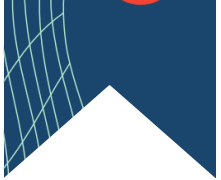


ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ №2
з навчальної дисципліни

**«Стандартизація, метрологія та сертифікація
у сфері професійної діяльності»
“Теоретичні аспекти щодо обробки результатів
невизначеності вимірювань”**

Запоріжжя 2025



УДК 53.08:004.942:502/504(072)
С77

Рекомендовано Науково-методичною
радою ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол №2 від 21 листопада 2025 р.)

Укладачі

Володченкова Н.В., канд. техн. наук, доцент,
Максимова Н.М., канд. техн. наук, доцент,
Чеберячко Ю.І., докт. техн. наук, професор,
Кружилко О.Є. докт. техн. наук, професор

С77 Стандартизація, метрологія та сертифікація у сфері професійної діяльності: методичні рекомендації до виконання індивідуального завдання “Теоретичні аспекти щодо обробки результатів невизначеності вимірювань” / уклад.: Н. В. Володченкова Н. М. Максимова, Ю. І. Чеберячко. О. Є. Кружилко Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025. 15 с.

У методичних рекомендаціях наведено тематика роботи, методичні пояснення щодо порядку виконання завдання, питання для самоперевірки тощо.

УДК 53.08:004.942:502/504(072)

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 1

1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЩОДО ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ

1.1 Теоретичні відомості

Мета завдання – визначити поняття похибки та невизначеності прямих багаторазових рівноточних результатів вимірювань.

Невизначеність вимірювань – це характеристика, яка відображає розсіювання значень, які можуть бути призначені вимірній величині. Стандартна невизначеність (позначається як S_x) представляє собою міру невизначеності результату вимірювань і виражається у вигляді середнього квадратичного відхилення (СКВ) [1].

Існують два типи обчислення стандартної невизначеності:

Обчислення типу А – це статистичний аналіз результатів багаторазових вимірювань.

Обчислення типу В – використання інших джерел інформації про вимірювану величину.

Сумарна стандартна невизначеність (позначається як u_c) для результату вимірювань, отриманих через значення інших величин, обчислюється як позитивний квадратний корінь з суми дисперсій або коваріацій цих інших величин, зважених відповідно до впливу, який вони мають на результат вимірювань.

Розширена невизначеність (позначається як U) – це величина, яка визначає інтервал навколо вимірних значень, в якому очікується знаходження великої кількості значень з достатньою ймовірністю.

Формула для обчислення стандартної невизначеності одного вимірювання i -ї вхідної величини S_x виглядає наступним чином[1,2]:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1.1)$$

де x_i – середнє арифметичне результатів вимірювань i -ої вхідної величини.

Стандартну невизначеність S_{x_i} вимірювань i -й вхідний величини, при яких результат визначають як середнє арифметичне, обчислюють за формулою[3]:

$$S_{xiA} = \sqrt{\frac{1}{n_i(n_i - 1)} \sum_{i=1}^{n_i} (x_i - \bar{x})^2} \quad (1.2)$$

В якості вихідних даних для обчислення стандартної невизначеності (S_{xiB}) використовуються наступні джерела інформації:

Дані попередніх вимірів величин, які входять в рівняння вимірювання.

Відомості про вид розподілу ймовірностей цих вимірюваних величин.

Інформація, заснована на досвіді дослідника або загальних знаннях про поведінку і властивості відповідних приладів і матеріалів.

Невизначеність констант і довідкових даних, які використовуються у процесі вимірювання.

Дані, отримані з перевірки, калібрування, або відомості виробника про прилад і т. д.

