

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища

О.О. Березняк, Т.Ф. Яковишина, О.О. Борисовська

**ПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**

**Методичні рекомендації до виконання практичної роботи**  
на тему «Обробка результатів прямих вимірювань»  
для здобувачів ступеня магістра освітньо-наукової програми вищої освіти  
«Ресурсозбереження в гірничо-металургійному комплексі»  
зі спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2024

**Провадження** наукової діяльності [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання практичної роботи на тему «Обробка результатів прямих вимірювань» для здобувачів ступеня магістра освітньо-наукової програми вищої освіти «Ресурсозбереження в гірничо-металургійному комплексі» зі спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища / уклад.: О.О. Березняк, Т.Ф. Яковишина, О.О. Борисовська ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2024. – 20 с.

Укладачі:

О.О. Березняк, канд. техн. наук, доц.

Т.Ф. Яковишина, д-р техн. наук, проф.

О.О. Борисовська, канд. техн. наук, доц.

Затверджено науково-методичною комісією зі спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища (протокол № 2 від 04.10.2024) за поданням кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища (протокол № 3 від 04.10.2024).

Орієнтовано на активізацію навчальної діяльності здобувачів ступеня магістра освітньо-наукової програми вищої освіти «Ресурсозбереження в гірничо-металургійному комплексі» зі спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища та закріплення практичних навичок у засвоєнні дисципліни «Провадження наукової діяльності».

Відповідальний за випуск завідувачка кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища О.О. Борисовська, канд. техн. наук, доц.

## ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ .....	4
Практична робота «Обробка результатів прямих вимірювань».....	5
КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ.....	17
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	18

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Дисципліна «Провадження наукової діяльності» – фахова освітня компонента спеціальності «Технології захисту навколишнього середовища» другого (магістерського) рівня вищої освіти.

*Мета дисципліни* полягає в наданні знань щодо закономірностей та методів науково-технічної творчості, формуванні у майбутніх фахівців (магістрів) загальних і фахових компетентностей із розв'язання реальних задач з постановки, організації, планування та виконання наукових досліджень, здійснення їх інформаційного, методичного, матеріального, фінансового та кадрового забезпечення, написання наукових робіт, а також керування науково-технічною роботою і колективною науковою творчістю.

*Об'єкт вивчення дисципліни* – планування і проведення наукових досліджень з проблем охорони навколишнього середовища.

*Предмет вивчення дисципліни* – обробка результатів прямих вимірювань, отриманих під час проведення наукових досліджень з проблем охорони навколишнього середовища.

Методичні рекомендації призначені для закріплення теоретичних знань, набутих здобувачами в лекційному курсі, а також формування навичок із застосування методів обробки результатів прямих вимірювань в процесі подальшої науково-дослідницької діяльності.

В методичних рекомендаціях представлено *практичну роботу*, текст якої викладено за типовою структурною схемою: тема, мета роботи, сформовані результати навчання, подання теоретичних положень за темою, завдання для самостійного виконання та питання для самоконтролю. Практична робота виконується здобувачами згідно з поставленими завданнями за допомогою наведених в роботі таблиць, схем, формул.

Результатом виконання практичної роботи є звіт, виконаний в письмовій формі в окремому зошиті або на аркушах формату А4, який підлягає захисту.

**Звіт з практичної роботи** може виконуватись в письмовому вигляді або в електронній формі та повинен включати:

- титульний аркуш,
- назву та мету роботи,
- завдання на практичну роботу,
- результати виконання завдань на практичну роботу,
- висновки.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ПРЯМИХ ВИМІРЮВАНЬ

**Мета роботи:** опанувати сучасні підходи до оцінки точності результатів вимірювань та методику математичної обробки результатів прямих вимірювань.

В результаті виконання даної практичної роботи будуть сформовані наступні **результати навчання**:

– володіти основними методами та принципами планування та організації наукових досліджень в сфері захисту навколишнього середовища;

– володіти принципами обробки експериментальних даних та підготовки наукових публікацій різного рівня, вміти їх оформлювати з дотриманням принципів академічної доброчесності.

### 1.1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

**Вимірювання** – відображення вимірюваних величин їхніми значеннями шляхом експерименту та обчислень за допомогою спеціальних технічних засобів.

Виміряти яку-небудь величину – це означає порівняти її з однорідною величиною, умовно прийнятою за одиницю. Однією з найважливіших характеристик вимірювань є точність. Методи вимірювань поділяються на *прямі* і *непрямі*.

**Пряме вимірювання** – вимірювання однієї величини, значення якої знаходять безпосередньо без перетворення її роду та використання відомих залежностей.

**Непряме вимірювання** – спосіб, при якому величина, що визначається, безпосередньо не вимірюється, а обчислюється на підставі вимірювання інших величин.

