 1} \left( \frac{\partial f(x_1, \dots, x_m)}{\partial x_i} \right)^4} \right], \quad (5.13)$$

де  $n(x_i)$  - кількість одиничних вимірювань для розрахунку величини  $x_i$ .

Якщо сумарну стандартну невизначеність складають лише невизначеності, обчислені за типом В, приймають, що ефективне число ступенів свободи дорівнює безкінечності  $v_{eff} = \infty$ .

5.5 Результат вимірювання разом із розширеною невизначеністю подають у вигляді  $x \pm U(k)$ . Заокруглення проводять до розряду першої значущої цифри

розширеної невизначеності вимірювання, якщо інше не встановлено відповідними НД.

## **6 АЛГОРИТМ ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ РЕЗУЛЬТАТУ ВИМІРЮВАННЯ**

Алгоритм оцінювання невизначеності результату вимірювання складається із наступних етапів

6.1 Визначають за МВ вимірювальну функцію (розрахункову формулу) для отримання результату вимірювань.

**Примітка.** У разі відсутності вимірювальної функції або неможливості розкласти її на компоненти, які можна було б повноцінно оцінити, невизначеність результату вимірювань визначають за типом А; за умови наявності достатньої метрологічної інформації щодо вимірювального процесу, невизначеність визначають за типом В.

6.2 Визначають джерела невизначеності відповідно до аргументів і сталих вимірювальної функції.

6.3 Визначають додаткові джерела невизначеності, невраховані у вимірювальній функції.

6.4 Складають рівняння для розрахунку сумарної стандартної невизначеності з урахуванням усіх визначених за 5.6.2 і 5.6.3 складових невизначеності.

6.5 Для кожної складової сумарної стандартної невизначеності

- визначаються з типом її оцінювання: за типом А (якщо відсутні дані для оцінювання за типом В) або за типом В;

- за необхідності оцінювання стандартної невизначеності за типом А, планують відповідні експериментальні дослідження (визначаються з видом і кількістю зразків, кількістю вимірювань, умовами їх проведення);

- складають розрахункові формули для оцінювання.

6.5.1 При плануванні експериментальних досліджень для оцінювання невизначеності за типом А дотримуються рекомендацій додатку Б.

Для обчислення значення невизначеності за типом А використовують формулу (5.1) або (5.3) у залежності від кількості одиничних вимірювань, за якими обчислюють результат (зазвичай, регламентовано MB).

Невизначеність калібрування оцінюють за додатком В.

6.5.2 Формули для оцінювання невизначеності за типом Б залежно від можливого варіанту наявної інформації щодо величини – джерела невизначеності і рекомендованої для оцінювання невизначеності форми розподілу ймовірностей значень величини наведено у додатку А.

6.6 Обчислюють складові сумарної стандартної невизначеності за відповідними формулами за 6.5 залежно від типу оцінювання (А або В).

6.7 Обчислюють сумарну стандартну невизначеність шляхом підстановки результатів оцінювання всіх її складових у формулу (5.5) або (5.6) залежно від наявної інформації про корельованість чи некорельованість вхідних величин. За необхідності, обчислюють відносну сумарну стандартну невизначеність за формулою (5.8).

6.8 Визначають коефіцієнт охоплення і обчислюють розширену невизначеність згідно з 5.4.

6.9 Складають звіт про оцінювання невизначеності результату вимірювань. Звіт повинен містити достатню інформацію для забезпечення можливості у подальшому, за необхідності, проаналізувати або повторити весь процес отримання результату вимірювань і обчислення його невизначеності, а саме:

- алгоритм отримання конкретного результату вимірювань (за конкретною MB);

- алгоритм оцінювання сумарної і розширеної невизначеності конкретного вимірювання, включаючи невизначеності всіх використовуваних даних і способи їх отримання, визначення коефіцієнта охоплення тощо

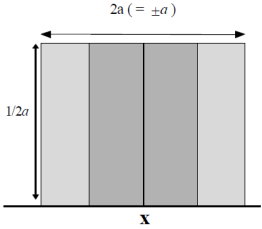
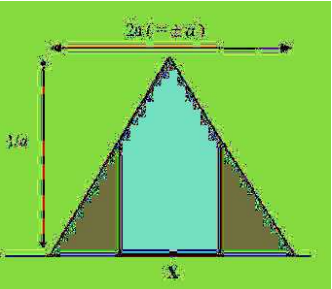
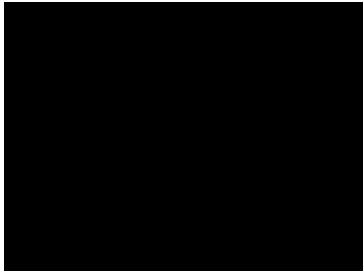
6.10 Приклади оцінювання невизначеності результатів вимірювань за МВ, основаних на різних фізико-хімічних методах, наведено у додатку В.

Додаток А

(Рекомендований)

**Рекомендовані для оцінювання невизначеності за методом В форми розподілу ймовірностей значень величини**

**Таблиця А.1 – Рекомендовані для оцінювання невизначеності за методом В форми розподілу ймовірностей значень величини**

Можливі варіанти інформації щодо величини, що є джерелом невизначеності	Рекомендована для оцінювання невизначеності форма розподілу	Формула для оцінювання невизначеності
<p>Варіант 1. У сертифікаті або іншій технічній документації наведено межі величини <math>x \pm a</math> без вказівки рівня довірчої ймовірності, форма розподілу невідома; оцінку приведено у вигляді максимального симетричного діапазону <math>\pm a</math></p>	<p>Прямокутний розподіл</p> 	$u(x) = \frac{a}{\sqrt{3}}$
<p>Варіант 2. Інформацію про величину не так обмежено, як у випадку прямокутного розподілу: більш вірогідними є значення величини в центрі інтервалу, ніж поблизу його границь; оцінку приведено у вигляді максимального симетричного діапазону <math>\pm a</math></p>	<p>Трикутний розподіл</p> 	$u(x) = \frac{a}{\sqrt{6}}$
<p>Варіант 3.                      3.1 Є результати повторних вимірювань величини, за якими можна розрахувати СКВ <math>S</math>                      3.2 У документації приведено оцінку у вигляді СКВ <math>S</math>, відносного СКВ <math>s/\bar{x}</math> або коефіцієнта варіації %CV без вказівки на форму розподілу                      3.3 Оцінку приведено в вигляді 95 %-ого або іншого симетричного довірчого інтервалу <math>x \pm c</math> без вказівки на форму розподілу</p>	<p>Нормальний розподіл</p> 	$u(x) = s$ $u(x) = s$ $u(x) = x \cdot (s / \bar{x})$ $u(x) = \frac{\%CV}{100} \cdot x$ <p>Для P = 95 %  <math display="block">u(x) = c / 2</math>                     Для P = 99,7 %  <math display="block">u(x) = c / 3</math></p>

Додаток Б  
(Рекомендований)

**Оцінювання невизначеності за емпіричним методом**

Б.1 Допускається оцінювати сумарну стандартну невизначеність за емпіричним методом на основі оцінок прецизійності та правильності МВ.

Оцінки прецизійності, а саме повторюваності (збіжності), проміжної прецизійності (внутрішньолабораторної відтворюваності) та правильності, отримують із результатів спеціально організованих у лабораторії експериментальних досліджень, зокрема під час валідації МВ або внутрішнього контролю якості вимірювань.