Зазвичай ці дані мають певні невизначеності, які представляють у вигляді кордонів відхилення значення величини від її оцінки. Щоб формалізувати це неповне знання про значення величини, часто використовують рівномірний закон розподілу можливих значень цієї величини в межах вказаних кордонів (нижнього і верхнього) для кожної вхідної величини i -го типу. Найбільш поширений спосіб формалізації неповного знання про значення величини полягає в тому, що постулювало рівномірного закону розподілу можливих значень цієї величини в зазначених (нижньої і верхньої) кордонах $[\Theta_{i-}, \Theta_{i+}]$ для i -ї вхідної величини]. При цьому стандартну невизначеність, яка обчислюється за типом В – S_{xiB} , визначають за формулою[2]:

$$S_{xiB} = \frac{\Theta_{i+} - \Theta_{i-}}{2\sqrt{3}} \quad (1.3)$$

А для симетричних границь:

$$S_{xiB} = \frac{\Theta_i}{\sqrt{3}} \quad (1.4)$$

У разі інших законів розподілу формули для обчислення невизначеності за типом В будуть іншими.

Найчастіше вимірювання є непрямыми, тобто вимірювана величина y пов'язана з вимірюваними величинами x за допомогою функціональної залежності виду $y=f(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Тому в разі некорельованих оцінок сумарну стандартну невизначеність S_{xiC} обчислюють за формулою:

$$S_{xiB} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{df}{dx_i}\right)^2 S_x(x_i)} \quad (1.5)$$

У загальному випадку коефіцієнт охоплення k вибирають відповідно до формули[1.3]:

$$k = t_p(V_{eff}) \quad (1.6)$$

де $t_p(V_{eff})$ – коефіцієнт розподілу Стюдента з ефективним числом ступенів свободи V_{eff} та довірчою вірогідністю p .

Ефективне число ступенів свободи визначають за формулою:

$$v_{eff} = \frac{u_C^4}{\sum_{i=1}^m \frac{u^4(x_i)}{v_i} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^4} \quad (1.7)$$

де v_i – число ступенів свободи при визначенні оцінки i -й вхідної величини, при цьому:

$v_i = n_i - 1$ для обчислення невизначеностей за типом А;

$v_i = \infty$ для обчислення невизначеностей за типом В.

У багатьох практичних випадках при обчисленні невизначеностей результатів вимірювань роблять припущення про нормальність закону розподілу можливих значень вимірюваної величини і вважають $k=2$ при $p=0,95$ і $k=3$ при $p=0,99$. При припущенні про рівномірність закону розподілу вважають $k=1,65$ при $p=0,95$ і $k=1,71$ при $p=0,99$.

Рекомендується надавати достатньо інформації про результати вимірювань для забезпечення можливості проаналізувати або повторити весь процес отримання цих результатів та обчислення невизначеностей. Ця інформація повинна включати наступні елементи:

- Алгоритм отримання результатів вимірювань – опис процедури, яка була застосована для отримання вимірних значень.

- Алгоритм розрахунку поправок і їх невизначеностей – опис методів, використаних для розрахунку поправок, які враховуються при вимірюванні, а також вказівки щодо визначення їх невизначеностей.

- Невизначеності всіх використовуваних даних і способи їх отримання – вказівки щодо походження і джерел інформації про величини, які використовуються в процесі вимірювання, а також інформація про їх невизначеності.

- Алгоритми обчислення сумарної і розширеної невизначеностей, включаючи значення коефіцієнта k – детальний опис методів обчислення стандартної і розширеної невизначеностей, а

також зазначення значення коефіцієнта k , який використовується для визначення розширеної невизначеності.

Ця інформація дозволить іншим дослідникам або спеціалістам зрозуміти процес вимірювання, перевірити правильність обчислень та оцінити достовірність та надійність результатів. Розширена невизначеність розраховується за формулою:

$$U = k * u_c \quad (1.8)$$

2 Алгоритм обрахунку індивідуального завдання

Послідовність обробки результатів прямих багаторазових вимірювань передбачає виконання кількох послідовних етапів.

1. Визначення точкових оцінок закону розподілу результатів вимірювань.