*Прямі методи*, у свою чергу, діляться на методи безпосередньої оцінки та методи порівняння.

При методі безпосередньої оцінки вимірювану величину визначають безпосередньо за показами вимірювального приладу, проградуйованого в значеннях вимірюваної величини (вольтах, амперах, ватах і т. п.).

При методі порівняння вимірювану величину визначають шляхом порівняння її з еталоном даної величини. До методів порівняння відносяться: 1) нульовий метод; 2) диференційний метод; 3) метод заміщення.

При нульовому методі дію вимірюваної величини урівноважують зустрічною дією відомої величини того ж роду. Прикладом може служити вимірювання електрорушійної сили шляхом компенсації її відомою напругою.

Диференціальний метод передбачає вимірювання різності між відомою і величинами, що визначаються.

Згідно з методом заміщення шукану величину знаходять шляхом заміщення її відомою величини такого значення, при якому це заміщення не викликає зміни показів вимірювальних приладів.

У виробничих умовах найбільшого поширення отримав метод безпосередньої оцінки, як найбільш простий і такий, що вимагає мінімального часу для вимірювань.

### *Похибки вимірювань*

**Істинне значення** – значення фізичної величини, яке ідеально відображало б певну властивість об'єкта.

Визначити істинне значення величини вимірюванням неможливо через обмежені можливості засобів вимірювань, недосконалість методів вимірювання, недосконалість органів почуттів і вплив випадкових факторів.

Для визначення похибки істинне значення фізичної величини замінюють дійсним  $x_d$ .

**Дійсне значення** – значення фізичної величини, знайдене експериментальним шляхом і настільки наближене до істинного значення, що його можна використати замість істинного для даної мети.

Дійсною **похибкою виміру** називається відхилення результату вимірювання фізичної величини від її дійсного значення. При проведенні вимірів, як правило, дійсне значення вимірюваної величини невідоме. Результатом вимірювання є **оцінка** істинного значення, яка найчастіше з цим значенням не збігається. Прийнято, незалежно від того, відоме чи невідоме дійсне значення, похибку характеризувати так званим **довірчим інтервалом**, у якому з певним ступенем вірогідності міститься дійсне значення. Середина цього інтервалу вважається оцінкою дійсного значення (рис. 1).

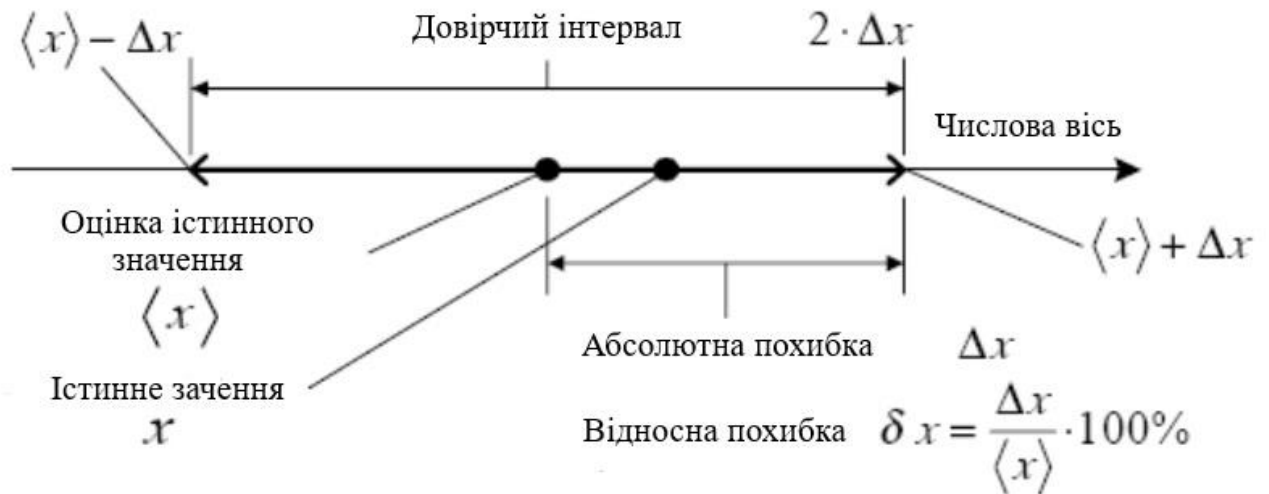


Рис. 1. Результат вимірювань

**Довірчим інтервалом** називається інтервал

$$[\langle x \rangle - \Delta, \langle x \rangle + \Delta], \quad (1)$$

який із заданим ступенем вірогідності містить у собі дійсне значення вимірюваної величини (рис. 1).