Б.2 Сумарну стандартну невизначеність за емпіричним методом розраховують за формулою:

$$u_c(y) = \sqrt{s^2 + b^2} \quad (\text{Б.1})$$

де  $s$  – СКВ прецизійності;

$b$  – оцінка правильності (зміщення по відношенню до опорного значення, наприклад, атестованого значення контрольного зразка).

Б.2.1 Перевагу необхідно віддавати СКВ, отриманому за умов проміжної прецизійності (внутрішньолабораторної відтворюваності),  $s_R$ , оскільки воно враховує більшу кількість впливів порівняно із СКВ повторюваності (збіжності),  $s_r$ .

Б.2.2 Правильність оцінюють, як середнє арифметичне відхилення результатів повторних вимірювань від відомого значення контрольного зразка за формулою:

$$b = \sqrt{\bar{\Delta}^2 + u_{КЗ}^2 + \frac{s^2}{n}} \quad (\text{Б.2})$$

де  $\bar{\Delta}$  – середнє арифметичне відхилення результатів повторних вимірювань від відомого значення контрольного зразка;

$u_{КЗ}$  – невизначеність значення контрольного зразка;

$s$  – СКВ прецизійності за умов проведення повторних вимірювань, зазвичай повторюваності (збіжності).

**Примітка.** Правильність також допустимо оцінювати за даними кваліфікаційної перевірки методом міжлабораторного порівняння, за умови позитивних результатів участі в ньому лабораторії.

Б.3 Якщо експериментальні дані з оцінювання лабораторією правильності відсутні, допускається в якості оцінки сумарної стандартної невизначеності використовувати подвоєне значення СКВ, отриманого за умов проміжної прецизійності (внутрішньолабораторної відтворюваності),  $s_R$

$$u_c(y) \approx 2 \cdot s_R \quad (\text{Б.3})$$

де  $s_R$  – СКВ проміжної прецизійності/внутрішньолабораторної відтворюваності).

Б.4 Якщо випробування/вимірювання проводяться за загальновизнаною стандартизованою аналітичною процедурою, для оцінювання сумарної стандартної невизначеності допустимо використати, зазвичай, наведені в НД на МВ дані щодо прецизійності за умов міжлабораторної відтворюваності, вираженої як СКВ,  $s_{R_i}$  або допустимий розмах  $R_i$ .

$$u_c(y) \approx s_{R_i} = \frac{R_i}{2,77} \quad (\text{Б.4})$$

Б.4 Розширену невизначеність розраховують за формулою:

$$U \approx 2 \cdot u_c(y) \quad (\text{Б.5})$$

Додаток В  
(Рекомендований)

**ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЛЯ  
ОЦІНЮВАННЯ СТАНДАРТНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ЗА ТИПОМ А**

В.1 Для оцінювання невизначеності за типом А проводять спеціальні експериментальні дослідження з метою набору даних, які для кожної вимірюваної величини чи складової вимірювальної процедури, що можуть впливати на результат вимірювання за конкретною МВ, дозволяють встановити характеристики розподілу ймовірностей величини, є необхідними та достатніми для статистичного аналізу та вірогідного оцінювання відповідних складових сумарної невизначеності. Ці дослідження полягають у багаторазових вимірюваннях спеціальних зразків за спеціальних умов відповідно до специфіки вимірюваної величини чи складової вимірювальної процедури, що можуть впливати на результат вимірювання за конкретною МВ.

В.2 Зразки повинні мати близький до реальних проб скла, зазвичай, відомий вміст досліджуваної величини. Вид і кількість зразків залежить від завдання:

- стандартну невизначеність конкретного результату (на конкретному рівні) оцінюють за результатами вимірювання величини у реальній пробі;
- для оцінювання стандартної невизначеності у діапазоні вимірювань за МВ використовують, зазвичай, не менше трьох зразків; значення досліджуваної величини у цих зразках повинні приблизно відповідати початку, середині та кінцю вимірювального діапазону (тобто відображати увесь вимірювальний діапазон величини);
- для оцінювання стандартної невизначеності калібрування ЗВТ використовують щонайменше п'ять калібрувальних зразків із відомим значенням вимірюваної величини (зазвичай, концентрації); значення величини у цих зразках повинні приблизно рівномірно охоплювати діапазон

калібрування; для кожного зразка виконують щонайменше п'ять вимірювань.

В.3 При плануванні експериментальних досліджень дотримуються рекомендацій таблиці В.1 щодо спеціальних умов.

**Таблиця В.1 Умови набору експериментальних даних для оцінювання невизначеності деяких складових вимірювальної процедури**

<b>Складова вимірювальної процедури, для якої планується оцінювати невизначеність</b>	<b>Умови набору експериментальних даних</b>
Відбирання проб	Досліджують проби, що відібрані із урахуванням можливих змін об'єкту досліджень у часі та просторі
Транспортування проб	Досліджують проби, що піддавались граничним умовам транспортування.
Зберігання	Досліджують проби, що піддавались граничним термінам зберігання
Пробопідготовка	Досліджують проби з граничними рівнями величин, що впливають на результат вимірювання/заважають вимірюванню
Випадкова складова	Досліджують поточні проби чи інші зразки з типовою для досліджуваного об'єкту матрицею

Додаток Г  
(Рекомендований)

**ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ КАЛІБРУВАННЯ**

Г.1 Спосіб 1

Параметри калібрувальної (градуовальної) характеристики, їх стандартна невизначеність і невизначеність результату вимірювання за рахунок використання калібрувальної/градуовальної характеристики визначають за експериментальними даними, отриманими шляхом серій вимірювань величини (зазвичай, концентрації) у щонайменше п'яти калібрувальних зразках із відомим значенням величини. Значення вимірюваної величини у цих зразках повинні приблизно рівномірно охоплювати діапазон калібрування.

Для кожної серії одиничних вимірювань аналітичного сигналу у обчислюють середнє арифметичне  $\bar{y}_i$  і СКВ  $S_i$  результатів одиничних вимірювань:

$$\bar{y}_i = \frac{\sum_{j=1}^J y_{ij}}{J}, \quad (\text{Г.1})$$

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^J (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{J-1}}, \quad (\text{Г.2})$$

де  $i$  – номер калібрувального зразка,  $i = 1, \dots, I$ ;

$I$  – кількість калібрувальних зразків;

$j$  – номер одиничного вимірювання аналітичного сигналу в серії  
 $j = 1, \dots, J$ ;

$J$  – кількість одиничних вимірювань.

Результати кожної серії перевіряють на наявність аномальних результатів.

Перевірку однорідності дисперсій  $S_i^2$  проводять за допомогою критерію

Кохрана. Для чого обчислюють значення  $G$ :

$$G = \frac{\max\{S_i^2\}}{\sum_{i=1}^I S_i^2}. \quad (\Gamma.3)$$

Розраховане значення  $G$  порівнюють із табличним  $G_m$  для довірчої ймовірності  $P = 0,95$ . Якщо  $G < G_m$ , то розглянуті дисперсії однорідні, і відповідні дані (результати вимірювань величини) можна використовувати для встановлення калібрувальної характеристики. У протилежному випадку ( $G > G_m$ ) дисперсії неоднорідні і відповідну серію результатів одиничних вимірювань виключають із подальшої обробки, а дані, що залишилися, знову перевіряють на однорідність.