На цьому етапі проводиться обчислення середнього арифметичного значення (\bar{x}) вимірюваної величини, середньоквадратичне відхилення (СКВ) результату вимірювань (S_x) що відображає розкид значень навколо середнього.

Середнє арифметичне значення (\bar{x}):

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n \quad (2.1)$$

Це значення визначається шляхом обчислення середнього значення всіх вимірювань. Для цього сумується значення кожного вимірювання, а потім отримана сума ділиться на кількість вимірювань. Це дає нам оцінку центрального значення вимірюваної величини.

Середньоквадратичне відхилення (СКВ) (S_x):

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.2)$$

Цей параметр вказує на розкид значень навколо середнього значення. Він обчислюється за допомогою формули, яка включає в себе різниці між кожним вимірюванням і середнім значенням, їх піднесення до квадрату, сумування цих квадратів, а потім поділ цієї суми на $(n-1)$, де n – кількість вимірювань. Корінь квадратний з отриманого значення дає нам СКВ.

Відповідно до критеріїв грубих похибок виключаються, після чого проводиться повторний розрахунок оцінок середнього арифметичного значення та його СКВ.

2. Визначення закону розподілу результатів вимірювань чи

випадкових похибок

Тут за результатами вимірювань і проведеними розрахунками будується гістограма або полігон.

Гістограма:

Гістограма є стовпчастою діаграмою, де кожний стовпець представляє інтервал значень, а висота стовпця відображає частоту вимірювань, які потрапляють в цей інтервал. За допомогою гістограми можна визначити, які значення вимірюваної величини більш часто зустрічаються і як розподілені значення навколо середнього.

Полігон:

Полігон є лінійним графіком, де на осі абсцис зображуються значення вимірювань, а на осі ординат – відповідні частоти або відсотки. Цей графік дозволяє візуально оцінити розподіл значень та можливі відхилення від середнього.

За допомогою гістограми або полігона можна оцінити, чи відповідають результати вимірювань певному закону розподілу, такому як нормальний розподіл, експоненціальний розподіл, рівномірний розподіл тощо. Візуальний аналіз побудованих графіків допомагає встановити тип розподілу та розпізнати можливі аномалії чи незвичайні властивості вимірюваної величини.

По виду побудованих залежностей може бути оцінений закон розподілу результатів вимірювань.

3. Оцінка закону розподілу за статистичними критеріями

При числі вимірювань $n > 50$ для ідентифікації закону розподілу використовується критерій Пірсона. При $50 > n > 15$ для перевірки нормальності закону розподілу застосовується складовий критерій. При $n < 15$ приналежність експериментального розподілу до нормального не перевіряється.

Основні критерії для оцінки закону розподілу включають:

Критерій Пірсона: Цей критерій використовується для перевірки відповідності емпіричного розподілу теоретичному розподілу. Він вимагає великого обсягу даних (зазвичай понад 50 спостережень). Критерій Пірсона порівнює спостережувані частоти з очікуваними частотами, які обчислюються на основі теоретичного розподілу. Якщо спостережені і очікувані частоти не відрізняються значно, то можна припустити, що дані відповідають вибраному теоретичному розподілу.

Критерій Колмогорова-Смірнова: Цей критерій використовується для перевірки відповідності емпіричної функції розподілу теоретичній функції розподілу. Він також потребує достатньо великого обсягу даних. Критерій Колмогорова-Смірнова порівнює накопичувальні частоти емпіричного розподілу з накопичувальними частотами теоретичного розподілу. Якщо різниця між ними не є значною, то можна припустити, що дані відповідають вибраному теоретичному розподілу.

Складовий критерій (наприклад, критерій Шапіро-Вілка): Цей критерій використовується для перевірки нормальності розподілу

даних. Він може бути застосований до помірного обсягу даних (зазвичай від 15 до 50 спостережень). Критерій Шапіро-Вілка оцінює відповідність емпіричної функції розподілу функції розподілу нормального закону. Якщо значення критерію не є значним, то можна припустити, що дані розподілені нормально.

