

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до проведення лабораторних занять та організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«МЕТРОЛОГІЧНЕ ТА НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ОХОРОНИ ПРАЦІ »

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми
навчання зі спеціальності J4 – Охорона праці)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2026

Методичні рекомендації до проведення лабораторних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Метрологічне та нормативне забезпечення охорони праці» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності J4 – Охорона праці) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад.: Ю. С. Левашова, Н. О. Косенко, О. Ю. Нікітченко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2026. – 49 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. Ю. С. Левашова,
канд. техн. наук, доц. Н. О. Косенко,
канд. техн. наук, доц. О. Ю. Нікітченко

Рецензент

Я. О. Сєріков, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою охорони праці та безпеки життєдіяльності,
протокол 16 від 18.12.2025*

ЗМІСТ

Вступ.....	4
ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ ДО ПЕРШОГО ЗМІСТОВОГО МОДУЛЯ.....	5
Лабораторна робота № 1 Вимірювання фізичних величин.....	5
Лабораторна робота № 2 Подання результатів експерименту.....	11
Лабораторна робота № 3 Дослідження похибки вимірювання.....	17
ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ ДО ДРУГОГО ЗМІСТОВОГО МОДУЛЯ.....	23
Лабораторна робота № 4 Прямі та непрямі вимірювання на прикладі визначення параметрів мікроклімату.....	23
Лабораторна робота № 5 Гравіметричний, фотометричний та мікроскопічний (лічильний) методи вимірювання запиленості повітря....	30
Лабораторна робота № 6 Оцінювання рівнів шуму на робочих місцях....	36
ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ ДО ТРЕТЬОГО ЗМІСТОВОГО МОДУЛЯ.....	39
Лабораторна робота № 7 Методика проведення моніторингу вимірювання загазованості повітря.....	39
Лабораторна робота № 8 Використання сучасних інформаційно-аналітичних інструментів для аналізу параметрів навколишнього середовища.....	43
Список рекомендованих джерел.....	47

ВСТУП

Сучасні виклики у сфері охорони праці потребують чіткого дотримання вимог метрологічного та нормативного забезпечення. Це забезпечує високу точність вимірювань, відповідність стандартам і нормативним документам, а також ефективність заходів, спрямованих на зменшення ризиків.

Методичні рекомендації розроблено для сприяння ефективному засвоєнню навчального матеріалу з дисципліни «Метрологічне та нормативне забезпечення охорони праці».

Мета цих методичних рекомендацій – допомогти здобувачам опанувати основи метрологічного забезпечення, зрозуміти ключові нормативні документи у сфері охорони праці та цивільної безпеки, розвинути практичні навички застосування вимірювальних методів та аналізу навколишнього середовища.

Запропоновані лабораторні роботи охоплюють основні аспекти метрології, стандартизації та сертифікації, які є необхідними для професійної діяльності. Виконання завдань сприяє формуванню у здобувачів критичного мислення, аналітичних навичок та здатності ухвалювати обґрунтовані рішення відповідно до чинних нормативів.

Методичні рекомендації призначені для студентів, які навчаються за спеціальностями, пов'язаними з охороною праці та цивільною безпекою, а також можуть бути корисними для викладачів та практикуючих фахівців у цій галузі.

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ ДО ПЕРШОГО ЗМІСТОВОГО МОДУЛЯ

Лабораторна робота № 1

Вимірювання фізичних величин

Мета: сформувати вміння проводити вимірювання фізичних величин і виконувати перетворення одиниць за допомогою інтерактивної симуляції PhET, забезпечуючи точність отриманих даних для подальших наукових розрахунків.

Обладнання: інтерактивна симуляція PhET.

Вимірювання фізичних величин є фундаментальною складовою будь-якого наукового дослідження, оскільки саме вони забезпечують об'єктивність, точність і відтворюваність результатів. Кількісні показники дозволяють не лише описати властивості об'єктів і явищ, а й порівнювати їх між собою, виявляти закономірності, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки та розробляти науково обґрунтовані моделі. Без коректних вимірювань неможливо перевірити гіпотези, оцінити ефективність технологічних рішень чи забезпечити надійність інженерних систем, тому процес вимірювання є ключовою умовою достовірності та наукової цінності будь-якого дослідження.

Перетворення одиниць вимірювання є фундаментальною навичкою для здобувачів освіти та науковців у різних галузях знань. У сучасному світі, де наукові дослідження та інженерні розрахунки базуються на точних вимірюваннях, вміння коректно конвертувати величини є важливим та необхідним. Використання правильних одиниць вимірювання забезпечує точність розрахунків, порівняння даних та коректну інтерпретацію результатів.

Для здобувачів освіти, які захоплюються науковими дослідженнями, вміння швидко та безпомилково перетворювати одиниці вимірювань дозволяє досягти успішного ефективного аналізу інформації, зниження ймовірності

помилки і підвищення достовірності висновків. Крім того, у міжнародній науковій спільноті використовуються різні системи вимірювань, розуміння принципів їхнього перетворення є необхідним для коректного сприйняття й обміну науковими даними.

Оволодіння методами перетворення одиниці вимірювання не тільки спрощує навчальний процес, а й відкриває можливості для глибших досліджень та міжнародної наукової співпраці.

У цій лабораторній роботі пропонується оволодіти двома навичками вимірювання концентрації різних речовин у розчинах та перетворення одиниць вимірювання на прикладі густини.

Хід роботи

1. Перейти за QR-кодом до інтерактивної симуляції PhET (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – QR-код для переходу до віртуальної лабораторії

2. Проведемо вимірювання концентрації речовин.
3. Визначаємо ціну поділки посудини (рис. 1.2), в яку будемо додавати речовини. Ціна поділки шкали (C) визначається як різниця R між верхньою (ВМ) і нижньою (НМ) межами, або між більшим і меншим значенням найближчих позначок шкали, позначених цифрами, поділених на кількість проміжків (інтервалів) (N) між ними.

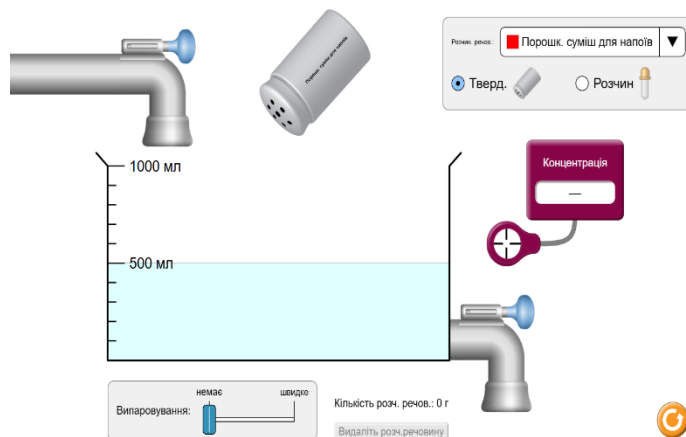


Рисунок 1.2 – Визначення ціни поділки у посудині

$$C = \frac{BM - NM}{N} = \frac{R}{N}. \quad (1.1)$$

4. Додайте в посудину таку кількість води, щоб в ній стало 700 мл (рис. 1.3).

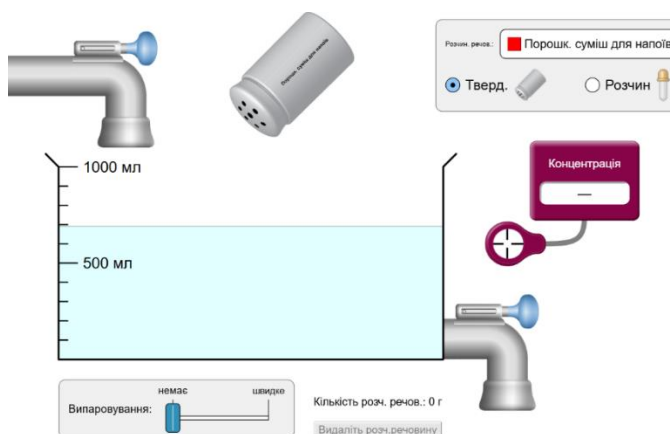


Рисунок 1.3 – Додавання води до 700 мл

5. По черзі додаємо певну кількість речовин у твердому вигляді (рис. 1.4).

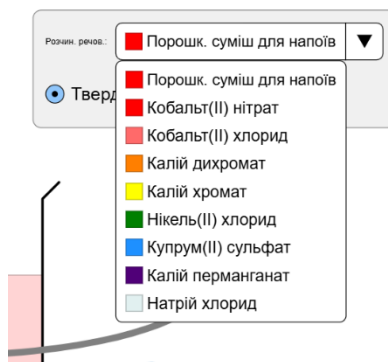


Рисунок 1.4 – Перелік речовин, які по черзі необхідно додати у розчин

6. За кожною речовиною (порошкова суміш для напоїв, кобальт (II) нітрат, кобальт (II) хлорид, калій дихромат, калій хромат, нікель (II) хлорид, купрум (II) сульфат, калій перманганат, натрій хлорид) вимірюємо (рис. 1.5) концентрацію.

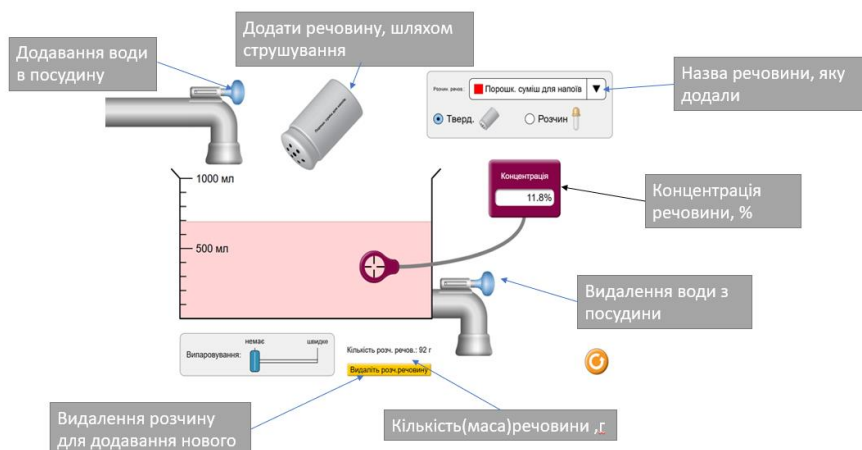


Рисунок 1.5 – Вимірювання концентрації різних речовин

7. Результати вимірювань заносимо до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1– Результати вимірювань

Речовина	Кількість доданої речовини	Концентрація речовини
Порошкова суміш для напоїв		
Кобальт (II) нітрат		
Кобальт (II) хлорид		
Калій дихромат		
Калій хромат		
Нікель (II) хлорид		
Купрум (II) сульфат		
Калій перманганат		
Натрій хлорид		

8. Перейти за посиланням до іншої інтерактивної симуляції PhET (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – QR-код для переходу до віртуальної лабораторії

9. Густина – фізична величина, яка дорівнює відношенню маси речовини до її об'єму. Вона є фізичною характеристикою будь-якої речовини, з якої складається тіло. Для випадку однорідних тіл, густина визначається як відношення маси тіла до об'єму, який воно займає. Знайдемо густину та проведемо перетворення одиниць вимірювання.

10. Додаємо (занурюємо) по черзі речовини (А, В, С, D) однакової маси, записуємо об'єм кожної речовини (в літрах) у таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Перетворення одиниць вимірювання густини у кг/м^3

Речовина	Маса речовини, кг	Об'єм речовини, л	Густина речовини, кг/л	Перетворення одиниці вимірювання густини у кг/м^3
1	2	3	4	5
А	5			
В	5			
С	5			
D	5			

11. Розраховуємо густину кожної речовини за формулою 1.2 та проводимо перетворення одиниць вимірювання густини у кг/м^3 .

$$\rho = \frac{m}{V}; \quad (1.2)$$

$$\rho_A = \frac{m}{V} = \dots; \quad \rho_B = \frac{m}{V} = \dots; \quad \rho_C = \frac{m}{V} = \dots; \quad \rho_D = \frac{m}{V} = \dots$$

12. Змінюємо умови, додаємо (занурюємо) по черзі речовини (А, В, С, D) різної маси.

14. Результати вимірювання запишіть до таблиці 1.3, виконуючи такі перетворення одиниць вимірювання:

- масу речовини перевести у грами;
- об'єм речовини перевести у см³.

Таблиця 1.3 – Результати вимірювання

Речовина	Маса речовини, кг	Перетворення одиниць вимірювання маси речовини, г	Об'єм речовини, л	Перетворення одиниць вимірювання об'єму речовини, см ³
1	2	3	4	5
А				
В				
С				
Д				

15. Зробити висновок.

Запитання для самостійної роботи

1. Що таке фізична величина, і які її основні характеристики?
2. Які основні та похідні фізичні величини?
3. Що беруть за одиниці вимірювання фізичних величин і чому вони стандартизовані?
4. Яка роль Міжнародної системи одиниць (SI) у вимірюванні фізичних величин?
5. Які прилади використовують для вимірювання основних фізичних величин (довжини, маси, часу, температури тощо)?

6. Що таке одиниці вимірювання і чому вміння їх перетворювати є важливим у наукових дослідженнях?

7. Які основні системи одиниць вимірювання ви знаєте і де вони застосовуються?

8. Які методи використовують для перетворення одиниць вимірювання?

9. Як правильно перетворювати одиниці довжини, маси, температури ?

10. Які помилки можуть виникати під час перетворення одиниць і як їх уникнути?

11. Чому важливо використовувати Міжнародну систему одиниць (SI) у наукових розрахунках та експериментах?

12. Як змінюється точність вимірювань під час перетворення?

13. Яка роль перетворень одиниць вимірювання в міжнародному науковому співробітництві?

14. Як використати коефіцієнти перерахунку під час конвертації одиниці вимірювання?

15. Які практичні застосування перетворення одиниць вимірювання у повсякденному житті та професійній діяльності?

Лабораторна робота № 2

Подання результатів експерименту

Мета: ознайомитися з основними способами подання результатів експерименту у вигляді таблиць, графіків, діаграм та математичних моделей. Навчитися візуалізувати дані, будувати гістограми, діаграми, а також виконувати побудову графіків квадратичних рівнянь.

Обладнання: інтерактивна симуляція PhET.

Хід роботи

1. Табличне подання даних:

– створення таблиці з експериментальними результатами (наприклад, залежність температури від часу, швидкості від навантаження тощо);

– оформлення таблиці з підписами одиниць вимірювання та назвами параметрів.

2. Діаграми і гістограми. Діаграма – це графічне зображення, яке використовується для наочного подання числових даних, співвідношень або процесів, що полегшує їх аналіз, порівняння та розуміння. Вона дозволяє швидко виявити тенденції, структуру та залежності між показниками.

Завдання: побудувати діаграму за наступними даними (табл. 2.1–2.10). Кожен варіант – це умовний набір даних, який ілюструє певну тематику: нещасні випадки, фактори ризику, види інструктажів тощо.

Таблиця 2.1 – Причини нещасних випадків на виробництві (варіант 1)

Причина	Кількість випадків
Порушення інструкцій	35
Несправне обладнання	25
Недостатній інструктаж	15
Погане освітлення	10
Особиста необережність	15

Таблиця 2.2 – Кількість інструктажів з охорони праці протягом року (варіант 2)

Місяць	Кількість інструктажів
Січень	12
Лютий	9
Березень	15
Квітень	10
Травень	8
Червень	14

Таблиця 2.3 – Типи шкідливих факторів на робочих місцях (варіант 3)

Фактор	Частка (%)
Хімічні	30
Фізичні	25
Біологічні	10
Психофізіологічні	20
Ергономічні	15

Таблиця 2.4 – Витрати на охорону праці по підрозділах (варіант 4)

Підрозділ	Витрати (тис. грн)
Адміністрація	10
Виробництво	40
Склад	25
Лабораторія	15
Охорона	20

Таблиця 2.5 – Поширеність засобів індивідуального захисту (варіант 5)

Засіб захисту	Частка використання (%)
Захисні окуляри	20
Каски	30
Респіратори	15
Спецодяг	25
Рукавички	10

Таблиця 2.6 – Рівень шуму в різних зонах цеху (варіант 6)

Зона цеху	Рівень шуму (дБ)
Лінія зборки	85
Компресорна	95
Склад готової	70
Офісна зона	60
Зона зварювання	100

Таблиця 2.7 – Частота нещасних випадків за віковими групами (варіант 7)

Вікова група	Частка (%)
До 25 років	25
26–35 років	30
36–45 років	20
46–55 років	15
56 і більше років	10

Таблиця 2.8 – Результати атестації робочих місць (варіант 8)

Категорія умов праці	Кількість робочих місць
Оптимальні	20
Допустимі	40
Шкідливі I ст.	25
Шкідливі II ст.	10
Небезпечні	5

Таблиця 2.9 – Частота виробничого травматизму за днями тижня (варіант 9)

День тижня	Кількість випадків
Понеділок	8
Вівторок	6
Середа	5
Четвер	4
П'ятниця	7

Таблиця 2.10 – Причини незадовільних умов праці (кругова діаграма) (варіант 10)

Причина	Частка (%)
Погана вентиляція	25
Недостатнє освітлення	20
Високий рівень шуму	30
Брак СИЗ	15
Перевищення пилу	10

3. Побудова графіків квадратичних рівнянь. Перейти за посиланням до інтерактивної симуляції PhET (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – QR-код для переходу до віртуальної лабораторії

На вкладці «Досліди» треба використовувати повзунки для вивчення впливу кожного члена квадратичної функції на графіку параболи (рис. 2.2).

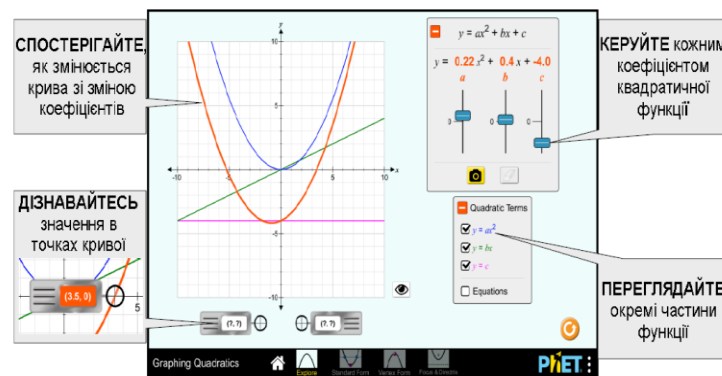


Рисунок 2.2 – Симуляція

На вкладці «Стандартна форма» (рис. 2.3) акцент робиться на вершину, вісь симетрії та корені. На цій вкладці можна регулювати функцію, але значення обмежуються цілими числами.

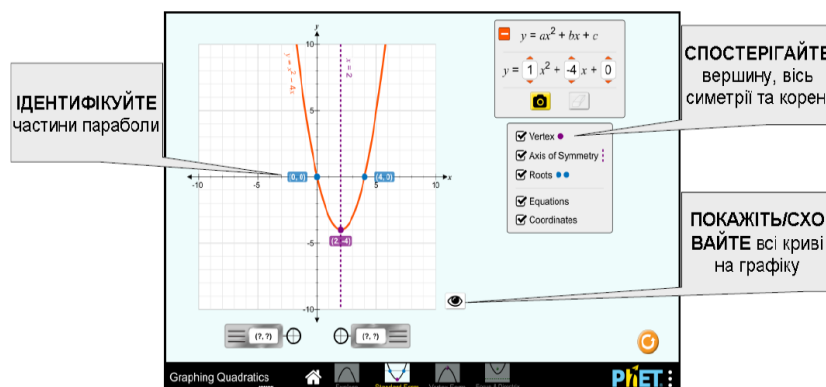


Рисунок 2.3 – Вкладка «Стандартна форма»

На вкладці «Вершина» (рис 2.4) досліджуємо перетворення параболі та визначаємо взаємозв'язок між графіком параболі та квадратичною функцією.

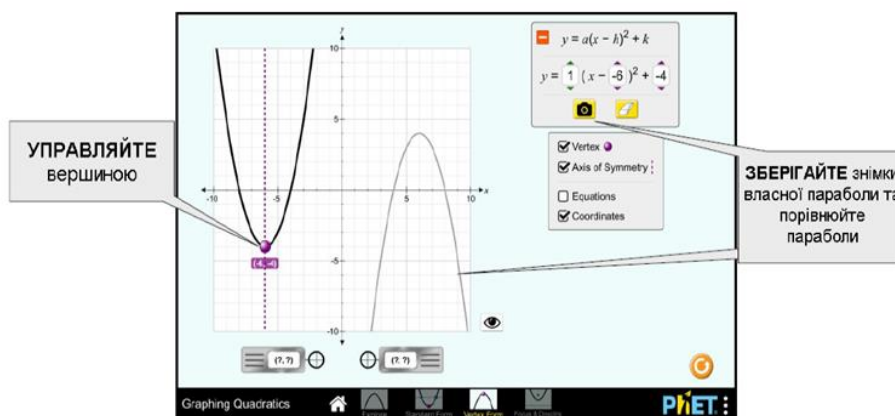


Рисунок 2.4 – Вкладка «Вершина»

На вкладці «Фокус і директриса» (рис. 2.5) генеруємо параболу на основі вершини та фокуса.

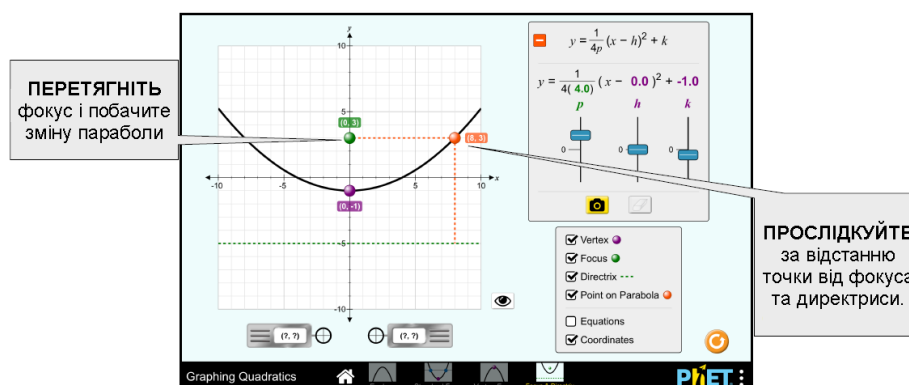


Рисунок 2.5 – Вкладка «Фокус і директриса»

4. Виконайте завдання:

- опишіть, як зміна коефіцієнтів квадратичної функції змінює графік функції;
- спрогнозуйте, як зміниться графік параболы, якщо змінити коефіцієнти або константу;
- визначте вершину, вісь симетрії, корені та директрису для графіка квадратного рівняння;
- використовуйте вкладку «Вершина квадратичної функції», щоб описати графік функції;
- охарактеризуйте залежність між фокусом і директрисою та отриманою параболою;
- спрогнозуйте графік параболы, заданий фокусом і директрисою.

5. Сформулюйте висновки.

Запитання для самостійної роботи

1. Яке призначення подання результатів експерименту у вигляді таблиць і які вимоги висуваються до їх оформлення з точки зору метрології?
2. У чому полягають переваги графічного подання експериментальних даних порівняно з текстовим описом результатів?
3. Які види графіків найчастіше застосовуються для аналізу результатів вимірювань в охороні праці та в яких випадках їх доцільно використовувати?

4. Що таке гістограма, яку інформацію вона дозволяє отримати та як її застосовують для оцінювання розподілу результатів вимірювань?
5. У чому полягає суть номограм і для яких практичних розрахунків у сфері охорони праці вони можуть використовуватися?
6. Які основні правила побудови графіків квадратичних рівнянь та як з їхньою допомогою аналізувати експериментальні залежності?
7. Яке значення має масштаб осей координат під час побудови графіків і як неправильний вибір масштабу може вплинути на інтерпретацію результатів експерименту?
8. Як математичні моделі використовуються для опису результатів експериментальних досліджень і яке їхнє значення для прогнозування небезпечних виробничих факторів?
9. Які похибки можуть виникати під час візуалізації експериментальних даних та якими методами їх можна мінімізувати?
10. Яким чином результати експерименту, подані у вигляді графіків і діаграм, можуть бути використані для ухвалення рішень у системі управління охороною праці?

Лабораторна робота № 3

Дослідження похибки вимірювання

Мета: визначити електрорушійну силу (ЕРС) і внутрішній опір джерела струму на основі результатів вимірювань сили струму в колі та напруги на зовнішній ділянці кола; провести обробку результатів вимірювань та їхніх похибок як випадкових величин на основі положень теорії ймовірності.

Обладнання: інтерактивна симуляція PhET (джерело струму; резистор (виконує роль реостата); амперметр; вольтметр; ключ; з'єднувальні дроти).

Похибка вимірювання – це відхилення отриманого результату від істинного значення фізичної величини (рис. 3.1). Вона поширюється через

різні фактори, зокрема недосконалість вимірювальних приладів, умови проведення експерименту та людський фактор. Похибка може бути спричинена систематичними чинниками, які повторюються під час кожного вимірювання, або випадковими, що змінилися непередбачуваним номером. У деяких випадках також враховують грубі похибки, які є наслідком значних помилок під час вимірювання чи запису результатів. Врахування похибок необхідно для забезпечення точності та достовірності вимірювань, жоден прилад чи метод не може гарантувати абсолютно точний результат. Похибки впливають на інтерпретацію отриманих даних, тому їхнє ігнорування може призвести до неправильних висновків у наукових дослідженнях, інженерних розрахунках або технічних процесах.

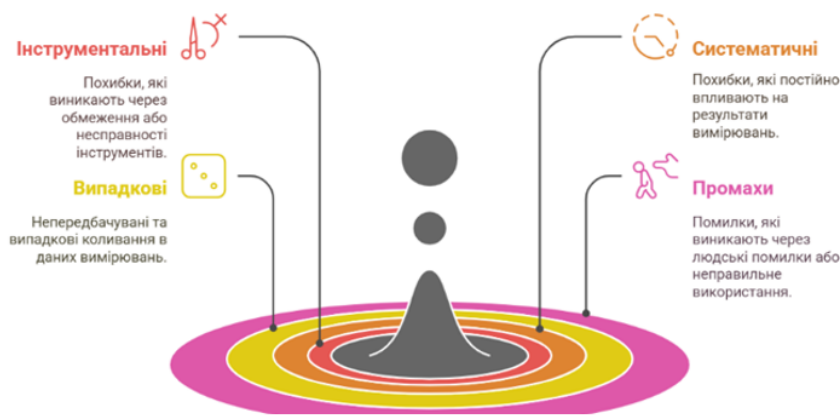


Рисунок 3.1 – Типи похибок вимірювань

Аналіз похибок допоможе оцінити рівень надійності вимірювань, використати джерела можливого відхилення та розробити методи їх мінімізації. Це особливо важливо в точних науках, де навіть незначні похибки можуть мати серйозні наслідки.

Хід роботи

1. Перейти за QR-кодом до інтерактивної симуляції PhET (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – QR-код для переходу до віртуальної лабораторії

2. Налаштуйте параметри, як показано на рисунку 3.3.

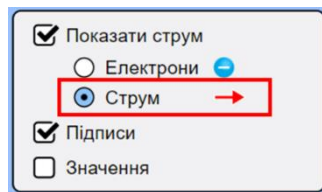


Рисунок 3.3 – Налаштування параметрів

3. За допомогою повзунка встановіть довільний опір джерела струму (опір батарейки) (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Налаштування опору джерела

4. Скласти електричне коло (рис. 3.5), з'єднавши між собою такі елементи кола: джерело струму, дріт (всі елементи з'єднуємо дротом), амперметр, резистор (резистор у колі відіграє роль реостата), ключ, вольтметр.



Рисунок 3.5 – Електричне коло

5. Установіть повзунок реостата в таке положення, щоб опір реостата був максимальним – 120 Ом. Для цього в електричному колі натисніть на резистор і змініть налаштування за допомогою умовного повзунка, що з'явився знизу.

6. Виміряйте напругу на клеммах джерела струму у випадку, коли ключ розімкнено (отримане значення відповідатиме ЕРС джерела струму – $\mathcal{E}_{\text{вим}}$).

7. Замкніть ключ і виміряйте силу струму I в колі та напругу U на зовнішній ділянці кола.

8. Пересуньте повзунок реостата трішки вліво (тобто змініть опір реостата) і знову виміряйте силу струму I в колі та напругу U на зовнішній ділянці кола.

9. Повторіть дії, описані в пункті 8, ще тричі. Отримані дані запишіть в таблицю 3.1

10. Для кожного дослідів визначте внутрішній опір r_i джерела струму та вносимо дані до таблиці 3.1:

$$r_i = \frac{\mathcal{E}_{\text{вим}} - U}{I}. \quad (3.1)$$

Таблиця 3.1 – Результати експерименту

Номер дослідів	ЕРС $\mathcal{E}_{\text{вим}}, \text{В}$	Сила струму $I, \text{А}$	Напруга $U, \text{В}$	Внутрішній опір $r_i, \text{Ом}$
1				
2				
3				
4				
5				

11. Досліджуємо похибки вимірювань, результати заносимо до таблиці 3.2.

Визначте середнє значення внутрішнього опору $r_{\text{сер}}$:

$$r_{\text{сер}} = \frac{r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5}{5}. \quad (3.2)$$

Розрахуємо випадкові відхилення результатів вимірів:

$$\Delta = |r_{\text{сер}} - r_i|. \quad (3.3)$$

Оцінюємо **абсолютну** Δr похибку вимірювання внутрішнього опору джерела струму:

$$\Delta r = \frac{|r_{\text{сер}} - r_1| + |r_{\text{сер}} - r_2| + |r_{\text{сер}} - r_3| + |r_{\text{сер}} - r_4| + |r_{\text{сер}} - r_5|}{5}. \quad (3.4)$$

Оцінюємо відносну ε_r похибку вимірювання внутрішнього опору джерела струму:

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta r}{r_{\text{сер}}} \cdot 100 \%. \quad (3.5)$$

Визначаємо квадрати випадкових відхилень результатів вимірів:

$$v_i^2 = (r_i - r_{\text{сер}})^2. \quad (3.6)$$

Розраховуємо середнє квадратичне відхилення результатів вимірів:

$$\sigma_{\text{сер}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}}. \quad (3.7)$$

Таблиця 3.2 – Результати досліджень похибки вимірювань

Номер вимірювань	Внутрішній опір r , Ом	Середнє значення внутрішнього опору $r_{\text{сер}}$, Ом	Відхилення $\Delta = r_{\text{сер}} - r_i $, Ом	Абсолютна похибка, Δr	Відносна похибка, ε_r	Квадрати випадкових відхилень, v_i^2	Середнє квадратичне відхилення, $\sigma_{\text{сер}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
3							
4							
5							

Висновок: під час цієї лабораторної роботи було виміряно силу струму та напругу на зовнішній ділянці кола з використанням інтерактивної

симуляція PhET; проведено обробку результатів вимірювань та їхніх похибок як випадкових величин на основі положень теорії ймовірності.

Запитання для самостійної роботи

1. Що таке похибка вимірювання і чому вона виникає?
2. Які основні види похибок вимірювань?
3. У чому різниця між систематичними та випадковими похибками?
4. Як можна оцінити абсолютну та відносну похибку вимірювання?
5. Які методи використовують для зменшення похибки вимірювань?
6. Що таке межі похибки та як вони починаються?
7. Як похибка вимірювання впливає на кінцевий результат експерименту?
8. Чому важливо виконати похибку під час проведення наукових досліджень?
9. Яку роль виконує статистична обробка даних у дослідженні похибок вимірювань?
10. Що таке чутливість вимірювального приладу і як вона відображається на похибку?
11. Які методи усереднення використовують для зменшення випадкових похибок?
12. Як відрізняється точність приладу на рівень похибки вимірювання?
13. Яким чином розрядність цифрових приладів впливає на точність вимірювань?
14. Як впливають зовнішні фактори (температура, вологість, вібрація) на похибку вимірювань?
15. Як застосування методів математичної статистики допомагають аналізувати похибки?

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ ДО ДРУГОГО ЗМІСТОВОГО МОДУЛЯ

Лабораторна робота № 4

Прямі та непрямі вимірювання на прикладі визначення параметрів мікроклімату

Мета: ознайомитися з прямими та непрямими методами визначення параметрів мікроклімату; навчитися використовувати відповідні прилади для прямих вимірювань, а також виконувати розрахунки за непрямих методів вимірювання.

Обладнання: термометр, психрометр або психрометричний гігрометр, анемометр.

Прямі та непрямі вимірювання – це два основні типи вимірювань у метрології, які відрізняються способом отримання результату.

Прямі вимірювання – це такі вимірювання, за яких значення фізичної величини отримуються з показань вимірювального приладу. Прикладом прямих вимірювань є: вимірювання довжини лінійкою; вимірювання температури термометром; вимірювання маси за допомогою ваг.

Непрямі вимірювання – це такі вимірювання, за яких значення фізичної величини здійснюється на основі математичних розрахунків, із використанням результату прямого вимірювання іншої величини. Прикладом непрямих вимірювань є: визначення площі поверхні з допомогою добутку її довжини та ширини; визначення швидкості руху з вимірюванням відстані та часу.

У непрямих вимірюваннях точність результату залежить від точності прямих вимірювань та застосованих математичних формул. Вони використовуються у випадку, якщо неможливо або складно здійснити пряме вимірювання.

Під час цієї лабораторної роботи ми розглянемо прямі та непрямі вимірювання на прикладі параметрів мікроклімату.

Мікроклімат – стан внутрішнього середовища приміщення, який визначається температурою, вологістю, інтенсивністю руху повітря і тепловим випромінюванням, тобто сукупністю факторів, які визначають тепловий стан людини. До основних параметрів, що характеризують мікроклімат виробничих приміщень належить: температура повітря, відносна вологість і швидкості руху повітря в робочій зоні. Прикладом прямих вимірювань будуть: температура (вимірюємо термометром) та швидкість переміщення повітря (вимірюємо анемометром). Прикладом непрямих вимірювань буде вологість, яку розрахуємо за формулами для психрометра Асмана та психрометра Августа та за допомогою психрометричної таблиці.

Хід роботи

1. Для визначення температури повітря у виробничих приміщеннях використовують ртутні або спиртові термометри. У приміщеннях зі значним тепловим випромінюванням використовують парний термометр. Для безперервної реєстрації температури навколишнього повітряного середовища застосовують самозаписувальні прилади – термографи. Визначимо температуру повітря за допомогою спиртового термометра.

2. Для визначення швидкості переміщення повітря у виробничих приміщеннях використовують анемометри. Скористуємося для цього цифровим анемометром.

3. Для визначення вологості повітря скористаємося психрометром Августа, психрометром Асмана, психрометричною таблицею та проведемо розрахунок. Для розрахунку треба користуватися вихідними даними таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Варіанти вихідних даних

Варіант	Барометричний тиск мм рт. ст.	Показання анемометра		Показання термометра психрометра	
		початкові	кінцеві	сухого t_c C ⁰	вологого t_b C ⁰
1	745	1 180	1 285	17	13
2	750	2 040	2 160	23	21
3	755	3 212	3 252	16	14
4	760	1 050	1 130	24	19
5	765	920	1 000	15	11
6	770	4 140	4 190	23	20
7	765	6 130	6 200	15	14
8	760	2 210	2 260	27	22
9	755	3 440	3 500	15	10
10	750	740	780	25	23
11	745	820	830	14	9
12	740	1 620	1 670	22	18
13	745	1 140	1 200	15	11
14	750	3 320	3 340	20	18
15	755	3 100	3 220	14	13
16	760	4 210	4 310	27	23
17	765	4 620	4 740	14	8
18	770	1 210	1 250	23	18
19	765	2 140	2 240	14	10
20	760	2 020	2 110	21	19

За формулою (4.1) розрахуємо вологість повітря для психрометра без вентилятора (психрометр Августа) φ_1 :

$$\varphi_1 = \frac{P_b - a(t_c - t_b) \times B}{P_c} \times 100, \quad (4.1)$$

де P_b – максимальна вологість повітря за температури вологого термометра t_b г/м³;

P_c – максимальна вологість повітря за температури сухого термометра t_c г/м³;

a – психрометричний коефіцієнт, який залежить від швидкості переміщення повітря (табл. 4.2);

B – барометричний тиск, мм рт. ст.;

t_c – температура сухого термометра, °C (табл. 4.3);

t_b – температура вологого термометра, °C (табл. 4.3).

Таблиця 4.2 – Значення психрометричного коефіцієнта

Швидкість переміщення повітря, м/с	Величина α	Швидкість переміщення повітря, м/с	Величина α
0,13	0,001 30	0,8	0,000 80
0,16	0,001 20	2,30	0,000 70
0,20	0,001 10	3,30	0,000 69
0,30	0,001 00	4,00	0,000 67
0,40	0,000 90		

Таблиця 4.3 – Максимальна вологість повітря за різних температур

Температура повітря, виміряна сухим або вологим термометром, °С	Максимальна вологість повітря, г/м ³ , P_c , P_b	Температура повітря, виміряна сухим або вологим термометром, °С	Максимальна вологість повітря, г/м ³
10	9,209	21	18,650
11	9,844	22	19,827
12	10,519	23	21,068
13	11,231	24	23,377
14	11,987	25	23,756
15	12,788	26	25,209
16	13,684	27	26,739
17	14,530	28	28,344
18	15,477	29	30,043
19	16,477	30	31,842
20	17,735	31	33,695

За формулою (4.2) розрахуємо вологість повітря для психрометра з вентилятором (психрометр Асмана):

$$\varphi_2 = \frac{P_b - a(t_c - t_b) \times \frac{B}{755}}{P_c} \times 100, \quad (4.2)$$

де 0,5 – постійний психрометричний коефіцієнт;

755 – середній барометричний тиск, мм рт. ст.

Окрім того, під час виконання роботи визначається відносна вологість повітря з використанням психрометричної таблиці (табл. 4.4). Для цього застосовуються показання сухого термометра, які характеризують фактичну температуру повітря, а також різниця між показаннями сухого і вологого

термометрів, що відображає інтенсивність випаровування вологи з поверхні вологого резервуара.

Отримана різниця температур дозволяє, за допомогою психрометричної таблиці, встановити значення відносної вологості повітря у відсотках. Такий метод є поширеним у практиці санітарно-гігієнічних вимірювань і забезпечує достатню точність за умови дотримання правил проведення вимірювань.

Визначення відносної вологості повітря має важливе значення для оцінювання мікроклімату виробничих приміщень, оскільки цей показник безпосередньо впливає на самопочуття працівників, працездатність та безпеку умов праці.

Результати визначення відносної вологості повітря можуть бути використані для порівняння з нормативними значеннями, встановленими чинними санітарними нормами та стандартами з охорони праці. Це дозволяє зробити обґрунтований висновок щодо відповідності мікрокліматичних умов вимогам безпеки, а також визначити необхідність впровадження коригувальних заходів для покращення умов праці.

Таблиця 4.4 – Психрометрична таблиця для визначення відносної вологості за показами сухого термометра та різницею показань сухого і вологого термометрів

Покази сухого термометра, °C	Різниця показів сухого і вологого термометра, °C																			
1	2																			
	0	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
0	100	81	73	64	57	50	43	36	31	26	20	16	11	7	3	—	—	—	—	—
1	100	82	74	66	59	52	46	39	33	29	19	19	15	11	7	—	—	—	—	—
2	100	83	75	67	61	54	47	42	36	31	26	20	16	14	10	—	—	—	—	-
3	100	83	76	69	63	56	49	44	39	34	29	26	21	17	13	10	—	—	—	-
4	100	84	77	70	64	57	51	46	41	38	32	28	24	20	16	14	11	—	—	-

Продовження таблиці 4.4

1	2																			
5	100	85	78	71	65	59	54	48	43	39	34	30	27	23	19	17	13	10	–	–
6	100	85	78	72	66	61	56	50	45	41	35	33	29	26	22	19	16	13	10	–
7	100	86	79	73	67	63	57	52	47	43	39	35	31	28	25	22	19	15	12	11
8	100	86	80	74	68	63	58	54	49	45	41	37	33	30	27	25	21	18	15	14
9	100	86	81	75	70	65	60	55	51	47	43	39	35	32	29	27	24	21	18	17
10	100	87	82	76	71	66	61	57	53	48	45	41	37	34	31	28	26	23	21	19
11	100	87	82	77	72	67	62	59	55	50	47	43	40	36	33	30	29	25	23	20
12	100	87	82	78	73	68	63	59	56	52	48	44	42	38	35	32	30	27	25	22
13	100	89	83	78	73	69	64	61	57	53	50	46	43	40	37	34	32	29	27	24
14	100	89	83	79	74	70	66	62	58	54	51	47	45	41	39	36	34	31	29	26
15	100	89	84	80	75	71	67	63	59	55	52	49	46	43	41	37	35	33	31	28
16	100	90	84	80	75	72	67	64	60	57	53	50	48	44	42	39	37	34	32	30
17	100	90	84	81	76	73	68	65	61	58	54	52	49	46	44	40	38	36	34	31
18	100	90	85	81	76	74	68	66	62	59	56	53	50	47	45	42	40	37	35	33
19	100	91	85	82	77	74	70	68	63	60	57	54	51	48	46	43	41	39	37	34
20	100	91	86	82	78	75	71	68	64	61	58	55	53	49	46	44	43	40	38	36
21	100	91	86	83	79	75	71	69	65	62	59	56	54	51	49	46	44	41	39	37
22	100	91	87	83	79	76	72	69	65	63	60	57	55	52	50	47	45	42	40	38
23	100	91	87	83	80	76	72	69	66	63	61	58	56	53	51	48	46	43	41	39

Результати непрямих вимірювань відносної вологості заносимо до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Визначення відносної вологості повітря (приклад заповнення), φ

№ з/п	Прилад	t_c	t_b	∇	V	P_c	P_b	α	B	φ
1	Психрометр стаціонарний (Августа)	24	21	3	0,24	22,377	18,650	0,001 05	765	72,6
2	Психрометр переносний (Асмана)	24	21	3	–	22,377	18,650	0,5	765	76,6
3	Психрометрична таблиця	24	21	3	–	–	–	–	–	75

Висновки: прямі вимірювання є більш простими та точними, водночас непрямі вимірювання дають змогу визначити величини, які неможливо виміряти; обидва типи вимірювань широко застосовуються в науці, техніці та метрології для забезпечення точності та достовірності.

Запитання для самостійної роботи

1. Що розуміють під мікрокліматом виробничих приміщень та які основні параметри його характеризують?
2. У чому полягає відмінність між прямими та непрямими методами вимірювання параметрів мікроклімату? Наведіть приклади кожного з них.
3. Які прилади застосовуються для прямих вимірювань температури, відносної вологості та швидкості руху повітря?
4. Які фізичні принципи є основою роботи психрометра та яких умов необхідно дотримуватися для отримання достовірних результатів?
5. Як визначається відносна вологість повітря непрямим методом і яку роль у цьому відіграють психрометричні таблиці?
6. Які джерела похибок можуть виникати під час прямих вимірювань параметрів мікроклімату та як їх можна мінімізувати?
7. У яких випадках доцільніше застосовувати непрямі методи вимірювання параметрів мікроклімату?
8. Яким чином результати вимірювань мікроклімату використовуються для оцінювання умов праці відповідно до нормативних вимог з охорони праці?
9. Як відхилення параметрів мікроклімату від нормативних значень впливають на самопочуття, працездатність і безпеку працівників?
10. Яке значення має правильний вибір методу вимірювання параметрів мікроклімату для забезпечення достовірності результатів та ухвалення управлінських рішень у сфері охорони праці?

Лабораторна робота № 5

Гравіметричний, фотометричний та мікроскопічний (лічильний) методи вимірювання запиленості повітря

Мета: ознайомитися з гравіметричним, фотометричним та мікроскопічним (лічильним) методами вимірювання запиленості повітря з метою оцінки умов праці на будівельних майданчиках та в закритих виробничих приміщеннях будівельної галузі, а також формування навичок контролю пилового навантаження як одного з основних шкідливих факторів у будівництві.

Обладнання: детектор повітря.

Методи визначення запиленості повітря робочої зони можуть бути такими: гравіметричний метод, лічильний (мікроскопічний) метод, фотометричний метод.

У гігієнічній практиці основним методом визначення запиленості обрано гравіметричний метод, тому що в разі сталості хімічного складу первинне значення має маса пилу, яка затрималася в організмі людини. Визначення тільки маси пилу не дає повної картини його шкідливості для людини та технологічного процесу, тому що за однакової маси може бути різний хімічний, гранулометричний склад пилу, що позначається на його впливі на людину, обладнання та технологію. Повна характеристика пилу складається з його маси, що міститься в одиниці об'єму повітря, хімічного та дисперсного складу.

Лічильний (мікроскопічний) метод дає можливість визначити загальну кількість пилових часток в одиниці об'єму повітря і співвідношення їхніх розмірів. Для цього пил, що міститься в певному об'ємі повітря, осаджують на скло, вкрите прозорою клейкою плівкою. Під мікроскопом визначають форму, кількість і розміри пилових часток.

Якісну характеристику пилу визначають фотометричним методом за допомогою поточного ультрафотометра, яким реєструються окремі пилові частинки з допомогою сильного бокового світла.

У цій лабораторній роботі вимірювання запиленості повітря буде здійснюватися детектором повітря, що має такі характеристики:

- техніка виявлення диспергованих часток: лазерне розсіювання;
- дисперсність: 1 мкм, 2,5 мкм, 10 мкм;
- час вибірки: 3 секунди;
- режим виявлення: щільність;
- діапазон виявлення: 0 ~ 999 мкг/м³.

Хід роботи

1. Увімкнути живлення і запустити детектор (рис. 5.1)

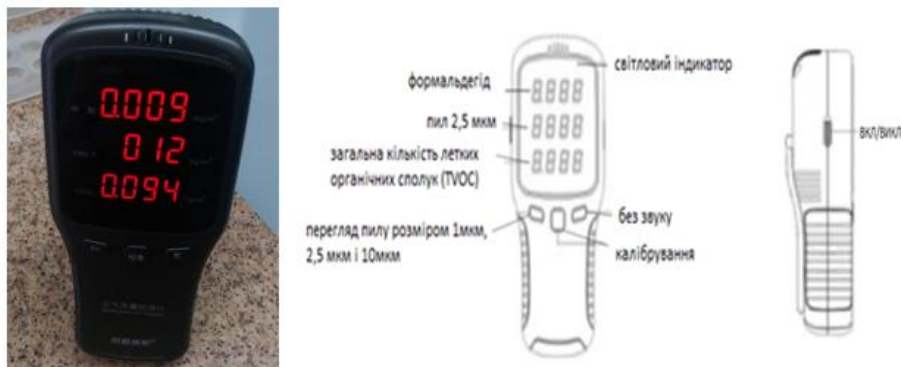


Рисунок 5.1 – Детектор повітря (кнопки керування)

2. Відкалібрувати. Потримайте детектор на відкритому повітрі (свіжому повітрі) протягом 5–10 хвилин, а потім натисніть кнопку «Калібрування» протягом 3-х секунд, щоб відкалібрувати до нуля. Після калібрування детектор готовий до використання.

3. Стан регулювання звуку. Натисніть кнопку «Без звуку» протягом 2-х секунд, тепер зумер дзвонить 5 разів. Це означає, що тепер у разі небезпечної концентрації, коли $\text{HCHO} > 0,3 \text{ мг/м}^3$ або $\text{PM}_{2,5} > 250$, він буде дзвонити.

4. Перегляд концентрації пилу з розміром частинок PM_1 або PM_{10} (рис. 5.2). Натисніть Fп на кнопці «Зміна розміру пилу», світлодіод відобразить щільність PM_1 / PM_{10} / $\text{PM}_{2,5}$, через 3 секунди він автоматично відновиться.

	PM_1
	$\text{PM}_{2,5}$
	PM_{10}

Рисунок 5.2 – Перегляд концентрації пилу з розміром частинок PM_1 або PM_{10}

5. Фіксуємо результат.

6. Проведемо розрахунок запиленості повітря. Перед виконанням розрахунків необхідно ознайомитися з вихідними даними та методикою визначення запиленості повітря. Запиленість є одним із важливих показників стану повітряного середовища виробничих приміщень, оскільки наявність зважених частинок пилу може негативно впливати на здоров'я працівників і безпеку виробничих процесів. Тому коректність вихідних даних має суттєве значення для достовірності отриманих результатів. Вихідні дані для розрахунку запиленості повітря обираються відповідно до варіанта з таблиці 5.1. У таблиці наведені необхідні параметри, що використовуються для подальших обчислень, зокрема значення концентрацій пилу та допоміжні величини, отримані в результаті експериментальних вимірювань або задані умовами роботи.

На основі обраних вихідних даних здійснюється розрахунок запиленості повітря за встановленою методикою. Отримані результати дозволяють оцінити рівень забруднення повітря пилом та порівняти його з нормативними

значеннями, що є підґрунтям для висновків щодо відповідності умов праці вимогам охорони праці.

Таблиця 5.1 – Варіанти вихідних даних

Варі- ант	Пил, походження	Маса фільтра до та після вимірювань, мг		Температу- ра повітря на робочому місці, °С	Баромет- ричний тиск, мм рт. ст.
1	Зерновий пил із домішкою оксиду кремнію понад 10 %	47,0	47,7	10	740
2	Бавовняний пил із домішкою SiO ₂ , більше 10 %	48,0	48,6	12	742
3	Лляний пил із домішкою SiO ₂ , більше 10 %	49,0	50,5	13	744
4	Вовняний пил із домішкою SiO ₂ , більше 10 %	50,0	51,0	14	746
5	Цукровий пил із домішкою SiO ₂ , менше 2 %	51,1	51,8	15	748
6	Деревний пил із домішкою SiO ₂ , менше 2 %	49,0	50,0	16	750
7	Тютюновий пил	48,5	50,2	17	752
8	Гранітний пил	49,5	50,5	18	754
9	Абразивний пил	48,5	47,3	19	758
10	Вапняний пил	48,3	49,4	20	760

Знаходимо час відбирання проби, що залежить від ступеня запиленості повітря, швидкості відбирання та наважки пилу і розраховується за формулою:

$$t = \frac{1000a}{c\omega} \quad , \quad (5.1)$$

де a – мінімально потрібна наважка на фільтри, мг (для всіх варіантів обираємо рівним 1 мг);

c – гранично допустима концентрація пилу в повітрі, мг/м³ (дані беремо з табл. 5.2 відповідно до характеристик пилу і обраного варіанта);

ω – обрана об'ємна швидкість відбору проб на фільтр, л/хв (для всіх варіантів обираємо рівним 3 л/хв).

Визначаємо об'єм повітря (v_t , л), що пройшов через фільтр за температури t :

$$v_t = \omega t \quad , \quad (5.2)$$

де ω – обрана об’ємна швидкість відбору проб на фільтр, л/хв (для всіх варіантів обираємо рівним 3 л/хв);

t – час відбирання проби, хв (розрахований за формулою 5.1).

Знайдений об’єм повітря приводиться до вимог стандарту (температури 293 К (20 °С) та атмосферного тиску 101,3 кПа (760 мм рт. ст.)) за формулою

$$v = \frac{v_t \cdot 273 \cdot B}{(273 + T) \cdot 760}, \quad (5.3)$$

де v_t – об’єм повітря, протягнутого через фільтр, л;

B – барометричний тиск, мм рт. ст. (надано за варіантами вихідних даних);

T – температура повітря в місці відбирання проби, °С (надано за варіантами вихідних даних).

Знаходимо масову концентрацію пилу в повітрі (C , мг/м³), з якого відбирається проба за формулою

$$C = \frac{(m_2 - m_1)}{v}, \quad (5.4)$$

де m_1 , m_2 – маса фільтра до та після вимірювань, мг;

v – об’єм повітря, л (розрахований за формулою 5.3).

Порівнюємо масову концентрацію пилу в повітрі (C , мг/м³) із гранично допустимою концентрацією (табл. 5.2), робимо висновок.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації деяких шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Пил, його походження	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки
1	2	3
Зерновий пил із домішкою оксиду кремнію понад 10 %	4	4
Бавовняний пил із домішкою SiO ₂ , більше 10 %	2	4
Лляний пил із домішкою SiO ₂ , більше 10 %	2	4
Вовняний пил із домішкою SiO ₂ , більше 10 %	2	4
Цукровий пил із домішкою SiO ₂ , менше 2 %	6	4
Деревинний пил із домішкою SiO ₂ , менше 2 %	6	4

Продовження таблиці 5.2

1	2	3
Тютюновий пил	3	3
Гранітний пил	2	4
Абразивний пил	5	4
Вапняний пил	6	4
Вугільний пил з домішкою SiO ₂ , менше 10 %	4	4
Сланцевий пил	6	4
Зерновий пил з домішкою оксиду кремнію понад 10 %	4	4
Бавовняний пил з домішкою SiO ₂ , більше 10 %	4	4
Лляний пил з домішкою SiO ₂ , більше 10 %	4	4

Запитання для самостійної роботи

1. У чому суть гравіметричного методу визначення запиленості повітря?
2. Яке обладнання використовується для гравіметричного аналізу пилу?
3. Який пил (за дисперсністю) є найбільш небезпечним для людини?
4. На якому принципі ґрунтується фотометричний метод визначення запиленості повітря?
5. Які види фотометричних приладів застосовуються для аналізу пилових частинок?
6. Які переваги та недоліки фотометричного методу і чим він відрізняється від інших методів?
7. Як працює мікроскопічний (лічильний) метод визначення запиленості повітря?
8. У якому випадку мікроскопічний метод є найбільш доцільним для аналізу пилу?
9. Як впливає розмір і форма частинок пилу на результат аналізу ефективними методами?
10. Які фактори спричиняють похибки у вимірюванні запиленості повітря?

Лабораторна робота № 6

Оцінювання рівнів шуму на робочих місцях

Мета: дослідити рівень акустичного шуму в навчальній аудиторії шляхом інструментальних вимірювань та оцінити відповідність фактичних рівнів шуму на робочому місці гранично допустимим нормам, визначеним ДСН 3.3.6.037-99, шляхом побудови спектрограми шуму.

Обладнання: шумомір.

Хід роботи

1. Дослідити рівень акустичного шуму в навчальній аудиторії шляхом інструментальних вимірювань. Вибрати місця та режими вимірювань (порожня аудиторія, під час лекції / заняття, період перерви).

2. Порівняти результати з відповідними нормативними значеннями й зробити висновки щодо відповідності / перевищення нормативів та можливих заходів зменшення шуму. Отримані значення підлягають статистичній обробці та порівнянню з нормативними обмеженнями для навчальних приміщень з урахуванням похибок вимірювання.

3. Провести теоретичний аналіз шумового стану приміщення вказаного призначення (цех, офіс, лабораторія тощо). Для цього здобувачу потрібно побудувати спектрограму рівнів шуму згідно з нормативними (ДСН 3.3.6.037-99) та фактичними величинами (фактичні величини задано за варіантами табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Варіанти вихідних даних

№ з/п	Робоче місце	Орієнтовний рівень звуку, дБа	Рівні звукового тиску, дБа	Октавні смуги із середньгеометричними частотами, Гц								
				31,5	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Приміщення лабораторії для теоретичних робіт	62	До	56	62	67	71	74	76	75	52	33
			Після	45	52	57	62	62	54	42	35	32
2	У приміщеннях дирекції	70	До	36	47	60	68	66	54	43	38	35
			Після	32	40	44	47	46	42	38	35	33
3	У приміщеннях майстрів	91	До	64	76	89	96	100	98	89	60	46
			Після	45	55	65	72	74	67	57	49	45

Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	У кабінах машиністів швидкісних електропоїздів	60	До	56	79	91	86	70	60	50	41	35
			Після	54	73	90	83	67	55	46	40	32
5	у кабінах машиністів тепловозів	92	До	85	87	88	89	90	91	92	91	89
			Після	81	78	76	74	72	71	68	65	62
6	У медпунктах	89	До	88	92	94	93	92	87	80	70	60
			Після	66	71	72	73	70	67	65	64	50
7	У приміщеннях енергетичного відділення	92	До	68	88	105	103	100	95	85	74	65
			Після	44	63	75	76	70	65	61	58	63
8	Приміщення і відділення точної збірки(складання)	87	До	82	88	92	93	92	89	84	74	65
			Після	77	86	82	72	63	56	50	46	43
9	Водіїв автобусів	90	До	72	82	92	99	101	95	86	74	65
			Після	66	70	74	78	81	81	77	68	60
10	Водіїв та обслуговуючого персоналу тракторів	92	До	68	88	104	102	100	90	85	74	65
			після	50	70	75	76	70	65	61	58	60

4. Побудувати спектрограму шумів (вісь Х – октавні смути частот (Гц).; вісь Y – рівні звукового тиску (дБ)) відповідно до шаблону (рис. 6.1).

дБ

110										
100										
90										
80										
70										
60										
50										
40										
30										
0	31.5	63	125	500	1000	2000	4000	8000	Гц	

Рисунок 6.1 – Шаблон спектрограми

5. Згідно з ДСН 3.3.6.037-99, встановлено, що гранично допустимі рівні шуму залежать від призначення приміщення, характеру діяльності, часу дії шуму (постійний / непостійний), а також частотного спектра (октавні смуги).

6. Наносимо графіки на спектрограму:

- допустимий рівень шуму на робочому місці (Санітарні норми виробничого шуму, ультразвук та інфразвук ДСН 3.3.6.037-99, табл. 2, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, колонка 12 або презентація);

- фактичний (орієнтовний) рівень звуку на робочому місці (варіант завдання у колонці 3 зазначеної табл. 2);

- допустимі рівні звукового тиску у октавних смугах частот (ДСН 3.3.6.037-99, табл. 2)

- фактичні рівні звукового тиску на робочому місці (варіанти завдання «до вжитих заходів»);

- фактичні рівні звукового тиску на робочому місці (варіанти завдання «після вжитих заходів»);

- будується якщо потрібні додаткові заходи зі зниження шуму.

7. Зробити висновки.

Запитання для самостійної роботи

1. Що таке акустичний шум і які його основні характеристики використовуються під час оцінювання умов праці?

2. Які джерела шуму є найбільш типовими для навчальних аудиторій та виробничих приміщень?

3. Який принцип роботи шумоміра та які параметри шуму він дозволяє вимірювати?

4. Що таке спектр шуму і яке практичне значення має побудова спектрограми під час оцінювання рівнів шуму?

5. Які особливості вимірювання рівнів шуму на робочих місцях необхідно враховувати для забезпечення достовірності результатів?

6. Які гранично допустимі рівні шуму встановлені нормативним документом ДСН 3.3.6.037-99 та як вони застосовуються на практиці?

7. Як здійснюється порівняння фактичних рівнів шуму з нормативними значеннями та які висновки можна зробити за результатами такого аналізу?

8. Який вплив має підвищений рівень шуму на здоров'я, працездатність і безпеку працівників?

9. Які основні похибки можуть виникати під час вимірювання шуму та якими способами їх можна зменшити?

10. Які організаційні та технічні заходи можуть бути запропоновані для зниження рівнів шуму на робочих місцях?

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ ДО ТРЕТЬОГО ЗМІСТОВОГО МОДУЛЯ

Лабораторна робота № 7

Методика проведення моніторингу вимірювання загазованості повітря

Мета: ознайомитися з принципами роботи щодо проведення моніторингу загазованості повітря робочої зони шляхом вимірювання концентрації діоксиду вуглецю (CO_2) та формальдегіду (HCHO) з використанням портативних приладів. Оцінити відповідність отриманих параметрів гігієнічним нормативам, визначити похибки вимірювань та проаналізувати їхнє значення у контексті метрологічного забезпечення охорони праці.

Обладнання: логер концентрації CO_2 НТ-2000; портативний детектор формальдегіду (HCHO).

Хід роботи

1. Підготовка приладів до вимірювань. Ознайомитися з технічною документацією на логер НТ-2000 та детектор формальдегіду. Увімкнути прилади та дати їм нагрітися упродовж 3–5 хв для стабілізації показів.

Перевірити одиниці вимірювання:

– CO_2 – ppm;

– HCHO – mg/m^3 або ppm (залежно від налаштувань).

2. Вибір точок вимірювання. Обрати щонайменше три точки у приміщенні: центр, зона біля дверей, зона біля робочих місць. Встановити висоту сенсорів на рівні зони дихання працівника (1,1–1,5 м).

3. Вимірювання концентрації CO₂ логером НТ-2000 (рис. 7.1).



Рисунок 7.1 – Логер концентрації CO₂ НТ-2000

Розмістити логер у першій точці та зафіксувати покази CO₂, температури та вологості. Провести не менше трьох повторних вимірювань, визначити середнє значення. Перемістити прилад у наступні точки та повторити вимірювання. Внести дані до таблиці 7.1.

4. Вимірювання концентрації формальдегіду детектором НСНО. У кожній точці провести трикратні вимірювання з інтервалом 1 хв. Зафіксувати середнє значення концентрації формальдегіду. Занести результати до таблиці.

У приміщеннях, що використовуються, концентрація CO₂ залежить від таких чинників:

- кількості людей у приміщенні, об'єму приміщення;
- активності людей у приміщенні;
- тривалості перебування користувачів у приміщенні;
- наявності процесів згоряння в приміщенні;
- обмін повітря та об'єм потоку свіжого повітря.

Експериментальні дослідження у цій лабораторній роботі проводяться в навчальних аудиторіях університету, через певний період часу (5 хв, 20 хв, 30 хв, 45 хв після початку занять та через 5 хв після провітрювання). Результати досліджень зведено в таблицю 7.1

Таблиця 7.1 – Результати експериментальних досліджень

Час вимірювань, хв	Двоокис вуглецю, ppm	Двоокис вуглецю, мг/м ³	Температура, °C	Вологість, %
Перед початком занять				
Через 5 хвилин після початку				
Через 20 хвилин після початку				
Через 30 хвилин після початку				
Через 45 хвилин після початку				
Після провітрювання аудиторії протягом 5-ти хвилин				

4. Вимірювання концентрації формальдегіду детектором НСНО (рис. 7.2). У кожній точці провести трикратні вимірювання з інтервалом 1 хв. Зафіксувати середнє значення концентрації формальдегіду. Занести результати до таблиці 7.1.



Рисунок 7.2 – Детектор формальдегіду

Порівняти отримані концентрації з чинними нормативами:

- CO₂ – 1 000 ppm (оптимально), 1 400 ppm (допустимо);
- НСНО – ≤ 0,01 мг/м³ для робочої зони.

6. Висновки. Оцінити рівень загазованості приміщення.

Зробити висновки щодо відповідності параметрів нормативам.

Проаналізувати точність вимірювань та вплив факторів середовища.

Запитання для самостійного роботи

1. Що розуміють під загазованістю повітря робочої зони та чому її моніторинг є важливим з точки зору охорони праці?
2. Які основні джерела діоксиду вуглецю (CO_2) та формальдегіду (HCHO) можуть бути наявні в повітрі робочих приміщень?
3. Які принципи дії є основою роботи портативних приладів для вимірювання концентрації CO_2 та HCHO ?
4. Які вимоги висуваються до проведення вимірювань загазованості повітря з урахуванням метрологічного забезпечення?
5. Які гігієнічні нормативи встановлені для концентрацій CO_2 та формальдегіду в повітрі робочої зони та як вони застосовуються на практиці?
6. Які фактори можуть впливати на точність вимірювання концентрацій газів і як вони враховуються під час моніторингу?
7. Які види похибок виникають під час вимірювання загазованості повітря та якими методами їх можна оцінити?
8. Як здійснюється аналіз отриманих результатів вимірювань та їх порівняння з гігієнічними нормативами?
9. Яке значення має регулярний моніторинг загазованості повітря для забезпечення безпечних умов праці?
10. Яким чином результати вимірювання концентрацій CO_2 та HCHO можуть бути використані для ухвалення управлінських рішень у сфері охорони праці?

Лабораторна робота № 8

Використання сучасних інформаційно-аналітичних інструментів для аналізу параметрів навколишнього середовища

Мета: ознайомитися з можливостями сучасних інформаційно-аналітичних інструментів моніторингу стану довкілля та відпрацювати навички використання платформи SaveEcoBot для оцінювання параметрів навколишнього середовища, що впливають на безпеку життєдіяльності та умови праці в окремих населених пунктах України.

Завдання: проаналізувати функціональні можливості онлайн-платформи SaveEcoBot як інструмента моніторингу параметрів навколишнього середовища; визначити поточний рівень радіаційного фону в заданих населених пунктах (згідно з варіантом); порівняти отримані дані з чинними нормативами радіаційної безпеки (НРБУ-97/Д-2000, ДСП 6.177-2005-09-02); зробити висновок щодо можливих ризиків для здоров'я населення та працівників у разі відхилень параметрів радіаційного фону від нормативних значень.

Хід роботи

1. Коротко опрацювати нормативно-правову базу, що регламентує вимоги до радіаційної безпеки в Україні (НРБУ-97/Д-2000, ДСП 6.177-2005-09-02), а також визначити допустимі рівні потужності експозиційної дози γ -випромінювання для населення та працівників.

2. Перейти на офіційний сайт SaveEcoBot (рис. 8.1), переглянути доступні функції: карту моніторингу, типи сенсорів, доступні параметри довкілля.



Рисунок 8.1 – QR-код для переходу до офіційного сайту SaveEcoBot

3. Згідно з індивідуальним варіантом (табл. 8.1), обрати населені пункти України для подальшого аналізу.

Таблиця 8.1 – Локації для визначенні стану радіаційного фону в населених пунктах України за варіантами

Варіант	Місто дослідження	Варіант	Місто дослідження
1	Чорнобиль	8	Кропивницький
2	Прип'ять	9	Ізмаїл (Одеська обл.)
3	Київ	10	Рівне
4	Дніпро	11	Конотоп (Сумська обл.)
5	Харків	12	Черкаси
6	Біла Церква (Київська обл.)	13	Львів
7	Прилуки (Чернігівська обл.)	14	Івано-Франківськ

4. На карті SaveEcoBot знайти доступні вимірювачі радіації та зафіксувати значення потужності експозиційної дози (мкЗв/год) для кожної з обраних локацій (рис. 8.2, 8.3).

Стан радіаційного фону в місті Прип'ять

Чорнобильська зона відчуження

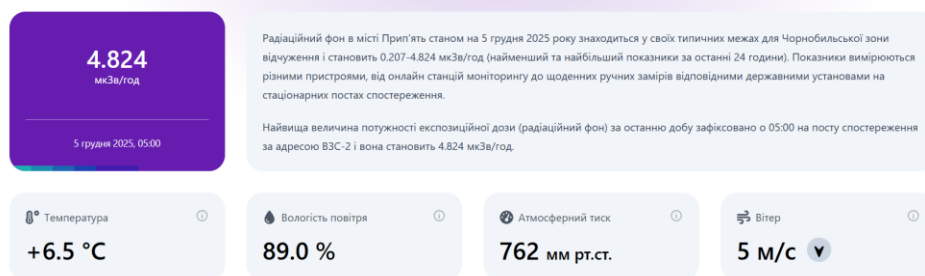


Рисунок 8.2 – Приклад подання результатів

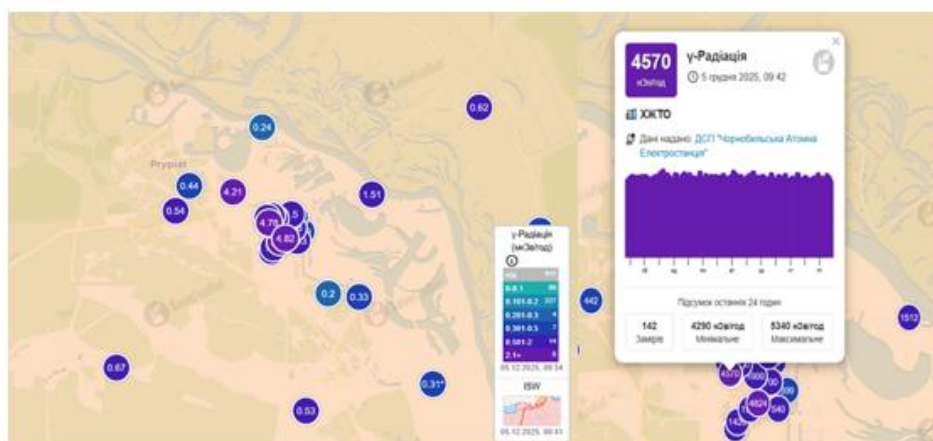


Рисунок 8.3 – Інтерактивна карта радіаційного фону в місті Прип'ять

5. Порівняти отримані значення з допустимими нормами радіаційної безпеки.

6. Оцінити потенційний вплив зафіксованих рівнів на стан здоров'я населення й працівників, наявність ризику перевищення нормативних параметрів довкілля. Зробити узагальнений висновок щодо ефективності сучасних інформаційно-аналітичних платформ у системі моніторингу параметрів навколишнього середовища та їхнє значення для забезпечення безпечних умов життєдіяльності.

Запитання для самостійної роботи

1. Які основні функціональні можливості платформи SaveEcoBot та які параметри довкілля вона дозволяє відстежувати?
2. Чому моніторинг параметрів навколишнього середовища є важливим елементом системи охорони праці?
3. Які нормативи радіаційної безпеки регламентують допустимі рівні радіаційного фону для населення та працівників?
4. Які типи сенсорів застосовуються на платформі SaveEcoBot для вимірювання радіаційного фону?
5. Які фактори можуть впливати на коливання рівня природного радіаційного фону в різних регіонах України?
6. Як результати моніторингу радіаційного фону можуть бути використані для оцінювання ризиків у сфері охорони праці?
7. Чим відрізняється моніторинг радіаційного фону в реальному часі від періодичного контролю, що проводиться державними службами?
8. Які можливі наслідки для здоров'я працівників і населення у разі збільшення радіаційного фону понад нормативні значення?
9. Як результати аналізу даних онлайн-платформ можуть бути інтегровані в систему управління ризиками на підприємстві?
10. Як результати моніторингу можуть впливати на рішення у сфері цивільного захисту?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. PhET Interactive Simulations. University of Colorado Boulder [Electronic resource]. – Electronic text data. – Regime of access: <https://phet.colorado.edu/>, free (date of application: 24.02.2026). – Header from the screen.
2. Гиль М. І. Метрологія : конспект лекцій / М. І. Гиль, І. В. Каницька. – Миколаїв : Миколаївський національний аграрний університет, 2023. – 111 с.
3. Нестерчук Д. М. Основи метрології та засоби вимірювань : навч. посіб. / Д. М. Нестерчук, С. О. Квітка, С. В. Галько. – Мелітополь : Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. – 256 с.
4. Впровадження сучасних експериментальних досліджень з використанням детекторів повітря в учбовий процес / Н. О. Косенко, О. П. Крот, О. Ю. Крот, Ю. С. Левашова. – «Сучасні аспекти модернізації науки: стан, проблеми, тенденції розвитку» : матеріали XXXI Міжнародної науково-практичної конференції, м. Рим, 07 квітня 2023 р. – Рим (Італія). – 2023. – С. 302–307.
5. ДСТУ 2293:2014 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. – Чинний від 2015–05–01. – Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. – 13 с.
6. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT). – Чинний від 2013–01–07. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. – 64 с.
7. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Чинний від 1999–01–12. – Київ : Міністерство охорони здоров'я, 1999. – 68 с.

8. НПАОП 0.00-7.14-17 Вимоги безпеки та захисту здоров'я під час використання виробничого обладнання працівниками. – Чинний від 1999–01–12. – Київ : Міністерство охорони здоров'я, 1999. – 68 с.

9. ДСТУ 2681-94 Метрологія. Терміни та визначення. З Поправкою (ПС № 8-96). – Чинний від 1994–07–26. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 68 с.

10. ДСТУ EN ISO 80000-1:2022 Величини та одиниці. Частина 1. Загальні положення (EN ISO 80000-1:2013, IDT; ISO 80000-1:2009, IDT). – Чинний від 2023–12–31. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. – 41 с.

11. SaveEcoBot [Electronic resource] : сайт. – Electronic text data. – Regime of access: <https://www.saveecobot.com/>, free (date of application: 14.01.2026). – Header from the screen.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до проведення лабораторних занять та організації самостійної роботи з
навчальної дисципліни

**«МЕТРОЛОГІЧНЕ ТА НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОХОРОНИ
ПРАЦІ»**

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми
навчання зі спеціальності І4 – Охорона праці)*

Укладачі: **ЛЕВАШОВА** Юлія Станіславівна,
КОСЕНКО Наталія Олексіївна,
НІКІТЧЕНКО Ольга Юріївна

Відповідальний за випуск *Ю. С. Левашова*
Редактор *Б. О. Хільська*
Комп'ютерне верстання *Ю. С. Левашова*

План 2026, поз. 76М

Підп. до друку 01.05.2026. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 2,8

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова
вул. Чорноглазівська, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 8386 від 14.07.2025.