Перевірені експериментальні дані використовують для визначення параметрів "а" і "b" лінійної калібрувальної характеристики  $y = a + b \cdot x$ .

$$a = \frac{\sum_{i=1}^I x_i^2 \sum_{i=1}^I \bar{y}_i - \sum_{i=1}^I x_i \sum_{i=1}^I (x_i \bar{y}_i)}{I \sum_{i=1}^I x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^I x_i\right)^2}, \quad (\Gamma.4)$$

$$b = \frac{I \sum_{i=1}^I (x_i \bar{y}_i) - \sum_{i=1}^I x_i \sum_{i=1}^I \bar{y}_i}{I \sum_{i=1}^I x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^I x_i\right)^2}. \quad (\Gamma.5)$$

Для отриманої калібрувальної характеристики розраховують залишкове СКВ,  $S_{yx}$ , за формулою:

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^I [\bar{y}_i - (a + bx)]^2}{I - 2}}, \quad f = I - 2, \quad (\Gamma.6)$$

і стандартні невизначеності параметрів "а" і "b" за формулами:

$$S_a = \sqrt{\frac{I \cdot S_{yx}^2}{I \sum_{i=1}^I x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^I x_i\right)^2}}, \quad f = I - 2, \quad (\Gamma.7)$$

$$S_b = \sqrt{\frac{S_{yx}^2 \sum_{i=1}^I x_i^2}{I \sum_{i=1}^I x_i^2 - (\sum_{i=1}^I x_i)^2}}, \quad f = I - 2 \quad . \quad (\Gamma.8)$$

Довірчі інтервали (розширену невизначеність) параметрів “*a*” і “*b*” розраховують за формулами:

$$\Delta a = t(f = I - J - 2; P = 0,95) \cdot S_a \quad (\Gamma.9)$$

$$\Delta b = t(f = I - J - 2; P = 0,95) S_b \quad (\Gamma.10)$$

Розраховані значення довірчих інтервалів дозволяють визначити кількість знаків після коми у розрахованих значеннях параметрів “*a*” і “*b*”.

Остаточним результатом оцінювання невизначеності калібрування є стандартна ( $u = S_k$ ) і відповідна розширена невизначеність (довірчий інтервал,  $U = \Delta x_i$ ) результату вимірювання за рахунок використання калібрувальної характеристики, що розраховують за формулами:

$$u = S_k = \frac{S_{yx}}{b} \sqrt{\frac{1}{I} + \frac{1}{n} + \frac{(\bar{y}_i - \bar{y})^2}{b^2 \sum_{i=1}^I (x_i - \bar{x})^2}}, \quad (\Gamma.11)$$

$$U = \Delta x_i = \frac{t(f, P) \cdot S_{yx}}{b} \sqrt{\frac{1}{I} + \frac{1}{n} + \frac{(\bar{y}_i - \bar{y})^2}{b^2 \sum_{i=1}^I (x_i - \bar{x})^2}}, \quad (\Gamma.12)$$

де:  $\bar{y}$  – середнє арифметичне значень аналітичного сигналу від проби, одержаних за калібрувальної характеристикою,  $y_i$

$\bar{x}$  – середнє арифметичне значень вимірюваної величини  $x_i$ , у калібрувальної розчині;

$n$  – число одиничних вимірювань, за якими отримано результат вимірювань за МВ;

$t$  – коефіцієнт Ст’юдента для довірчої ймовірності  $P = 0,95$  і числа ступенів свободи  $f = I - 2$ .

## Г.2 Спосіб 2

Невизначеність калібрування ЗВТ у випадку лінійної залежності визначають за рівнянням

$$u_{cal,A} = s_{cal} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (W_i - \bar{W})^2}{n-1}} \quad (\text{Г.13})$$

де  $n$  - кількість калібрувальних зразків, використаних для встановлення калібрувальної характеристики;

$W_i$  - різниця між розрахованим за калібрувальною залежністю значенням величини та значенням величини в  $i$ -ому калібрувальному зразку, яка розраховується за формулою :

$$W_i = \frac{(Y_i - a)}{b} - X_i \quad (\text{Г.14})$$

де  $X_i$ ,  $Y_i$  - значення величини в  $i$ -ому калібрувальному зразку, аналітичний сигнал від  $i$ -ого калібрувального зразка, відповідно;

$a$ ,  $b$  - параметри лінійної калібрувальної характеристики,  $Y = a + b \cdot X$ ;

$\bar{W}$  - середнє значення різниць між розрахованим за калібрувальною залежністю значенням величини та значенням величини у відповідному калібрувальному зразку:

$$\bar{W} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n} \quad (\text{Г.15})$$

Остаточним результатом оцінювання невизначеності калібрування є розширена невизначеність калібрування, що розраховується за 5.4 та подається у вигляді довірчого інтервалу для довірчої ймовірності  $P = 0,95$ .

Г.3 Результати оцінювання невизначеності калібрування оформлюють за встановленим у лабораторії зразком. Отриману розширену невизначеність калібрування використовують для оцінювання невизначеності результату вимірювання за методом В.

Додаток Д  
(Довідковий)

**СТАНДАРТНІ ЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЮ СТЬЮДЕНТА**

Стандартні значення критерію Стьюдента наведено в таблиці Г.1.

**Таблиця Д.1 Стандартні значення  $t$ -критерію Стьюдента для довірчої ймовірності  $P = 0,95$**

$v_{eff}$	$t_p(v_{eff}, P = 0,95)$	$v_{eff}$	$t_p(v_{eff}, P = 0,95)$	$v_{eff}$	$t_p(v_{eff}, P = 0,95)$	$v_{eff}$	$t_p(v_{eff}, P = 0,95)$
1	12,71	10	2,23	19	2,09	28	2,05
2	4,30	11	2,20	20	2,09	29	2,04
3	3,18	12	2,18	21	2,08	30	2,04
4	2,78	13	2,16	22	2,07	40	2,02
5	2,57	14	2,15	23	2,07	60	2,00
6	2,45	15	2,14	24	2,06	$\infty$	1,96
7	2,37	16	2,12	25	2,06		
8	2,31	17	2,11	26	2,06		
9	2,26	18	2,10	27	2,05		

Додаток Ж  
(Довідковий)

**Приклади розрахунку невизначеності результату вимірювань**

Ж.1 Розрахунок невизначеності для середнього значення результату вимірювання масової концентрації сульфатів гравіметричним методом на прикладі MBV 081/12-0007-01:

Ж.1.1 На першому етапі за MBV 081/12-0007-01 визначають вимірювальну функцію (розрахункову формулу) для отримання результату вимірювання масової концентрації сульфатів,  $\rho_i$  :

$$\rho_i = \frac{0,4115 \cdot m \cdot 1000}{V} \quad (\text{Ж.1})$$

де: - коефіцієнт для перерахунку з барію сірчаноокислого на сульфати;

$m$  - маса осаду барію сірчаноокислого, мг;

1000 - коефіцієнт перерахунку в мг/дм<sup>3</sup>;

$V$  - об'єм вихідної проби, взятий для осадження сульфатів, см<sup>3</sup>;

$i$  - номер одиничного вимірювання,  $i = 1, 2$ .

Ж.1.2 Визначають джерела невизначеності, що формують сумарну невизначеність результату вимірювання масової концентрації сульфатів. Ці джерела зв'язані з аргументами і сталими вимірювальної функції. Таким чином, відповідно до розрахункової формули Ж.1 складовими невизначеності є:

- 1) невизначеність коефіцієнту 0,4115 для перерахунку з барію сірчаноокислого на сульфати;
- 2) невизначеність коефіцієнту 1000 для перерахунку в мг/дм<sup>3</sup>;
- 3) невизначеність вимірювання маси осаду барію сірчаноокислого, визначається за типом В за паспортними даними на ваги;
- 4) невизначеність вимірювання об'єму проби, взятого для осадження барію сірчаноокислого;
- 5) випадкова складова невизначеності.

Ж.1.3 Визначають додаткові джерела невизначеності, невраховані у вимірвальній функції і вносять поправочний коефіцієнт  $f_{nc}$  у вимірвальну функцію для врахування несистематичної складової невизначеності

$$\rho_i = \frac{0,4115 \cdot m \cdot 1000}{V} f_{nc} \quad (\text{Ж.2})$$

Ж.1.4 На другому етапі за допомогою диференціювання розрахункової формули (Ж.2) і з урахуванням того факту, що взаємно залежні (корельовані між собою) величини у формулі відсутні, складають рівняння для розрахунку відносної сумарної стандартної невизначеності за 5.3.1, формула (5.5), і, одночасно, визначаються з типом оцінювання кожної складової: за типом А (якщо відсутні дані для оцінювання за типом В) або за типом В:

$$\frac{u_c^2(\rho_i)}{\rho_i^2} = \frac{u_B^2(0,4115)}{0,4115^2} + \frac{u_B^2(m)}{m^2} + \frac{u_B^2(V)}{V^2} + \frac{u_B^2(1000)}{1000^2} + \frac{u_A^2(f_{nc})}{f_{nc}^2} \quad (\text{Ж.3})$$

Ж.1.5 Оцінюють окремі складові сумарної стандартної невизначеності, при цьому використовують наявні вхідні дані, отримані експериментальним шляхом чи відомі з інших джерел (див. таблицю Ж.1).

Таблиця Ж.1 Розрахункові формули, вхідні дані для оцінювання складових сумарної стандартної невизначеності, результати їх оцінювання

<b>Розрахункова формула для оцінювання складової сумарної стандартної невизначеності</b>	<b>Вхідні дані для оцінювання складової невизначеності</b>	<b>Оцінене значення невизначеності</b>
Невизначеність коефіцієнту 0,4115 для перерахунку з барію сірчаноокислого на сульфати $\frac{u_B^2(0,4115)}{0,4115^2}$	Є несуттєвою і нею допустимо знехтувати	0
Невизначеність коефіцієнту 1000 для перерахунку в мг/дм <sup>3</sup> $\frac{u_B^2(1000)}{1000^2}$	Є несуттєвою і нею допустимо знехтувати	0

Розрахункова формула для оцінювання складової сумарної стандартної невизначеності	Вхідні дані для оцінювання складової невизначеності	Оцінене значення невизначеності
Невизначеність вимірювання маси осаду барію сірчаноокислого за додатком А, варіант 3 $\frac{u_B^2(m)}{m^2} = \frac{U_{ваз}^2}{k^2 \cdot m^2} = \frac{(0,1)^2}{2^2 \cdot (30)^2}$	Маса осаду барію сірчаноокислого, $m$ 30 мг; розширена невизначеність ваг $U_{ваз} = 0,1$ мг; коефіцієнт охоплення $k = 2$	$2,7 \cdot 10^{-6}$
Невизначеність вимірювання об'єму вихідної проби, взятого для осадження барію сірчаноокислого за додатком А, варіант 1 $\frac{u_B^2(V)}{V^2} = \frac{U_u^2}{V^2} = \frac{a^2}{V^2 \cdot (\sqrt{3})} = \frac{(0,001)^2}{(0,1)^2 \cdot 3}$	Об'єм вихідної проби, взятий для осадження сульфатів 0,100 дм <sup>3</sup> ; Ціна найменшої поділки циліндра 1-100 за ГОСТ 1770, $a$ $\pm 0,001$ дм <sup>3</sup>	$3,3 \cdot 10^{-5}$
Випадкова складова невизначеності $\frac{u_A^2(f_{нс})}{f_{нс}^2} = \frac{1}{n_i(n_i - 1)\rho_i^2} \sum_{q=1}^{n_i} (\rho_{iq} - \bar{\rho}_i)^2 = \frac{(2,315)^2}{5 \cdot (123)^2}$	Результати вимірювання масової концентрації сульфатів 125, 126, 124, 120, 121; кількість паралельних вимірювань для отримання результату $n = 5$ ; $f_{нс}^2 = \rho_i^2$	$7,1 \cdot 10^{-5}$

Ж.1.6 У складене рівняння для відносної сумарної стандартної невизначеності підставляють результати оцінювання складових невизначеностей (за типом А або за типом В) у відносному вигляді відповідно до таблиці Ж.1 і розраховане за формулою Ж.2 значення масової концентрації сульфатів у досліджуваній пробі  $\rho_i = 123$  мг/дм<sup>3</sup>.

Ж.1.7 Проводять розрахунок сумарної стандартної,  $u_c$ , та розширеної невизначеності,  $U$ .

$$\frac{u_c^2(\rho_i)}{\rho_i^2} = \frac{u_B^2(0,4115)}{0,4115^2} + \frac{u_B^2(m)}{m^2} + \frac{u_B^2(V)}{V^2} + \frac{u_B^2(1000)}{1000^2} + \frac{u_A^2(f_{nc})}{f_{nc}^2} = 0 + 0,27 \cdot 10^{-5} + 3,3 \cdot 10^{-5} + 0 + 7,1 \cdot 10^{-5} = 1,1 \cdot 10^{-4}$$

$$u_c(\rho_i) = \sqrt{\frac{u_c^2(\rho_i)}{\rho_i^2} \cdot \rho_i^2} = \sqrt{1,1 \cdot 10^{-4} \cdot (123)^2} \approx 1,3.$$

Для обчислення значення розширеної невизначеності,  $U$ , за 5.4 і формулою

$$U = k \cdot u_c = t_p(v_{\text{eff}}) \cdot u_c$$

визначаються з ефективним числом ступенів свободи  $v_{\text{eff}}$  (за формулою 5.13) і відповідним йому квантилем розподілу Стюдента для довірчої ймовірності 0,95 (за додатком Д):

$$v_{\text{eff}} = \frac{u_c(\rho_i)^4}{\frac{u_A^4(f_{nc})}{5-1} \cdot \left(\frac{0,4115 \cdot m \cdot 1000}{V}\right)^4} \approx 5$$

$$t_p(v_{\text{eff}}) = 2,57.$$

$$U = 2,57 \cdot 1,3 = 4 \text{ (мг/дм}^3\text{)}.$$

Ж.1.8 Таким чином, результат вимірювання масової концентрації сульфатів гравіметричним методом за МВВ 081/12-0007-01 має бути поданим у наступному вигляді:

$$(123 \pm 4) \text{ мг/дм}^3, P = 0,95, k = 2,57.$$

Ж.2 Розрахунок невизначеності для результату вимірювання масової концентрації свинцю у бензині методом атомно-абсорбційної спектроскопії на прикладі ДСТУ EN 237:2003:

Ж.2.1 На першому етапі за ДСТУ EN 237:2003 визначають вимірювальну функцію (розрахункову формулу) для отримання результату вимірювання масової концентрації свинцю,  $\rho(Pb)$ :

$$\rho(Pb) = \frac{A \rho_B(Pb) 10}{A_1} \quad (\text{Ж.3})$$

де  $A$  - світлопоглинання розчину проби;

$\rho_B(Pb)$  - масова концентрація свинцю в градуювальному розчині, світлопоглинання якого має найближче значення до світлопоглинання розчину проби;

$A_1$  - світлопоглинання градуювального розчину проби, яке має найближче значення до світлопоглинання розчину проби;

10 – коефіцієнт розбавлення проби.

Ж.2.2 Визначають джерела невизначеності, що формують сумарну невизначеність результату вимірювання масової концентрації свинцю. Ці джерела зв'язані з аргументами і сталими вимірювальної функції. Таким чином, відповідно до визначеної розрахункової формули (Ж.2) складовими сумарної невизначеності є:

1) невизначеність вимірювання світлопоглинання проби;

2) невизначеність вимірювання світлопоглинання градуювального розчину з найближчим до світлопоглинання проби значенням;

3) невизначеність приготування і встановлення масової концентрації свинцю у градуювальному розчині, світлопоглинання якого має найближче значення до світлопоглинання проби, яка складається із:

- невизначеності атестованого значення масової концентрації свинцю у стандартному розчині 50 мг/дм<sup>3</sup>;

- невизначеності вимірювання об'єму 3 см<sup>3</sup> стандартного розчину за допомогою бюретки;

- невизначеності вимірювання об'єму 100 см<sup>3</sup> градуювального розчину за допомогою колби;

4) невизначеність встановлення коефіцієнту розбавлення проби, яка складається із:

- невизначеності вимірювання об'єму 10 см<sup>3</sup> проби відповідною піпеткою з однією позначкою;

- невизначеності вимірювання об'єму 100 см<sup>3</sup> розведеної проби за допомогою відповідної колби.

**Примітка.** Приготування градуювального розчину проведено шляхом внесення за допомогою

бюретки 3 см<sup>3</sup> стандартного розчину з масовою концентрацією свинцю 50 мг/дм<sup>3</sup> у колбу мірну місткістю 100 см<sup>3</sup>, в яку попередньо внесено ~ 50 см<sup>3</sup> ізопропанолу, 10 см<sup>3</sup> бензину А-95 вільного від свинцю, 1 см<sup>3</sup> 1 % розчину йоду, а після витримування протягом 1 хв 5 см<sup>3</sup> 1 % розчину триалкіламоній хлориду.

Додаткові джерела сумарної невизначеності не оцінювали.

Ж.2.3 На другому етапі за допомогою диференціювання розрахункової формули (Ж.3) і з урахуванням того факту, що світлопоглинання градуовального розчину і його концентрація є взаємно залежними величинами (корелюють між собою), складають рівняння для розрахунку відносної сумарної стандартної невизначеності за 5.3.2, формула (5.6), і, одночасно, визначаються з типом оцінювання кожної складової: за типом А (якщо відсутні дані для оцінювання за типом В) або за типом В:

$$\frac{u_c(\rho(Pb))^2}{\rho(Pb)^2} = \frac{u(A)^2}{A^2} + \frac{u(\rho_B(Pb))^2}{\rho_B(Pb)^2} + \frac{u(10)^2}{10^2} + \frac{u(A_1)^2}{A_1^2} + \frac{r(\rho_B(Pb), A_1) \cdot u(A_1) \cdot u(\rho_B(Pb))}{\rho_B(Pb) \cdot A_1}$$

Ж.2.4 Оцінюють окремі складові сумарної стандартної невизначеності, при цьому використовують наявні вхідні дані, отримані експериментальним шляхом чи відомі з інших джерел (див. таблицю Ж.2).

Таблиця Ж.2 Розрахункові формули, вхідні дані для оцінювання складових сумарної стандартної невизначеності, результати їх оцінювання

<b>Розрахункова формула для оцінювання складової сумарної стандартної невизначеності</b>	<b>Вхідні дані для оцінювання складової невизначеності</b>	<b>Оцінене значення невизначеності</b>
Невизначеність вимірювання світлопоглинання проби $\frac{u(A)^2}{A^2} = \frac{1}{n_A(n_A - 1)A^2} \sum_{i=1}^{n_A} (A_i - \bar{A})^2$	Результати вимірювання світлопоглинання проби $A_{iq} : 0,043; 0,0421; 0,0417; 0,0415; 0,0406; 0,0401; 0,039; 0,0389; 0,0378; 0,0378;$ $\bar{A} : 0,04025, n_A = 10$	$\frac{u(A)^2}{A^2} = 0,00021$ $u(A) = 0,000583$
Невизначеність вимірювання світлопоглинання градуовального розчину проби,	Результати вимірювання світлопоглинання градуовального розчину	

Розрахункова формула для оцінювання складової сумарної стандартної невизначеності	Вхідні дані для оцінювання складової невизначеності	Оцінене значення невизначеності
<p>який має найближче значення до світлопоглинання розчину проби</p> $\frac{u(A_1)^2}{A_1^2} = \frac{1}{n_{A_1}(n_{A_1} - 1)A_1^2} \sum_{i=1}^{n_{A_1}} (A_{1i} - \bar{A}_1)^2$	<p><math>A_{1iq} : 0,0391; 0,0394; 0,0389; 0,0395; 0,0383; 0,0464;</math>  <math>\bar{A}_1 = 0,04027, n_A = 6</math></p>	<p><math>\frac{u(A_1)^2}{A_1^2} = 0,000947</math>  <math>u(A_1) = 0,00124</math></p>
<p>Невизначеність встановлення значення масової концентрації свинцю 50 мг/дм<sup>3</sup> у градууювальному розчині, світлопоглинання якого має найближче значення до світлопоглинання проби, за рахунок процедури його приготування</p> $\frac{u(\rho_B(Pb))^2}{\rho_B(Pb)^2} = \frac{u(\rho_0(Pb))^2}{\rho_0(Pb)^2} + \frac{u(\text{бюретки})^2}{V(\rho_0(Pb))^2} + \frac{u(\text{колби})^2}{V(\text{колби})^2}$	<p><math>\rho_0(Pb) = 50 \text{ мг/дм}^3</math>  <math>u(\rho_0(Pb)) = 0,328 \text{ мг/дм}^3</math>  <math>u(\text{бюретки}) = 0,025/\sqrt{3} \text{ мм}^3</math>  <math>V(\rho_0(Pb)) = 3 \text{ см}^3</math>  <math>V(\text{колби}) = 100 \text{ см}^3</math>  <math>u(\text{колби}) = 0,2/\sqrt{3} \text{ см}^3</math></p>	<p><math>5,208 \cdot 10^{-5}</math></p>
<p>Невизначеність встановлення коефіцієнту розбавлення проби</p> $\frac{u(10)^2}{10^2} = \frac{u(\text{pipетки})^2}{10^2} + \frac{u(\text{колби})^2}{100^2}$	<p><math>u(\text{pipетки}) = 0,04/\sqrt{3} \text{ см}^3</math>  <math>u(\text{колби}) = 0,2/\sqrt{3} \text{ см}^3</math></p>	<p><math>3,467 \cdot 10^{-5}</math></p>
<p>Невизначеність за рахунок взаємної залежності світлопоглинання градууювального розчину і його концентрації</p> $\frac{r(\rho_B(Pb), A_1) \cdot u(A_1) \cdot u(\rho_B(Pb))}{\rho_B(Pb) \cdot A_1}$	<p>Коефіцієнт кореляції спорідненої пари вимірювань  <math>r(\rho_B(Pb), A_1) = 0,986</math></p>	<p>0,000219</p>

Ж.2.5 У складене рівняння для відносної сумарної стандартної невизначеності підставляють результати оцінювання складових відносних

невизначеностей відповідно до таблиці Ж.2 і розраховане за формулою Ж.3 значення масової концентрації свинцю у досліджуваній пробі  $\rho(Pb) = 15 \text{ мг/дм}^3$ :

$$\frac{u_c(\rho(Pb))^2}{\rho(Pb)^2} = 0,00021 + 5,208 \cdot 10^{-5} + 3,467 \cdot 10^{-5} + 0,000947 + 0,000219 = 0,00146.$$

Ж.2.6 Проводять розрахунок сумарної стандартної невизначеності,  $u_c$ , та розширеної невизначеності,  $U$ :

$$u_c = \sqrt{\frac{u_c(\rho(Pb))^2}{\rho(Pb)^2}} \cdot \rho(Pb) = 0,574$$

Для обчислення значення розширеної невизначеності,  $U$ , за 5.4 і формулою

$$U = k \cdot u_c = t_p(v_{\text{eff}}) \cdot u_c$$

визначаються з ефективним числом ступенів свободи  $v_{\text{eff}}$  (за формулою 5.13, враховуються лише складові сумарної невизначеності, обчислені за типом А, а саме: невизначеності вимірювання світлопоглинання проби і градуувального розчину) і відповідним йому квантилем розподілу Стюдента для довірчої ймовірності 0,95 (за додатком Д).

З урахуванням, що похідні від вимірювальної функції  $\rho(Pb)$  по її складовим  $A$  і  $A_1$  мають вигляд відповідно:

$$\frac{\partial \rho(Pb)}{\partial A} = \frac{\rho_B(Pb) \cdot 10}{A_1} \quad \text{та} \quad \frac{\partial \rho(Pb)}{\partial A_1} = \frac{A \cdot \rho_B \cdot (Pb) \cdot 10}{A_1^2},$$

формула для розрахунку ефективного числа ступенів свободи буде така:

$$v_{\text{eff}} = \frac{u_c^4}{\frac{u_A^4(A_1) \cdot \left(\frac{A \rho_B(Pb) \cdot 10}{A_1^2}\right)^4}{6-1} + \frac{u_A^4(A) \cdot \left(\frac{\rho_B(Pb) \cdot 10}{A_1}\right)^4}{10-1}} = \frac{0,574^4}{\frac{u_A^4(A_1) \cdot \left(\frac{A \rho_B(Pb) \cdot 10}{A_1^2}\right)^4}{6-1} + \frac{u_A^4(A) \cdot \left(\frac{\rho_B(Pb) \cdot 10}{A_1}\right)^4}{10-1}} \approx 9$$

$$t_p(v_{\text{eff}}) = 2,26.$$

$$U = 2,26 \cdot 0,574 = 1,3 \text{ (мг/дм}^3\text{)}.$$

Ж.2.8 Таким чином, результат вимірювання масової концентрації свинцю у бензині методом атомно-абсорбційної спектроскопії за ДСТУ EN 237:2003 має бути поданим у наступному вигляді:  $(15 \pm 1,3) \text{ мг/дм}^3$ ,  $P = 0,95$ ,  $k = 2,26$ .

ДОДАТОК В  
Рецензія внутрішня

## РЕЦЕНЗІЯ

### **на проміжний звіт про виконання науково-дослідної роботи “Розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища”**

НДР “Розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища” (далі - НДР) виконано на підставі виконано на підставі Тематичного плану прикладних наукових досліджень на 2019-2021 роки Науково-дослідної установи «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», затвердженого Міністерством екології та природних ресурсів України 18.07.2019 року (п. 16), та пропозицій Державної екологічної інспекції України лист № 2/7-4-885 від 17.02.2019.

Мета НДР полягає у забезпеченні єдності та необхідної точності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища, шляхом розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань та впровадження її у вимірювальні підрозділи територіальних органів Державної екологічної інспекції України.

Актуальність НДР зумовлено проблемою довіри до вимірювальної інформації про стан об'єктів довкілля та джерел їх забруднення; необхідністю захисту споживачів цієї інформації, зокрема, органів виконавчої влади від наслідків неправомірних управлінських рішень, прийнятих із використанням недостовірних результатів вимірювань. Оцінювання невизначеності одна з необхідних і обов'язкових процедур для лабораторій за вимогами ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій і ДСТУ ISO 10012:2005 Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання.

НДР виконується в два етапи протягом 2019 – 2020 р.р. Календарним планом на першому етапі (2019 р.) передбачено розроблення першої редакції проекту Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що

здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища (далі – Методики).

Проміжний звіт про виконання першого етапу НДР містить: вступ, три розділи, висновки, два додатки. У першому розділі проаналізовано передумови розроблення Методики. У другому розділі наведено аналітичний огляд міжнародних нормативних і науково-методичних документів із питань визначення невизначеності результатів вимірювань. У третьому розділі розглянуто основні положення, які повинні бути встановлені до визначення невизначеності вимірювань у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища, що необхідно включити до Методики. Додаток А – технічне завдання на розроблення проекту Методики, додаток Б – перша редакція проекту Методики;

Розроблена перша редакція проекту Методики містить основні вимоги до встановлення невизначеності вимірювань у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища, алгоритм розрахунку невизначеності; відповідає сучасній міжнародній практиці розрахунку невизначеності вимірювань. Викладення тексту методики є зрозумілим та доступним. Методика містить приклади розрахунку невизначеності.

НДР виконано у повній відповідності до технічного завдання і на високому науковому рівні.

Вченій раді УКРНДІЕП рекомендується розглянути та схвалити проміжний звіт про виконання НДР “Розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища”

**Рецензент:**

**В. о. завідувача лабораторією  
проблем формування та  
регулювання якості вод УКРНДІЕП  
канд. техн. наук**

**Підпис Брука В. В. засвідчую  
Менеджер з персоналу УКРНДІЕП**



**Брук В. В.**

**Кривонос С.В.**

ДОДАТОК Г  
Рецензія зовнішня

## РЕЦЕНЗІЯ

### **на проміжний звіт про виконання науково-дослідної роботи “Розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища”**

Представлений на рецензію звіт містить проміжні результати виконання НДР “Розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища”, виконання якої передбачено Тематичним планом прикладних наукових досліджень на 2019-2021 роки науково-дослідної установи «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем». Виконання НДР заплановано протягом 2019 – 2020 р.р., за 2019 р. (етап 1) передбачено розроблення першої редакції проекту Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища (далі – Методики).

Мета НДР полягає у забезпеченні достовірності і співставлюваності результатів вимірювань показників складу і властивостей проб об’єктів навколишнього природного середовища та джерел їх забруднення, що підпадають під сферу законодавчо регульованої метрології, шляхом розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань та впровадження її у вимірювальні підрозділи територіальних органів Державної екологічної інспекції України.

Оцінювання невизначеності є однією з необхідних і обов’язкових процедур для вимірювальних лабораторій згідно з вимогами ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій і ДСТУ ISO 10012:2005 Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання.

Актуальність розроблення Методики зумовлено проблемою довіри до вимірювальної інформації про стан об’єктів довкілля та джерел їх забруднення; необхідністю захисту споживачів цієї інформації, зокрема, органів виконавчої влади від наслідків неправомірних управлінських рішень, прийнятих із використанням недостовірних результатів вимірювань.

Звіт містить: вступ, три розділи, висновки, два додатки. У першому розділі розглянуто основні передумови розроблення проекту Методики. Другий розділ

присвячено огляду матеріалів щодо оцінки невизначеності вимірювань, зокрема, міжнародних нормативних і науково-методичних документів з цього питання. У третьому розділі викладено і обгрунтовано основні положення Методики та вимоги до інформаційної складової. У додатках представлено:

Додаток А – технічне завдання на розроблення проекту Методики;

Додаток Б – перша редакція проекту Методики.

Розроблений проект першої редакції методики включає:

1. Основні вимоги до розрахунку невизначеності вимірювань;
2. Алгоритм розрахунку при оцінюванні невизначеності;
3. Приклади розрахунку стандартної невизначеності за типами А та В, сумарної стандартної невизначеності, розширеної невизначеності вимірювань, з врахуванням різних типів вихідних даних.

Пропонується, на етапі 2 включити в проект Методики більшу кількість прикладів розрахунку невизначеності, зокрема з BS ISO 11352:2012 Water quality — Estimation of measurement uncertainty based on validation and quality control data. НДР “Розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища” виконано у повній відповідності до технічного завдання на перший рік виконання.

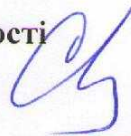
Вченій раді УКРНДІЕП рекомендується розглянути та схвалити проміжний звіт про виконання НДР “Розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища”

**Рецензент:**

**Головний спеціаліст відділу екологічного**

**моніторингу, стандартизації, метрології та якості**

**ДП «УкрНТЦ «Енергосталь», канд. хім. наук**



**С.В. Спіріна**

**Підпис засвідчую**

**Менеджер з персоналу ДП «УкрНТЦ «Енергосталь»**



ДОДАТОК Д

Витяг з протоколу засідання Вченої ради



**МІНІСТЕРСТВО ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ**

**НАУКОВО-ДОСЛІДНА УСТАНОВА  
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ  
ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ»  
(УКРНДІЕП)**

**ВИТЯГ ІЗ ПРОТОКОЛУ**

12.12.2019 № 8  
м. Харків

засідання вченої ради

Склад Вченої ради науково-дослідної установи «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем» затверджено директором установи Гриценком А. В. від 30.01.2019 р. у складі 27 осіб.

**ПРИСУТНІ:**

1. Голова Вченої ради – Гриценко Анатолій Володимирович – д-р геогр. наук, проф., директор
2. Заступник голови Вченої ради – Васенко Олександр Георгійович – канд. біол. наук, старш. наук. співроб., доц., перший заступник директора з наукової роботи, завідувач лабораторії досліджень екологічної стійкості об'єктів довкілля та природних територій особливої охорони
3. Заступник голови Вченої ради Дмитрієва Олена Олексіївна – д-р екон. наук, старш. наук. співроб., заступник директора з наукової роботи та маркетингу наукових досліджень, завідувач лабораторії екологічно безпечного природокористування, засобів і методів моніторингу довкілля
4. Секретар Вченої ради – Савченко Наталя Володимирівна – вчений секретар
5. Брук Володимир Вікторович – канд. техн. наук, в. о. завідувача лабораторії проблем формування та регулювання якості вод
6. Варламов Євгеній Миколайович – канд. техн. наук, старш. наук. співроб., завідувач сектору засобів і методів моніторингу навколишнього природного середовища лабораторії екологічно безпечного природокористування, засобів і методів моніторингу довкілля
7. Гутков Георгій Валентинович – завідувач сектору дослідження технологічних викидів забруднюючих речовин та еколого-енергетичного аудиту лабораторії охорони атмосферного повітря та систем управління відходами; голова первинної профспілкової організації
8. Жуковський Тимофій Федорович – канд. техн. наук, старш. наук. співроб., завідувач лабораторії охорони атмосферного повітря та систем управління відходами

9. Калініченко Олена Олексіївна – завідувач лабораторії еколого-аналітичних досліджень
10. Квасов Володимир Андрійович – канд. техн. наук, старш. наук. співроб., провідний науковий співробітник сектору засобів і методів моніторингу навколишнього природного середовища лабораторії екологічно безпечного природокористування, засобів і методів моніторингу довкілля
11. Клімов Олександр Васильович – канд. геогр. наук, завідувач сектору досліджень територій особливої охорони лабораторії досліджень екологічної стійкості об'єктів довкілля та природних територій особливої охорони
12. Коваленко Григорій Дмитрович – д-р фіз.-мат. наук, проф., старший науковий співробітник лабораторії радіоекологічної безпеки та радіаційного моніторингу
13. Козловська Оксана Вікторівна – науковий співробітник лабораторії радіоекологічної безпеки та радіаційного моніторингу; голова Ради молодих вчених
14. Крайнюкова Алла Миколаївна – д-р біол. наук, проф., завідувач лабораторії біологічних досліджень та біотестування
15. Маркіна Надія Кузьмівна – завідувач лабораторії екологічної гідрогеології та оцінювання екологічного стану територій
16. Палагута Оксана Анатоліївна – канд. техн. наук, старший науковий співробітник сектору засобів і методів моніторингу навколишнього природного середовища лабораторії екологічно безпечного природокористування, засобів і методів моніторингу довкілля; член Ради молодих вчених
17. Пісня Леонід Андрійович – канд. техн. наук, провідний науковий співробітник лабораторії оцінки впливу на навколишнє середовище та екологічної експертизи
18. Саввова Оксана Вікторівна – д-р. техн. наук, доц., старший науковий співробітник лабораторії радіоекологічної безпеки та радіаційного моніторингу
19. Свердлов Борис Соломонович – старший науковий співробітник лабораторії оцінки впливу на навколишнє середовище та екологічної експертизи
20. Ткачова Олена Володимирівна – завідувач сектору розробки систем управління відходами лабораторії охорони атмосферного повітря та систем управління відходами
21. Уберман Володимир Ілліч – канд. техн. наук, провідний науковий співробітник лабораторії проблем формування та регулювання якості вод
22. Хабарова Ганна Володимирівна – канд. техн. наук, старший науковий співробітник лабораторії радіоекологічної безпеки та радіаційного моніторингу, член Ради молодих вчених
23. Цапко Наталя Сергіївна – канд. техн. наук, начальник відділу міжнародного співробітництва та науково-технічної інформації; вчений секретар спеціалізованої вченої ради К 64.812.01
24. Шевченко Людмила Петрівна – завідувач сектору оцінювання екологічного стану територій лабораторії екологічної гідрогеології та оцінювання екологічного стану територій
25. Юрченко Анатолій Іванович – завідувач лабораторії природоохоронних заходів в агропромисловому та паливно-енергетичному комплексах

### **ЗАПРОШЕНІ:**

Бабіч О. В. – провідний науковий співробітник, канд. техн. наук, УКРНДІЕП;

Мельник А. Ю. – науковий співробітник, УКРНДІЕП;

Черба О. В. – науковий співробітник, УКРНДІЕП;

Лачин С. В. – науковий співробітник, УКРНДІЕП;

Михайлова С. В. – науковий співробітник, УКРНДІЕП;

Ємельянов С. П. – науковий співробітник, УКРНДІЕП.

### **ПОРЯДОК ДЕННИЙ**

2. Про розгляд звіту про науково-дослідну роботу № 16 «Розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища» (проміжний звіт) на замовлення Мінприроди України.

*Науковий керівник: **Калініченко Олена Олексіївна***

*Доповідач: **Мельников Андрій Юрійович***

*Рецензент внутрішній: **Брук Володимир Вікторович***

*Рецензент зовнішній: **Спіріна Світлана В'ячеславівна**, головний спеціаліст відділу екологічного моніторингу, стандартизації, метрології та якості ДП УкрНТЦ «Енергосталь», канд. хім. наук.*

### **2. СЛУХАЛИ:**

**Мельников А. Ю.** – виступив з доповіддю про розгляд науково-дослідної роботи № 16 «Розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища» (проміжний звіт) на замовлення Мінприроди України. У своїй доповіді він розповів, що однією з основних засад державної екологічної політики є відповідальність органів виконавчої влади за забезпечення достовірності екологічної інформації, яка, перш за все, залежить від достовірності результатів вимірювань показників стану об'єктів довкілля та джерел їх забруднення. Таким чином, актуальність роботи зумовлено проблемою довіри до вимірювальної інформації про стан об'єктів довкілля та джерел їх забруднення; необхідністю захисту споживачів цієї інформації від наслідків неправомірних управлінських рішень, прийнятих із використанням недостовірних результатів вимірювань.

Оцінювання невизначеності є однією з необхідних і обов'язкових процедур для вимірювальних лабораторій згідно з вимогами ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій та ДСТУ ISO 10012:2005 Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання.

Основні завдання роботи:

*Робота має містити:*

- проект Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища, з алгоритмом розрахунку невизначеності результатів вимірювань та прикладами для конкретних випадків використання методик вимірювань, що засновані на різних методах і призначені для різних об'єктів контролю: води, ґрунтів, викидів, тощо;
- звітні матеріали, необхідні для розгляду Науково-технічною радою.

*Робота повинна відповідати:*

вимогам Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність».

Основні результати роботи:

1. Проведено аналіз міжнародних та національних нормативних та методичних документів із питань невизначеності вимірювань.
2. Визначено основні методи розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища.
3. Розроблено першу редакцію Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища, яка містить:
  - загальні положення оцінювання невизначеності вимірювань;
  - алгоритм розрахунку невизначеності результатів вимірювань на підставі модельного підходу;
  - алгоритм розрахунку невизначеності результатів вимірювань на підставі емпіричного підходу;
  - алгоритми розрахунку невизначеності окремих складових вимірювального процесу;
  - приклади розрахунку невизначеності для конкретних випадків використання методик вимірювань, заснованих на різних методах і призначених для різних об'єктів.

Алгоритм розрахунку невизначеності:

1. Визначають за МВ вимірювальну функцію (розрахункову формулу) для отримання результату вимірювань.
2. Визначають джерела невизначеності відповідно до аргументів і сталих вимірювальної функції.
3. Визначають додаткові джерела невизначеності, які не було розраховано у вимірювальній функції.
4. Складають рівняння для розрахунку сумарної стандартної невизначеності.
5. Проводять розрахунки кожної складової сумарної стандартної невизначеності.
6. Обчислюють сумарну стандартну невизначеність.
7. Визначають коефіцієнт охоплення і обчислюють розширену невизначеність.
8. Складають звіт про оцінювання невизначеності результату вимірювань.

Висновки:

1. Проаналізовано літературні дані щодо оцінювання невизначеності, відповідні підходи з оцінювання невизначеності апробовані на методиках та методах вимірювання, що застосовуються в лабораторії еколого-аналітичних досліджень.
2. Встановлено, що оцінювання невизначеності результатів вимірювань показників стану довкілля проводиться шляхом розрахунків сумарної стандартної невизначеності, розширеної невизначеності та стандартних невизначеностей за типом А та В.
3. Визначено алгоритм розрахунку невизначеності результатів вимірювань.

4. Розроблено першу редакцію Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища.

**ВИСТУПИЛИ:**

**Васенко О. Г.** – спитав, чому у Вас розрізняються підстави для виконання роботи в Технічному завданні та на слайдах?

**Варламов Є.М.** – подікавився, Ви самі виводили формули для розрахунку невизначеності чи взяли їх з якогось документу?

**Квасов В. А.** – запитав, у Вас в актуальності роботи прозвучали джерела забруднення, а далі вони ніде не фігурують. Чому?

**Уberman В. І.** – запитав ви використовуєте термін «довіра до вимірювання», який не є науковим. Чим Ви керуєтеся при такому формулюванні?

**Пісня Л. А.** – подікавився, чи суттєво відрізняються підходи до розрахунку невизначеності вимірювань та визначення похибки вимірювання?

Доповідач відповів на питання у повному обсязі.

**Васенко О. Г.** – зазначив, що подана робота цікава. Запропонував ухвалити роботу та рекомендувати представити для розгляду до Мінекоенерго України.

**Гриценко А.В.** – відмітив, що робота відповідає технічному завданню та виконана у повному обсязі. Запропонував ухвалити звіт про науково-дослідну роботу, рекомендувати представити роботу для розгляду до Мінекоенерго України та приступити до відкритого голосування.

При відкритому голосуванні було подано 25 голоси:  
«ЗА» – 25; «ПРОТИ» – немає; «УТРИМАЛИСЬ» – немає.

**УХВАЛИЛИ:**

Заслухавши інформацію Мельникова Андрія Юрійовича про розгляд науково-дослідної роботи № 16 «Розроблення Методики розрахунку невизначеності результатів вимірювань, що здійснюються у сфері законодавчо регульованої метрології під час контролю стану навколишнього природного середовища» (проміжний звіт) на замовлення Міністерства згідно Тематичного плану прикладних наукових досліджень за бюджетною програмою КПКВК 2401040 «Прикладні наукові та науково-технічні розробки, виконання робіт за державними цільовими програмами і державним замовленням у сфері природоохоронної діяльності, фінансова підтримка підготовки наукових кадрів» УКРНДІЕП на 2019-2021 роки, Вчена рада прийняла рішення звіт ухвалити та рекомендувати представити роботу для розгляду до Мінекоенерго України.

Голова Вченої ради



Вчений секретар

А. В. Гриценко

Н. В. Савченко