Інші специфічні критерії: Для конкретних розподілів можуть існувати специфічні критерії, які оцінюють відповідність даних до цих розподілів. Наприклад, критерій Колмогорова для експоненційного розподілу, критерій Хі-квадрат для рівномірного розподілу та інші.

Враховуючи тип даних та їх обсяг, можна вибрати найбільш відповідний критерій та виконати аналіз, щоб оцінити, який закон розподілу найкраще пояснює дані результатів вимірювань.

4. Визначення довірчих меж випадкової похибки. Для цього потрібно спочатку ідентифікувати закон розподілу результатів вимірювань. Якщо цей закон розподілу вдалося встановити, то можна використовувати відповідний критерій для знаходження квантильного множника z_p при заданому значенні довірчої ймовірності P .

Якщо вдалося ідентифікувати закон розподілу результатів вимірювань, то з його використанням знаходять квантильний множник z_p при заданому значенні довірчої ймовірності P . В цьому випадку довірчі межі випадкової похибки $\Delta = \pm z_p \cdot S_x$. Тут S_x – представляє середньоквадратичне відхилення (СКВ) середнього арифметичного значення. Якщо кількість вимірювань менше 30, то часто використовується розподіл Стюдента [3,4], який можна знайти в таблицях для заданого рівня довіри (наведений в табл. 1.1.), а n відображає кількість вимірювань.

Отже, вибір між використанням розподілу з квантильним множником або розподілу Стюдента залежить від кількості вимірювань і наявності ідентифікованого закону розподілу результатів вимірювань.

Таблиця 2.1 – Величина t_p при різних рівнях значущості [3,4]

n	Рівень значущості							
	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001
2	3,08	6,31	12,71	31,82	63,66	127,32	318,30	636,61
3	1,84	2,92	4,30	6,96	9,99	14,09	22,33	31,60
4	1,64	2,35	3,18	4,54	5,84	7,45	10,21	12,92
5	1,53	2,13	2,78	3,75	4,60	5,60	7,17	8,61
6	1,48	2,02	2,57	3,36	4,03	4,77	5,89	6,87
7	1,44	1,94	2,45	3,14	3,71	4,32	5,21	5,96
8	1,41	1,89	2,36	3,00	3,50	4,03	4,74	5,41
9	1,40	1,80	2,31	2,90	3,36	3,83	4,50	5,04
10	1,38	1,83	2,26	2,82	3,25	3,64	4,30	4,78
11	1,37	1,81	2,23	2,76	3,17	3,50	4,14	4,59

5. Визначення меж невиключену систематичної похибки

результату вимірювання

Під цими межами розуміють знайдені нестатистичні методами межі інтервалу, всередині якого знаходиться невиключену систематична похибка.

Якщо випадкові складові систематичної похибки незначні, то межі невиключеної систематичної похибки приймаються рівними межах допустимих основних і додаткових похибок засобів вимірювань.

6. Визначення довірчих меж похибки результату вимірювання

Дана операція здійснюється шляхом підсумовування СКВ випадкової складової $S\bar{x}$ і меж невиключеної систематичної складової θ в залежності від співвідношення $\theta/S\bar{x}$.

7. Запис результату вимірювання

Результат вимірювання записується у вигляді $x = \bar{x} \pm \Delta_p$ при довірчій ймовірності P .

3. Приклад виконання індивідуального завдання

Провести обробку результатів вимірювань за даними з табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати вимірювань[3]

№ п/п	x_i	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	12,008	-0,001	0,000001
2	12,008	-0,001	0,000001
3	12,008	-0,001	0,000001
4	12,008	-0,001	0,000001
5	12,01	0,001	0,000001
6	12,009	0,000	0,000000
7	12,012	0,003	0,000008
8	12,009	0,000	0,000000
9	12,011	0,002	0,000003
10	12,009	0,000	0,000000
$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i =$	12,0092	$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 =$	0,000018