**Довірчою ймовірністю (надійністю)** результату серії спостережень називається ймовірність  $\alpha$ , з якою довірчий інтервал включає дійсне значення вимірюваної величини.

Випадкову складову похибки прийнято виражати як півширину довірчого інтервалу. Розмір довірчого інтервалу звичайно задають у вигляді кратного  $S \langle x \rangle$  значення.

**Коефіцієнт довіри** показує, у скільки разів потрібно збільшити середнє квадратичне відхилення середнього значення, щоб при заданому числі вимірів одержати задану надійність їх результату. Коефіцієнт довіри складним чином залежить від надійності й числа вимірів, і його значення визначають за статистичними таблицями (додаток 1).

Для розрахунку випадкової похибки задаються надійністю вимірів, яку (залежно від мети вимірів і вимог до них) приймають рівною 0,9; 0,95; 0,96; 0,98; 0,99; 0,997; 0,999.

**Абсолютна похибка вимірювання** – різниця між результатом вимірювання  $x$  (показами приладу) і дійсним значенням вимірюваної величини  $x_d$ :

$$\Delta x = x - x_d. \quad (2)$$

На практиці дійсне значення величини може бути знайдено або за допомогою багаторазових вимірювань із наступним усередненням результатів спостережень і представленням цього середнього в якості дійсного, або за допомогою зразкового засобу вимірювання.

**Поправка** – значення величини, що алгебрично додається до результату вимірювання з метою вилучення систематичної похибки.

У багатьох випадках числове значення абсолютної похибки не дає правильного уявлення про точність вимірювання, ступінь достовірності одержаного результату. Тому введено більш універсальну характеристику точності у вигляді відносної похибки.

**Відносна похибка вимірювання** – відношення абсолютної похибки вимірювання до дійсного значення величини, що вимірюється:

$$\delta = \frac{\Delta x}{x_d} = \frac{x - x_d}{x_d}. \quad (3)$$

**Точність вимірювання** - головна характеристика якості вимірювання, що відображає близькість результату вимірювання до істинного значення величини. Кількісно точність  $\theta$  вимірювання визначається як величина, обернена до відносної похибки:

$$\theta = \frac{1}{\delta} = \frac{x_d}{x - x_d}. \quad (4)$$

**Промах** – результат вимірювання, що суттєво перебільшує очікувану похибку у результаті впливу випадкового фактору: невірний запис результату виміру, що викликаний невірним відліком за шкалою; помилкою при обчисленні та інше. Вимірювання, які мають такі похибки, повинні відкидатися, як явно недостовірні.

### Класифікація похибок вимірювання

За способом вираження похибки поділяються на *абсолютні* й *відносні*; за характером зміни – на *систематичні* і *випадкові* (рис. 2).

**Систематична похибка** – складова похибки  $\Delta_a$ , що залишається сталою або прогнозовано змінюється у ряді вимірювань тієї ж величини.

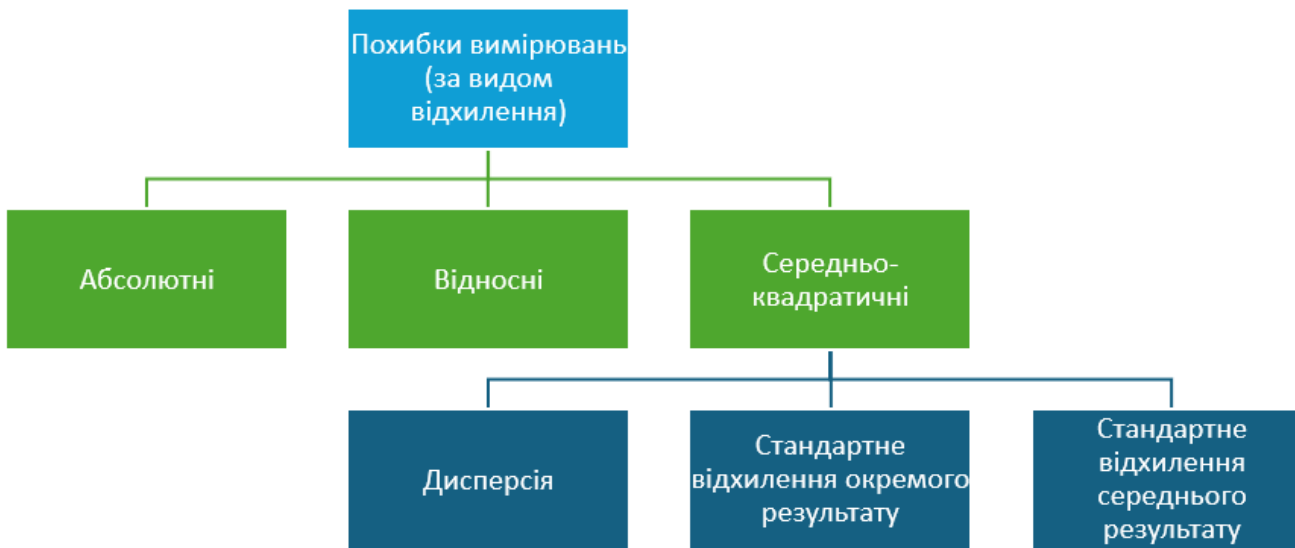
**Випадкова похибка** – складова похибки  $\Delta_x$ , що не прогнозовано змінюється у ряді вимірювань тієї ж величини.