1. Визначення точкових оцінок закону розподілу результатів вимірювань

Визначаємо середнє арифметичне значення результатів вимірювань:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i =$$

$$(12.008+12.008+12.008+12.008+12.010+12.009+$$

$$+12.012+12.009+12.011+12.009)/10 = 12.0092.$$

Середнє квадратичне відхилення вимірів:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{0,000018}{9}} = 0.0014$$

Виконуємо перевірку на наявність грубих похибок в результатів вимірювання за критерієм Діксона. Складемо варіаційний зростаючий ряд з результатів вимірювань: 12,007; 12,008; 12,009; 12,010; 12,011; 12,012. Вибираємо найбільше значення в ряду: 12,012 потім знайдемо розрахункове значення критерію Діксона:

$$K = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1} = 0,2$$

Як впливає з табл. 1.3, за цим критерієм результат 12,012 не є промахом при всіх рівнях значущості. Так як Нульова гіпотеза про відсутність грубої похибки виконується, якщо виконується нерівність $K < K_{кр}$. Якщо $K > K_{кр}$, то результат визнається грубою похибкою і виключається з подальшої обробки.

Таблиця 2.3 – Значення критерію Діксона [4]

n	Рівень значущості			
	0,1	0,05	0,02	0,01
4	0,68	0,76	0,85	0,89
6	0,48	0,56	0,64	0,7
8	0,4	0,47	0,54	0,59
10	0,35	0,41	0,48	0,53
14	0,29	0,35	0,41	0,45
16	0,28	0,33	0,39	0,43
18	0,26	0,31	0,37	0,41
20	0,26	0,3	0,36	0,39
30	0,22	0,26	0,31	0,34

Вибір рівня значущості 0,05 є досить поширеним і прийнятим практикою в багатьох наукових дослідженнях. Рівень значущості 0,05 означає, що ймовірність помилки першого роду (відкинення правильної нульової гіпотези) становить 5%. Це означає, що якщо нульова гіпотеза є правильною (наприклад, випадкової розподілу немає), є лише 5% шансів, що результати дослідження покажуть значимі відмінності.

Рівень значущості 0,05 є стандартним значенням і часто

використовується в багатьох наукових дисциплінах. Він забезпечує баланс між ризиком прийняття помилкових висновків (типу I помилка) і збереження відкритості до виявлення статистично значимих результатів.

Втім, вибір рівня значущості залежить від конкретного контексту дослідження, його цілей і вимог. У деяких випадках можуть використовуватися і більш низькі рівні значущості, такі як 0,01, якщо потрібно більш висока достовірність результатів. Крім того, у деяких особливих випадках можуть застосовуватися і інші рівні значущості відповідно до вимог специфічної галузі дослідження.

4. Визначення довірчих меж випадкової похибки

При числі вимірювань $n = 10$ використовуємо розподіл Стюдента, при цьому довірчі межі випадкової похибки $\Delta p = \pm t_p \cdot S_{\bar{x}} \sqrt{n}$. Коефіцієнт Стюдента при довірчій ймовірності $P_d = 0,95$ і при $n = 10$ дорівнює 2,26.

Тоді довірчі межі випадкової похибки:

$$\Delta p = \pm t_p \cdot S_{\bar{x}} \sqrt{n} = \pm 2,26 \frac{0,0014}{\sqrt{10}} = \pm 0,0010.$$

5. Визначення межі невиключеної систематичної похибки результату вимірювання. Межа невиключеної систематичної похибки θ приймаються рівними межі допустимих основних і додаткових похибок засобу вимірювання.

Припустимо, у нас є прилад для вимірювання довжини предметів. Виробник зазначає, що основна похибка приладу становить $\pm 0,02$ мм, а додаткова похибка $\pm 0,01$ мм.

Якщо ми виконуємо вимірювання з використанням цього приладу і отримуємо показник 10,25 мм, то межі невиключеної систематичної похибки можна визначити наступним чином:

Межі невиключеної систематичної похибки = межі допустимих основних похибок + межі допустимих додаткових похибок:

$$= \pm 0,02 \text{ мм} + \pm 0,01 \text{ мм}$$

$$= \pm 0,03 \text{ мм}$$

Отже, в нашому прикладі межі невиключеної систематичної похибки становлять $\pm 0,03$ мм. Це означає, що систематична похибка вимірювання може бути в межах від -0,03 мм в меншу сторону до +0,03 мм в більшу сторону.

6. Визначення довірчих меж похибки результату вимірювання

Дана операція здійснюється шляхом підсумовування СКВ випадкової складової $S_{\bar{x}}$ і меж невиключеної систематичної складової θ

в залежності від співвідношення $\theta / S\bar{x}$. Згідно з нормативними документами похибка результату вимірювання визначається за наступним правилом. Якщо межі невиключеної систематичної похибки $\theta < 0,8 \cdot S\bar{x}$, то слід нехтувати систематичною складовою похибки і враховувати тільки випадкову похибку результату. У нашому випадку $\theta = 1,4$ мкм, а $S\bar{x} = 2$ мкм, тобто співвідношення виконується, тому систематичної похибкою нехтуємо

Припустимо, що ми проводимо серію вимірювань довжини дроту. Здійснюється 10 вимірювань, і отримані результати записані: 2.4, 2.3, 2.5, 2.4, 2.6, 2.4, 2.5, 2.3, 2.4, 2.5 (одиниці виміру не зазначені для спрощення).

Обчислення середнього арифметичного значення ($S\bar{x}$):

$$S\bar{x} = (2.4 + 2.3 + 2.5 + 2.4 + 2.6 + 2.4 + 2.5 + 2.3 + 2.4 + 2.5) / 10$$

$$S\bar{x} = 2.43$$

Обчислення середньоквадратичного відхилення (СКВ) (S):

$$\text{СКВ} = \sqrt{[(2.4 - 2.43)^2 + (2.3 - 2.43)^2 + (2.5 - 2.43)^2 + (2.4 - 2.43)^2 + (2.6 - 2.43)^2 + (2.4 - 2.43)^2 + (2.5 - 2.43)^2 + (2.3 - 2.43)^2 + (2.4 - 2.43)^2 + (2.5 - 2.43)^2] / 9}$$

$$\text{СКВ} \approx 0.09$$

Визначення меж невиключеної систематичної складової (θ):

Залежно від співвідношення $\theta / S\bar{x}$, встановлюються межі невиключеної систематичної складової.

Наприклад, якщо $\theta / S\bar{x} = 0.5$, то межі невиключеної систематичної складової будуть:

$$\theta = 0.5 \cdot S\bar{x}$$

$$\theta = 0.5 \cdot 2.43$$

$$\theta = 1.215$$

Таким чином, в нашому прикладі межі невиключеної систематичної складової становлять ± 1.215 .

7. Запис результату вимірювання

Результат вимірювання записується у вигляді $x = \bar{x} \pm \Delta_p$ р при довірчій ймовірності Р. Приклад, $36,009 \pm 0,001$ при довірчій ймовірності Р = 0,95.

4. Завдання

Завдання 1. Виконати обробку прямих багаторазових вимірювань, розрахувавши їх похибку за даними з табл. 4.1 та обчислити стандартні невизначеності типу А і В. Розрахувати сумарну стандартну невизначеність як корінь квадратний із суми квадратів невизначеностей типу А і В. Обчислити розширену невизначеність при довірчій ймовірності $p = 0,95$ і нормальному законі розподілу випадкової величини. Записати результат вимірювань.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані за варіантами