У загальному випадку похибка результату вимірювання містить систематичну й випадкову складові, навіть якщо було введено поправки на систематичні похибки, викликані відомими факторами впливу.

Оскільки у похибку вимірювання входить випадкова складова, то її слід вважати величиною випадковою. Значення повної похибки вимірювання для будь-якого моменту часу визначається:

$$\Delta = \sqrt{\Delta_a^2 + \Delta_x^2}. \quad (5)$$





б)

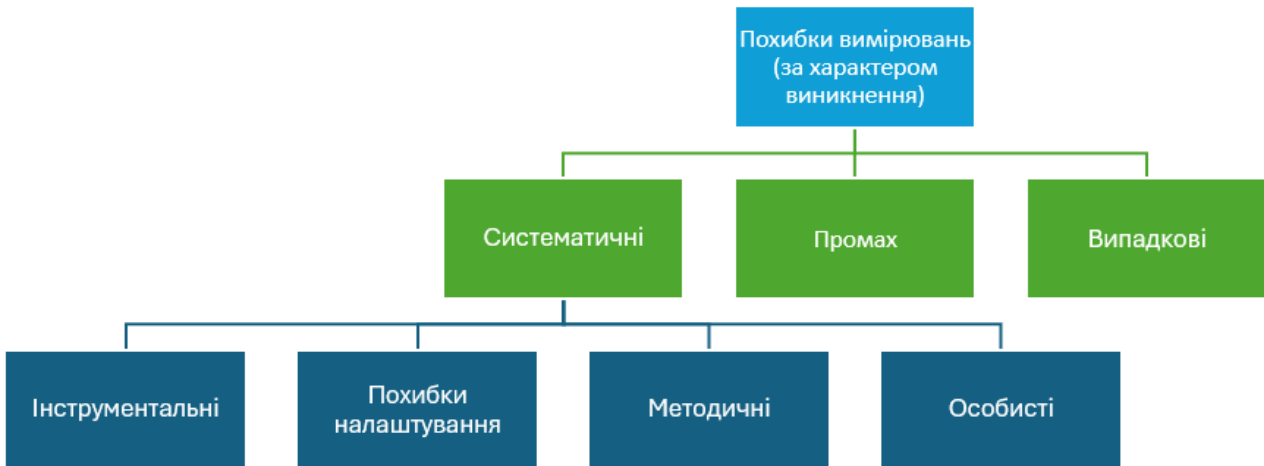


Рис. 2. Похибки вимірювань:

*а) за видом відхилення; б) за характером виникнення*

До **систематичних** відносяться такі похибки, які при повторних вимірах даної величини залишаються незмінними або змінюються за певним законом, тому вони можуть бути вивчені, враховані і їх вплив на результат вимірювання може бути зведений до мінімуму.

*До систематичних похибок відносяться:*

1) інструментальні (через недосконалість або несправності вимірювального приладу);

2) похибки налаштування (через неправильні налаштування вимірюваного приладу);

- 3) методичні (через недосконалість методів вимірювання);
- 4) особисті (зумовлені особистими якостями того, хто проводить вимірювання).

До **випадкових** відносяться похибки, викликані випадковими причинами, зміна яких не підпорядковується будь-якій відомій закономірності.

Кожна з розглянутих похибок може бути *основною* та *додатковою*. Під основною розуміють похибку, яку має прилад при нормальних умовах експлуатації (нормальне положення приладу, температура навколишнього повітря  $20 \pm 5^\circ$ , відсутність зовнішніх полів і т. п.).

*Додатковою* називають похибку, яка виникає внаслідок відхилення умов роботи приладу від нормальних.

Узагальненою характеристикою засобу вимірювальної техніки є **клас точності**, що визначається границями його допустимих основної та додаткових похибок, а також іншими характеристиками, що впливають на його точність, значення яких регламентується. Всі прилади безпосередньої оцінки за ступенем точності поділяються на 8 класів: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 5. Номер класу вказує на максимальну величину відносної приведенної похибки, яку може мати прилад, і який записаний на його шкалі.

Клас точності характеризує точність засобу вимірювань, але не є безпосередньою характеристикою точності вимірювання, виконаного за допомогою даного засобу вимірювань.

За класом точності приладу можна судити про точність вимірювання:

$$\Delta_a = \frac{K \cdot X_{max}}{100}, \quad (6)$$

де  $K$  – клас точності приладу,  $X_{max}$  – найбільше значення шкали приладу. Дійсне значення величини, що вимірюється, може відхилитися: від результату вимірювання в ту чи іншу сторону на  $\Delta_a$ .

## 1.2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

**Приклад 1.** При вимірі напруги вольтметром класу точності 0,5, розрахованим на напругу 300 В, він показав 200 В. Визначити, в яких межах знаходиться дійсне значення вимірюваної напруги.

*Рішення.* Абсолютна похибка, яку може дати прилад:

$$\Delta U = \frac{0,5 \cdot 300}{100} = 1,5 \text{ В.}$$

Дійсне значення вимірюваної напруги  $U_A = 200 \pm 1,5 \text{ В}$ , тобто дійсне значення напруги лежить в межах від 198,5 до 201,5 В.

Якщо така точність виявиться недостатньою, то для вимірювання слід використовувати прилад більш високого класу точності.

**Приклад 2.** При вимірі напруги цим же вольтметром він показав 20 В. Визначити межі дійсного значення напруги.

*Рішення.* Так як у цього приладу абсолютна похибка  $\Delta U = 1,5 \text{ В}$ , то  $U_{\text{д}} = 20 \pm 1,5 \text{ В}$ , тобто справжнє значення напруги знаходиться в межах від 18,5 до 21,5 В.

З цих прикладів видно, що прилади слід вибирати з такими межами, щоб при вимірюванні стрілка опинилася в другій половині шкали, якомога ближче до номінального значення приладу, так як похибка в 1,5 В по відношенню до 200 В становить 0,75%, а по відношенню до 20 В ці 1,5 В складають вже значно більшу величину 7,5%.

Якщо б у другому прикладі був використаний вольтметр на 30 В, то його абсолютна похибка становила б:

$$\Delta U = \frac{0,5 \cdot 30}{100} = 0,15 \text{ В}, \text{ а } U_{\text{д}} = 20 \pm 0,15 \text{ В},$$

тобто, величина вимірюваної напруги була б визначена в десять разів точніше.

## ОЦІНКА ВИПАДКОВИХ ПОХИБОК ПРЯМИХ ВИМІРЮВАНЬ

Випадкові похибки проявляються при багаторазових вимірюваннях однієї фізичної величини в однакових умовах одним оператором і за допомогою одного і того самого засобу вимірювання. Такі вимірювання прийнято називати рівноточними.

При статистичній обробці результатів багаторазових вимірювань необхідно виконати таку послідовність дій:

1. Провести багаторазові вимірювання і отримати масив  $x_1, x_2, \dots, x_n$  вимірювальної інформації.
2. Ввести поправку в результат вимірювань, вилучивши відомі систематичні похибки. Визначити інструментальну похибку:

$$\Delta_a = K \cdot A / 100, \quad (7)$$

де  $K$  – клас точності,  $A$  – найбільше значення шкали прибору.

3. Знайти математичне очікування поправлених результатів спостережень і прийняти його за дійсне значення.

Для нормального закону розподілу за оцінку математичного очікування ряду рівноточних спостережень приймають середнє арифметичне:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (8)$$

де  $x_i$  – результат вимірювання величини  $X$ ,  $n$  – число проведених вимірювань.

4. Визначити випадкове відхилення.

Різниця  $\vartheta_i = x_i - \bar{x}$  є випадковим відхиленням (випадковою абсолютною похибкою) при  $i$ -му спостереженні. Вона може бути позитивною і негативною.

Середнє арифметичне незалежно від закону розподілу має такі властивості:

$$\sum_{i=1}^n \vartheta_i \rightarrow 0 \text{ та } \sum_{i=1}^n \vartheta_i^2 \rightarrow \min,$$

які використовуються для перевірки правильності обчислення  $\bar{x}$ .

5. Обчислити експериментальне середнє квадратичне відхилення (СКВ) результатів вимірювання за формулою Бесселя:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (9)$$

де  $x_i$  – результат  $i$ -го вимірювання;  $\bar{x}$  – середнє арифметичне результатів вимірювань,  $n$  – кількість вимірювань.

Підкреслимо, що для серії  $n$  вимірювань однієї й тієї ж величини параметр  $S$  характеризує розсіювання результатів багаторазових  $n$  вимірювань однієї і тієї ж величини. Оскільки ми обчислюємо середнє арифметичне, необхідне для одержання оцінки  $\sigma$ , то природно взяти його за результат вимірювання. В даному випадку середнє арифметичне залежить від числа вимірювань і є випадковою величиною, яка має деякі дисперсії відносно істинного значення.

6. Перевірити результати вимірювань на наявність промаху наступним чином:

- відібрати аномальний результат;
- обчислити його відносне відхилення:

$$Z = \frac{|x_k - \bar{x}|}{S}, \quad (10)$$

$x_k$  – аномальний результат вимірювання.

• визначити очікуване число результатів вимірювання, серед яких може бути аномальний (Додаток 1);

• якщо це число більше числа вимірювань, то виключити аномальний результат вимірювання і перейти до кроку 3; якщо ні – перейти до кроку 6.

Якщо промах усунутий, то перейти до кроку 5; інакше – до кроку 4.

7. Визначити середнє квадратичне відхилення середнього арифметичного за формулою:

$$\bar{\sigma}[\bar{x}] = \frac{s}{\sqrt{n}}. \quad (11)$$

8. Визначити довірчі границі похибки вимірювання що являють собою верхню й нижню межі, які накривають із заданою ймовірністю похибку вимірювання.

Якщо число вимірювань  $n \leq 20 \dots 30$ , то довірчий інтервал випадкової похибки при заданих ймовірності  $P$  і середньому квадратичному відхиленні  $\sigma[x]$  визначається за формулою Стьюдента:

$$\Delta_x = \pm t_\alpha \bar{\sigma}[\bar{x}], \quad (12)$$

де  $t_\alpha$  – безрозмірний коефіцієнт розподілу (довіри) Стьюдента, який залежить від заданої ймовірності  $P$  і числа вимірювань  $n$  (Таблиця 3).

9. Обчислити повну похибку:

$$\Delta x = \sqrt{\Delta_a^2 + \Delta_x^2}, \quad (13)$$

де  $\Delta_a^2$  – інструментальна похибка,  $\Delta_x^2$  – випадкова похибка вимірювання.

10. Після виконання округлень (Таблиця 2) результат обробки вимірів записати у формі:

$$x = \tilde{x} \pm \Delta x; \delta = (\Delta x / \tilde{x}) \cdot 100\%; \alpha.$$

## КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Задані відліки значень вмісту пилу у повітрі  $C$  та швидкості вітру  $V$  (таблиця 1), зняті зі шкал приладів відомого класу точності. Провести обробку результатів прямих вимірів згідно з вищенаведеним алгоритмом. Забезпечити надійність результатів вимірів  $\alpha$ .

Таблиця 1

### Варіанти завдань до виконання самостійної роботи

Варіанти									
1		2		3		4		5	
$C$ , мг/м <sup>3</sup>	$V$ , м/с	$C$ , мг/м <sup>3</sup>	$V$ , м/с	$C$ , мг/м <sup>3</sup>	$V$ , м/с	$C$ , мг/м <sup>3</sup>	$V$ , м/с	$C$ , мг/м <sup>3</sup>	$V$ , м/с
145	21,5	14,1	1,55	14,5	2,05	150	20,0	315	21,5
140	21,5	14,4	1,65	14,2	4,00	150	22,5	305	20,0
145	21,5	15,7	2,05	14,8	1,90	155	19,5	310	18,5
105	21,0	14,7	1,90	16,2	2,50	155	17,0	201	18,5
130	18,5	15,1	1,80	15,2	1,95	155	17,5	273	18,5
150	20,0	16,5	2,55	15,6	1,80	140	18,0	274	20,5
150	19,0	14,2	2,1	15,9	2,10	130	19,0	290	19,5
155	21,0	15,0	2,05	15,0	1,95	165	20,0	268	22,0
175	19,5	16,3	2,00	15,3	1,80	105	19,0	232	18,0
160	19,0	16,1	1,9	15,2	1,85	135	19,5	331	20,5
Пило мір	Анемо метр	Пило мір	Анемо метр	Пило мір	Анемо метр	Пило мір	Анемо метр	Пило мір	Анемо метр
Клас точності									
2,5	1	0,5	1	0,5	1	2,5	1	0,5	1
Границя шкали									
200	100	20	5	20	5	200	100	400	50
Необхідна надійність результатів вимірювання $\alpha$ , %									
95		90		90		95		98	

Таблиця 2

Приклади виконання округлення результатів вимірювань

Запис до округлення	Запис після округлення
123357±678 А/м	123400±700 А/м
123357±678 В	123,4±0,7 кВ
237,46±0,13 мм	237,5±0,1 мм
0,00283±0,00034 кг	(2,8±0,3)·10 <sup>-3</sup> кг
1,045±0,000003 с	1,045000±0,000003 с
359623±307 с	359,6±0,3
0,000000047±0,0000000098 м	50±10 нм
67,89·10 <sup>-7</sup> ±49,3·10 <sup>-8</sup> А	6,8±0,5 мкА
589±0,69 Н	589,0±0,7 Н
589±0,078 Н	589,00±0,08 Н

Таблиця 3

Коефіцієнт довіри (Ст'юдента)

Число вимірювань N	Надійність					
	0,5	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999
2	1	6,3	12,7	31,8	63,7	636,6
3	0,82	2,9	4,3	7,0	9,9	31,6
4	0,77	2,4	3,2	4,5	5,8	12,9
5	0,74	2,1	2,8	3,7	4,6	8,6
6	0,73	2,0	2,6	3,4	4,0	6,9
7	0,72	1,9	2,4	3,1	3,7	6,0
8	0,71	1,9	2,4	3,0	3,5	5,4
9	0,71	1,9	2,3	2,9	3,4	5,0
10	0,70	1,8	2,3	2,8	3,2	4,8
20	0,69	1,7	2,1	2,5	2,8	3,8
>20	0,67	1,6	2,0	2,5	2,8	3,3

## Відбір промахів за критерієм Шовене

Z	M	Z	M	Z	M	Z	M	Z	M
1.00	2	1.40	3	1.80	7	2.20	18	2.60	54
1.02	2	1.42	3	1.82	7	2.22	19	2.62	57
1.04	2	1.44	3	1.84	8	2.24	20	2.64	60
1.06	2	1.46	3	1.86	8	2.26	21	2.66	64
1.08	2	1.48	4	1.88	8	2.28	22	2.68	68
1.10	2	1.50	4	1.90	9	2.30	23	2.70	72
1.12	2	1.52	4	1.92	9	2.32	25	2.72	77
1.14	2	1.54	4	1.94	10	2.34	26	2.74	81
1.16	2	1.56	4	1.96	10	2.36	27	2.76	87
1.18	2	1.58	4	1.98	10	2.38	29	2.78	92
1.20	2	1.60	5	2.00	11	2.40	30	2.80	98
1.22	2	1.62	5	2.02	12	2.42	32	2.82	104
1.24	2	1.64	5	2.04	12	2.44	34	2.84	111
1.26	2	1.66	5	2.06	13	2.46	36	2.86	118
1.28	2	1.68	5	2.08	13	2.48	38	2.88	126
1.30	3	1.70	6	2.10	14	2.50	40	2.90	134
1.32	3	1.72	6	2.12	15	2.52	43	2.92	143
1.34	3	1.74	6	2.14	16	2.54	45	2.94	152
1.36	3	1.76	6	2.16	16	2.56	48	2.96	163
1.38	3	1.78	7	2.18	17	2.58	51	2.98	173

де  $M$  – число очікуваних вимірів, починаючи з якого відхилення  $Z$  не може рахуватися промахом.

**Питання для самоконтролю**

1. Дайте поняття абсолютної похибки вимірювання.
2. Що собою представляє дійсне значення фізичної величини?
3. Як визначити промах?
4. Дайте поняття відносної похибки.
5. Дайте поняття точності вимірювань.
6. Як визначають абсолютну і відносну похибки моделі?



## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90–100	відмінно
74–89	добре
60–73	задовільно
0–59	незадовільно

Здобувачі вищої освіти можуть отримати **підсумкову оцінку** з навчальної дисципліни на підставі поточного оцінювання знань за умови, якщо набрана кількість балів складатиме не менше як 60 балів.

Максимальне оцінювання:

Теоретична частина	Практична частина		Разом
	При своєчасному складанні	При несвоєчасному складанні	
60	40	30	<b>100</b>

Практичні роботи приймаються за контрольними запитаннями до кожної з роботи. Оцінювання практичних робіт здійснюється шляхом розрахунку середнього арифметичного балу за складеними практичними роботами.

### Критерії оцінювання практичної роботи

За кожну практичну роботу здобувач вищої освіти може отримати наступну кількість балів:

**40 балів:** виявлено підвищений рівень засвоєння обсягу знань і набуття вмінь; якісно, ретельно, самостійно та в повному обсязі виконано завдання. Матеріал викладено в логічній послідовності, без мовних помилок, а власні висновки студента відповідають темі практичного завдання.

**30 балів:** показано оволодіння достатнім обсягом знань і вмінь під час виконання завдання; продемонстровано самостійність в отриманні розрахунково-аналітичних даних, але з незначними неточностями; точність і чіткість мови, а власні висновки студента відповідають темі практичного завдання.

**20 балів:** недостатньо показано оволодіння обсягом знань і вмінь під час виконання завдання; продемонстровано не самостійність в отриманні розрахунково-аналітичних даних, зміст роботи викладений не завжди у логічній послідовності, в роботі зафіксовані не значні помилки, а власні висновки студента не завжди відповідають темі практичного завдання.

**10 балів:** виявлено змістові й лексичні помилки, зміст роботи викладено не чітко й нелогічно, але продемонстровані знання й уміння в межах навчальної програми.

**0 балів:** наведено неправильну відповідь, до якої не надано жодних пояснень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### Базові

1. Важинський С.Е., Щербак Т.І. Методика та організація наукових досліджень : Навч. посіб. / С. Е. Важинський, Т І. Щербак. – Суми: СумДПУ імені А.С.Макаренка, 2016. – 260 с. ISBN 978-966-698-223-3
2. Войтків П. Збалансоване природокористування : навчально-методичний посібник / Петро Войтків, Євген Іванов. – Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2021. – 182 с.
3. Сардак С. Е. Основи наукових досліджень : навч. посібник / С. Е. Сардак. – Д. : ДГУ, 2018. – 103 с.
4. Методологія наукових досліджень : підручник / О.М. Г. Данильян, О.П. Дзьобань. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – Харків : Право, 2023. – 488 с. та/або Рекультивация і охорона земель. Практикум : навч. посіб. / Н. В. Ворошилова, Л. В. Доценко, В. В. Кацевич. – Херсон : Олді+, 2022. – 164 с.
5. Войтків П. Збалансоване природокористування : навчально-методичний посібник / П. Войтків, Є. Іванов. – Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2021. – 182 с.
6. Екологічні основи збалансованого природокористування в агросфері : навч. посібн. / за ред. проф. С. П. Сонька, Н. В. Максименко. Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2015 . 572 с.
7. Кирильчук А., Наконечний Ю. Методологія та організація досліджень в науках про Землю: Навчальний посібник / Кирильчук А., Наконечний Ю. – Львів: ЛНУ Імені Івана Франка, 2021. – 496 с.
8. Екологія та раціональне природокористування: освіта, наука і практика [Електронний ресурс]: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, Ломжа-Житомир, 15.11.2023 / За наук. ред.: Зоя Шарлович, Януш Лісовскі, Руслана Романюк. Частина 2. Видавець: MANS w Łomży, 2023. – 286 с.
9. Стратегічна екологічна оцінка (СЕО): навчальний посібник для студентів ВНЗ / Павличенко А.В., Палехова Л.Л., Матухно О.В., Макуха М.Ю. – Дніпро: НТУ «Дніпровська Політехніка», 2024. – 254 с.
10. Боголюбов В.М. Стратегія сталого розвитку: Підручник / [В.М.Боголюбов, М.О. Клименко, Мельник Л.Г., О.О. Ракоїд]. За редакцією професора В.М.Боголюбова і. – К.: ВЦ НУБІПУ, 2018. – 446 с.

### Допоміжні

1. Dreshpak O., Berezniak O., Berezniak O., Chechel P. (2023) The latest technologies for reuse of sludge of metallurgical enterprises in Ukraine. *International scientific-technical conference MININGMETALTECH 2023 - The mining and metal*

sector: integration of business, technology and education. Vol. 2. - pp. 185- 188. – <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-140>

2. Dreshpak O., Berezniak O., Berezniak O. (2023) Wet high gradient magnetic separation of kaolin clay. *6<sup>th</sup> International Scientific and Technical Internet Conference "Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources"*. Book of Abstracts. - Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing. - pp. 157-159

3. Hlukhoveria M., Mladetskyi I., Levchenko K. & Borysovska O. (2023) Improving the technology of extracting coal concentrate from fly ash from thermal power plants. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4, 33–39. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-4/033>

4. Berezniak, O. & Berezniak, O. (2022). Classification of demagnetized magnetite in an upward laminar flow. *Scientific Collection «InterConf+»*, 25(125), 168-176. - <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.09.2022.016>

5. Харитонов М.М., Рула І.В., Мартинова Н.В., Золотовська О.В., Березняк О.О. (2024) Особливості процесів термолізу вугільної золи виносу та осаду стічних вод окремо та в суміші з біомасою енергокультур. *Екологічні науки*, №3(54). – С.113-120. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.3-54.17>

6. Інші джерела Internet

Начальне видання

**БЕРЕЗНЯК** Олександр Олександрович  
**ЯКОВИШИНА** Тетяна Федорівна  
**БОРИСОВСЬКА** Олена Олександрівна

## **ПРОВАДЖЕННЯ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**

**Методичні рекомендації до виконання практичної роботи**  
на тему «Обробка результатів прямих вимірювань»  
для здобувачів ступеня магістр освітньо-наукової програми вищої освіти  
«Ресурсозбереження в гірничо-металургійному комплексі»  
зі спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища

Видано в авторській редакції

Електронний ресурс  
Підписано до видання 12.11.2024. Авт. арк. 1,5.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».  
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19