№ варіанту	Параметри									
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
1	86,05	86,13	86,16	86,24	86,33	86,34	86,36	86,44	86,48	86,50
2	81,04	81,08	81,17	81,18	81,22	81,27	81,29	81,33	81,41	81,50
3	40,04	40,08	40,15	40,17	40,19	40,28	40,33	40,37	40,37	40,38
4	50,03	50,08	50,08	50,08	50,17	50,23	50,28	50,32	50,38	50,41
5	26,03	26,10	26,15	26,16	26,22	26,28	26,31	26,36	26,40	26,41
6	14,01	14,09	14,11	14,11	14,18	14,23	14,23	14,26	14,33	14,35
7	37,01	37,04	37,10	37,17	37,19	37,23	37,24	37,25	37,25	37,30
8	57,05	57,11	57,12	57,16	57,18	57,22	57,31	57,40	57,42	57,42
9	31,04	31,06	31,14	31,19	31,24	31,31	31,38	31,40	31,47	31,48
10	10,08	10,16	10,21	10,26	10,27	10,35	10,41	10,44	10,49	10,54
11	10,07	10,14	10,16	10,22	10,28	10,34	10,43	10,44	10,53	10,54
12	72,02	72,08	72,15	72,19	72,27	72,33	72,33	72,33	72,38	72,39
13	71,05	71,11	71,18	71,23	71,30	71,33	71,35	71,38	71,47	71,56
14	60,05	60,09	60,11	60,14	60,14	60,21	60,27	60,29	60,30	60,34
15	84,07	84,10	84,19	84,22	84,24	84,32	84,34	84,35	84,39	84,45
16	44,05	44,07	44,09	44,17	44,21	44,26	44,33	44,38	44,45	44,47
17	57,03	57,05	57,10	57,17	57,21	57,26	57,28	57,28	57,36	57,37
18	47,04	47,05	47,12	47,19	47,23	47,28	47,30	47,38	47,46	47,50
19	65,09	65,10	65,15	65,22	65,31	65,37	65,39	65,45	65,53	65,55
20	49,08	49,10	49,11	49,20	49,28	49,34	49,41	49,44	49,44	49,47

5. Контрольні питання

1. Які необхідно визначити точкові оцінки закону розподілу результатів вимірювань?
2. За якої умови можна знехтувати систематичною складовою похибки?
3. За яким критерієм виконують перевірку на наявність грубих похибок в результатів вимірювання?
4. Які є типи невизначеності вимірювань?
5. Що таке розширена невизначеність?
6. Які методи можуть бути використані для обчислення стандартної невизначеності типу А?
7. Що означає довірна ймовірність в контексті розрахунку розширеної невизначеності?

8. Як можна врахувати невизначеності даних інших джерел, використовуваних у процесі вимірювання?
9. Які можуть бути наслідки ігнорування систематичної складової похибки вимірювань?
10. Чим відрізняються стандартна невизначеність та розширена невизначеність вимірювань?

6. Література

1. Букреєва О. С. Метрологія, стандартизація, сертифікація та акредитація : Методичні вказівки до лабораторних занять. Харків : Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т., 2019. 76 с. URL: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/2729/1/%d0%9c%d0%a3%20%d0%9c%d0%a1.pdf>
2. Букреєва О. С., Рибалко І. В. Основи стандартизації та оцінки відповідності : електрон. навч. посіб. у схемах і табл. Харків : Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т., 2019. 76 с. URL: https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/2532/3/Bykreva_Rybalko_osnovy_stand_2019.pdf
3. Янушкевич Д. А., Коваль О. А. Міжнародна та національна стандартизація : навч.-метод. посіб. Харків : ХНАДУ, 2010. 295 с.
4. Бичківський Р. В., Столярчук П. Г., Гамула П. Р. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація : підручник. 2-ге вид., випр. і доп. Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2004. 560 с.

Навчально-методичне видання

**Володченкова Наталія Валеріївна
Максимова Наталія Миколаївна
Чеберячко Юрій Іванович
Кружилко Олег Євгенович**

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ №2
з навчальної дисципліни

**«Стандартизація, метрологія та сертифікація
у сфері професійної діяльності»
“Теоретичні аспекти щодо обробки результатів
невизначеності вимірювань”**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції