

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Кафедра гідроенергетики, теплоенергетики
та гідравлічних машин

01-06-71М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт
з навчальної дисципліни
«Метрологія і стандартизація»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійними програмами «Теплоенергетика» спеціальності
144 «Теплоенергетика» та «Гідроенергетика» спеціальності 145
«Відновлювальні джерела та гідроенергетика» денної, заочної
та дистанційної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННІЕАВГ
Протокол № 5 від 25 січня 2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Метрологія і стандартизація» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійними програмами «Теплоенергетика» спеціальності 144 «Теплоенергетика» та «Гідроенергетика» спеціальності 145 «Відновлювальні джерела та гідроенергетика» денної, заочної та дистанційної форм навчання [Електронне видання] / Галич О. О. – Рівне : НУВГП, 2024. – 28 с.

Укладач:

Галич О. О. – к.т.н., доцент кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин.

Відповідальний за випуск – Рябенко О. А., д.т.н., професор, завідувач кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин.

Керівник групи забезпечення спеціальності 144 «Теплоенергетика»

Костюк О. П.

Керівник групи забезпечення спеціальності 145 «Відновлювальні джерела та гідроенергетика»

Сунічук С. В.

© О. О. Галич, 2024

© НУВГП, 2024

Зміст

ВСТУП.....	4
Лабораторна робота №1. ВИВЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ	5
Лабораторна робота №2. ПРЯМІ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ВЕЛИЧИН ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБОК ПРИ ПРЯМИХ ВИМІРЮВАННЯХ.....	10
Лабораторна робота №3. НЕПРЯМІ ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБОК ПРИ НЕПРЯМИХ ВИМІРЮВАННЯХ.....	14
Лабораторна робота №4. ВИМІРЮВАННЯ НАПРУГИ ПРИ ПОСТІЙНОМУ ТА ЗМІННОМУ СТРУМІ І ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ	16
Лабораторна робота №5. ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ ВИПАДКОВИХ І СИСТЕМАТИЧНИХ ПОХИБКАХ	19
Лабораторна робота №6. ПЕРЕВІРКА ВІДПОВІДНОСТІ ЯКОСТІ ВИРОБІВ ЕТАЛОНУ	23
Лабораторна робота №7. ЗАСТОСУВАННЯ ШТРИХ-КОДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ТОВАРІВ ТА ПОСЛУГ	25
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	27

ВСТУП

Метою вивчення дисципліни «Метрологія і стандартизація», яка входить до основної фахової підготовки здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійними програмами «Теплоенергетика» спеціальності 144 «Теплоенергетика» та «Гідроенергетика» спеціальності 145 «Відновлювальні джерела та гідроенергетика» є в надання студентам базових знань в області метрології і стандартизації, які потрібні в майбутньому вивченні основних фахових дисциплін; ознайомлення та вивчення основних понять теорії вимірювань, методів вимірювання фізичних величин прямим та непрямим методом за допомогою сучасних метрологічних засобів вимірювання; методів опрацювання результатів вимірювання шляхом знаходження похибок вимірювання; а також методологічних і організаційних положень стандартизації.

Методичні вказівки містять комплекс лабораторних робіт, складених відповідно до силябусу навчальної дисципліни «Метрологія і стандартизація» та призначені для самостійної підготовки здобувачів вищої освіти до лабораторних занять та виконання експериментальних дослідів.

Кожна лабораторна робота містить загальні теоретичні відомості, опис проведення лабораторної роботи, схеми, розрахункові формули, таблиці обробки результатів вимірювань та запитання для перевірки засвоєння пройденого матеріалу.

Лабораторна робота № 1

ВИВЧЕННЯ ТИПІВ ШКАЛ ПРИЛАДІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСУ ТОЧНОСТІ ПРИЛАДУ

Мета: Ознайомитися з будовою вимірювальних приладів, вивчити їх властивості та визначити клас точності вимірювальних приладів.

1. Загальні відомості

У практичній діяльності необхідно постійно проводити вимірювання різних величин, що характеризують властивості тіл, речовин, явищ, процесів, тощо. Досить часто вимірювання здійснюють за допомогою *вимірювальних приладів* – засобів вимірювань, які призначені для вироблення сигналу вимірювальної інформації у формі, доступної для безпосереднього сприйняття спостерігачем.

Головними вузлами вимірювального приладу є *вимірювальний* та *відліковий пристрої*. Перший безпосередньо здійснює вимірювання фізичної величини за допомогою чутливого елемента і при необхідності посилює вхідний сигнал, а другий – показує, записує або інтегрує отримане значення. Вимірювальний пристрій приладів дуже різний і залежить від роду вимірюваної величини (тиск, температура тощо) і принципу дії приладу (механічний, електричний та ін.). Відліковий пристрій містить шкалу і покажчик, які призначені для відліку значень фізичної величини.

Шкала приладу – це елемент відлікового пристрою, який складається з ряду послідовно нанесених на плоскому або профільному (циліндричному) *циферблаті* (лицьова сторона приладу, на якій нанесені шкала, умовні позначення та пояснювальні написи) відміток (поділів), якій відповідають числовим значенням вимірюваної величини (рис. 1.1).

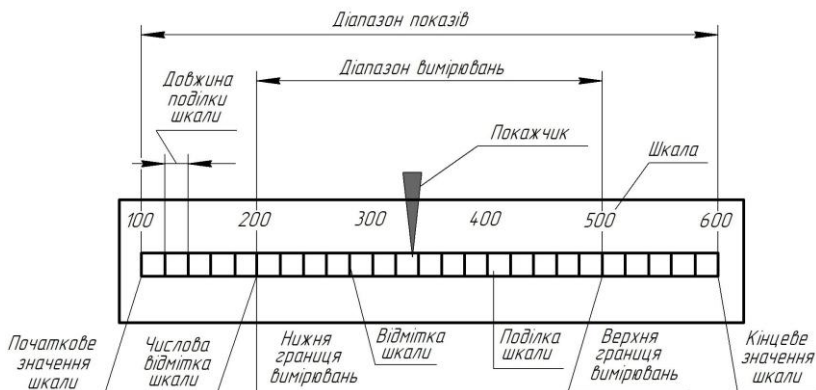


Рисунок 1.1 – Схема шкали вимірювального приладу

Позначки та числа на циферблаті називаються *градуюванням шкали*.

Поділка шкали приладу – це інтервал між сусідніми відмітками шкали.

Довжина поділки шкали приладу – віддаль між осями двох сусідніх відміток шкали.

Ціна поділки шкали приладу – це різниця значень фізичної величини, яка відповідає, згідно коду, сусіднім позначкам шкали засобу вимірювальної техніки (далі ЗВТ).

Значення шкали приладу – деяке значення вимірюваного розміру фізичної величини, яке відповідає кожній поділці шкали.

Початкове та кінцеве значення шкали приладу – значення фізичної величини, які відповідають початку і кінцю шкали вимірювального приладу.

Границя вимірювань – це найбільше чи найменше значення діапазону вимірювань.

Нижня границя – це найменше значення діапазону вимірювання.

Верхня границя – це найбільше значення діапазону вимірювання.

Діапазон показів шкали приладу – це область значень шкали приладу, обмежена нижньою і верхньою границями показів.

Діапазон вимірювань – область значень вимірюваної величини, для якої нормовані межі допустимих похибок.

Покази засобу вимірювальної техніки – це номінальне значення вхідної фізичної величини або інформаційного параметру вхідного сигналу, який отриманий в наслідок розкодування за допомогою відлікового пристрою ЗВТ.

Відлік – число, зчитане з шкали відліковому пристрою.

Показчик – частина відлікового пристрою, яка визначає покази ЗВТ відносно відміток шкали.

Залежно від конструкції відлікового пристрою поділки шкали розташовуються по прямій (*прямолінійна шкала*) (рис. 1.2а), дузі (*дугова шкала*) (рис. 1.2б) та колу (*кругова шкала*) (рис. 1.2в). Дугова шкала має центральний кут менший, а кругова – більше 180° . Крім того, шкала може бути *рівномірною* (рис. 1.2г, д, е, є) та *нерівномірною* (рис. 1.2ж, з). Рівномірна шкала має однакові відстані між відмітками тому зручніша для вимірювань, ніж нерівномірна, у якій ці відстані зазвичай змінюються за певним законом. У свою чергу нерівномірна шкала буває *суттєво нерівномірною* (рис. 1.2ж) та *степеневою* (рис. 1.2з). Під суттєво нерівномірною шкалою розуміють шкалу з поділками, що звужуються, на такій шкалі позначка, що відповідає півсумі початкового і кінцевого значення робочої частини шкали, розташована між 65 і 100% довжини цієї робочої частини (рис. 1.2ж). Під статечною шкалою розуміють шкалу з поділками, що розширюються або звужуються, але не потрапляють під визначення суттєво нерівномірних. Точність відліку показань за рівномірною шкалою вища, ніж за нерівномірною.

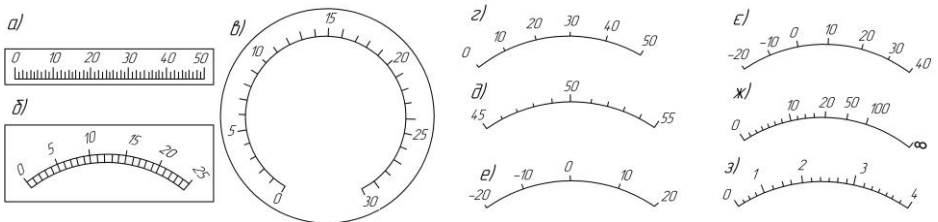


Рисунок 1.2 – Типи шкал

Якщо шкала приладу починається з нуля, вона називається *односторонньою* (рис. 1.2г), якщо позначки розташовані з обох боків від нуля – *двосторонньою* (рис. 1.2е, є). Іноді вимірювальні прилади виконуються з *односторонньою шкалою*, що починається не з нуля, а з деякого значення (*безнульова шкала*) (рис. 1.2д).

Показчиком або вказівником (рис. 1.3) у промислових вимірювальних приладах служить добре помітна на відстані *клинова* (рис. 1.3а) або *клинова стрижнева стрілка* (рис. 1.3б), тоді як точніші прилади забезпечуються *ножовою стрілкою* (рис. 1.3в), кінець якої має вигляд леза, розташованого перпендикулярно до площини шкали.

У рідинних скляних приладах показчиком є видимий рівень (*меніск*) рідини у вимірювальній трубці (рис. 1.4). Якщо рідиною є вода або спирт, то через хорошу змочуваність стінок утворюється увігнутий меніск і відлік показань проводиться по нижній його межі (рис. 1.4а), а у разі застосування ртуті – опуклий меніск, що дозволяє робити відлік по верхній його межі (рис. 1.4б).

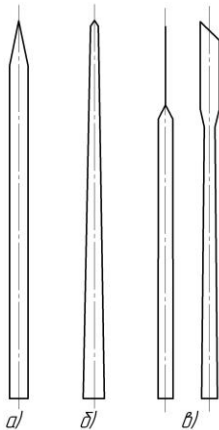


Рисунок 1.3 –
Вказівні стрілки
приладів

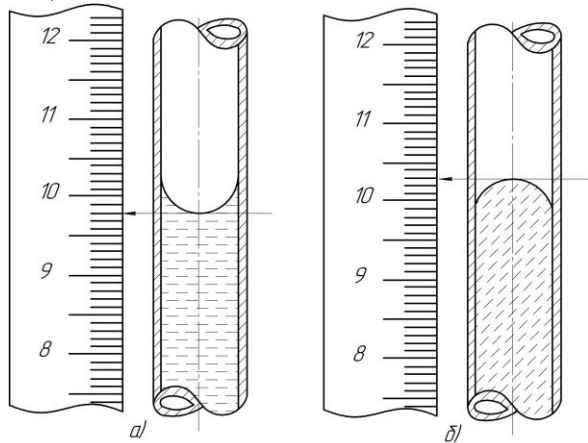


Рисунок 1.4 – Меніск рідини в скляній
вимірювальній трубці

Залежно від призначення, пристрою та принципу дії вимірювальні прилади мають різні метрологічні властивості.

Чутливість приладу – це здатність реагувати на зміни вхідного сигналу і визначається відношенням зміни сигналу на виході вимірювального приладу до зміни величини, що вимірюється на вході. Тобто чутливість приладу виражається ставленням лінійного або кутового переміщення показчика (стрілки, пера або рівня рідини) до зміни вимірюваної величини, що спричинило це переміщення.

$$S = \frac{\Delta l}{\Delta X}, \quad (1)$$

де Δl – переміщення показчика приладу, ΔX – відповідні зміни вимірювальної величини. Вираз (1) показує, що чим менше відхилення вимірюваної величини відзначається приладом, тим вище його чутливість. Чутливість приладу обернено пропорційна ціні поділки шкали, тому вищу чутливість мають прилади зі шкалою, що має невелику ціну поділки.

Поріг чутливості приладу – мінімальна зміна вхідного сигналу вимірювального приладу, що викликало зміну вихідного сигналу.

Швидкодія приладу характеризується інтервалом часу, необхідним для виробництва одного вимірювання. Швидкодія приладу залежить від його *інерційності*, що характеризує час з початку зміни вимірюваної величини до моменту показу його приладом. Інерційність приладів у більшості випадків викликається тепловими, механічними та гідравлічними факторами. Чим швидкодійочим є прилад, тим вища його якість.

Надійність – властивість засобу вимірювань функціонувати при збереженні метрологічних та інших характеристик у заданих межах і режимах роботи. Тобто, це властивість зберігати працездатність протягом заданого часу. Часто в технічній документації на прилад вказується можливість безвідмовної роботи в заданому інтервалі часу.

Точність – це властивість вимірювального приладу, яка визначається ступенем достовірності його показань, тобто тим, наскільки результати вимірювань відрізняються від дійсних значень вимірюваної величини.

Клас точності приладу – це узагальнена характеристика засобів вимірювання, що виражається межами значень його основної і додаткової похибок, що допускаються, а також іншими характеристиками, що впливають на його точність.

2. Хід роботи

1. Оглянути вимірювальні прилади для вимірювання різних фізичних величин.
2. Вказати назву приладу та фізичну величину, що він вимірює.
3. Назвати тип шкали.
4. Зазначити верхню і нижню межу шкали.
5. Визначити ціну поділки та чутливість приладу.

$$C = \frac{X_2 - X_1}{N}, \quad (2)$$

де N – кількість поділів на ділянці між двома сусідніми числовими відмітками X_1 та X_2 – значення фізичної величини, що відповідають двом сусіднім числовим відміткам.

$$S = \frac{1}{C}, \quad (3)$$

6. Встановити клас точності приладу.
7. Всю інформацію занести до таблиці 1.1.

Результати вивчення будови та властивостей вимірювальних приладів

№ з/п	Назва приладу	Тип шкали	Тип стрілки	Верхня і нижня межа	Ціна поділки	Чутливість	Клас точності приладу
1							
2							
...							
N							

8. Зробити відповідні висновки.

3. Запитання для самоконтролю

1. Назвіть призначення вимірювальних приладів.
2. Що таке вимірювальний та відліковий пристрої?
3. Що таке шкала приладу?
4. Назвіть типи шкал та їх основні елементи.
6. Назвіть типи показчиків вимірювальних приладів
7. Назвіть основні метрологічні властивості вимірювальних приладів.

Лабораторна робота № 2

ПРЯМІ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ВЕЛИЧИН ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБОК ПРИ ПРЯМИХ ВИМІРЮВАННЯХ

Мета: Виконати прямі вимірювання лінійних розмірів деталі та визначити похибки вимірювання.

1. Загальні відомості

Найпоширенішими та найпростішими видами вимірювання, що використовуються в промисловості є *прямі вимірювання*, тобто вимірювання, при яких шукане значення вимірюваної фізичної величини визначається безпосередньо за експериментальними даними з використанням вимірювальних приладів.

При прямих методах вимірювання лінійних величин значення можна отримати за допомогою лінійки, штангенциркуля, мікрометра, тощо.

Лінійка – це інструмент у вигляді вузької пластини з нанесеною на неї шкалою, який призначений для вимірювання невеликих відстаней (рис. 2.1).

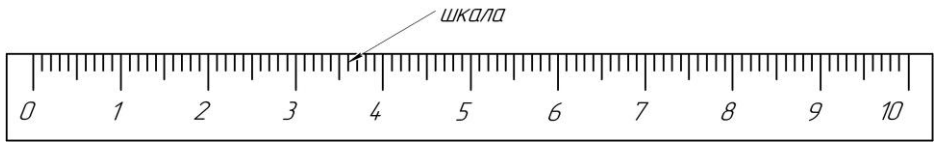


Рисунок 2.1 – Схема лінійки

Штангенциркуль – універсальний вимірювальний прилад, призначений для високоточного вимірювання зовнішніх, внутрішніх розмірів та глибин отворів деталей (рис. 2.2).

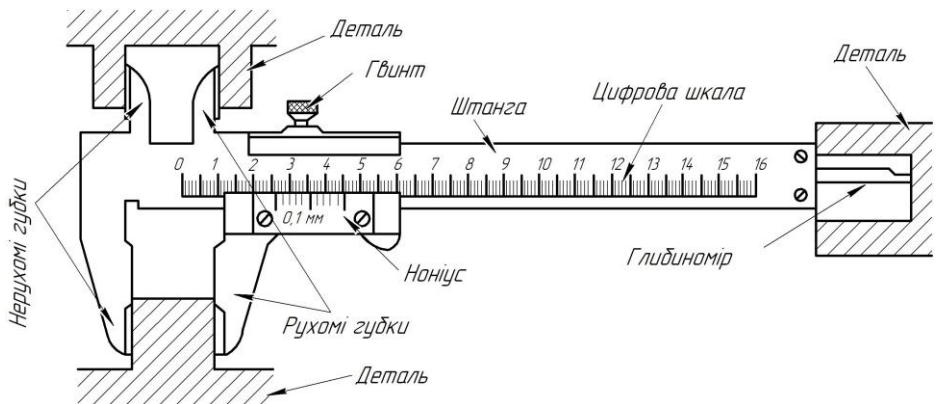


Рисунок 2.2 – Схема штангенциркуля

Мікрометр – це універсальний вимірювальний інструмент для високоточного визначення лінійних розмірів деталі (рис. 2.3).

Прямі вимірювання не можливо виконати абсолютно точно. Навіть при використанні найточніших вимірювальних приладів виникає *похибка вимірювання* – це відхилення (різниця) між результатом вимірювання та *істинним (дійсним)* значенням вимірюваної величини.

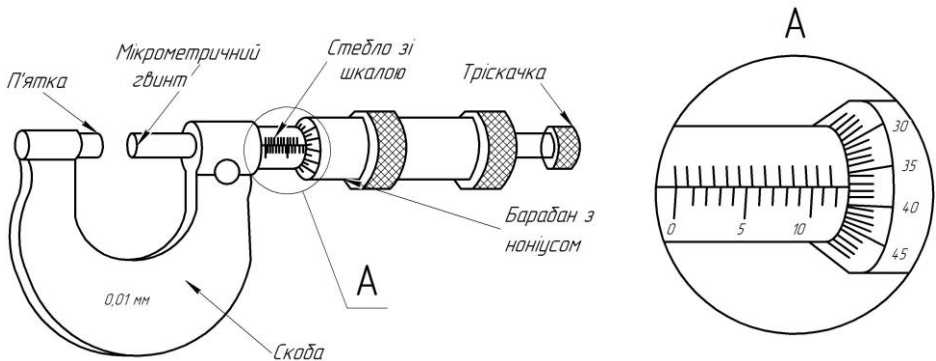


Рисунок 2.3 – Схема мікрометра

Істинне значення – це таке числове значення фізичної величини, яке виражає істинний (справжній) розмір величини, тобто це значення, яке ідеально б відображало певну властивість об'єкта.

Дійсне значення – це таке числове значення фізичної величини, яке визначається в результаті вимірювання і настільки близьким до істинного значення, що його можна приймати замість істинного значення для конкретної мети. Дійсне значення можна визначити:

$$X_0 = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}, \quad (1)$$

де X_0 – дійсне значення вимірюваної величини, X_1, X_2, X_n – значення вимірюваної величини, n – кількість вимірювань. Чим більша кількість вимірювань, тим більше дійсне значення наближається до істинного.

Залежно від вираження похибки вимірювання бувають абсолютними та відносними.

Абсолютна похибка вимірювання – це похибка засобу вимірювань, виражена в одиницях фізичної величини, що вимірюється, і характеризує абсолютне відхилення вимірюваної величини від дійсного значення фізичної величини:

$$\pm \Delta X = X - X_0, \quad (2)$$

де X – значення вимірюваної величини.

Відносна похибка вимірювання – це похибка вимірювання, виражена відношенням абсолютної похибки вимірювання до дійсного значення вимірюваної величини і виражена у відсотках:

$$\delta X = \left| \frac{\pm \Delta X}{X_0} \right| \cdot 100\% = \left| \frac{X - X_0}{X_0} \right| \cdot 100\%. \quad (3)$$

2. Хід роботи

1. Оглянути отримані деталі.
2. Здійснити трикратні прямі вимірювання лінійних розмірів деталі лінійкою, штангенциркулем та мікрометром.
3. Визначити дійсне значення лінійних розмірів.
4. Порахувати абсолютну та відносну похибку вимірювання.
5. Результати вимірювань та розрахунків занести до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Результати вимірювань лінійних розмірів деталі та визначення похибок

Назва приладу		Виміряні значення			Дійсне значення	Похибка						
		X ₁	X ₂	X ₃		Абсолютна			Відносна			
Лінійка	Розмір 1											
	Розмір 2											
	Розмір 3											
Штангенциркуль	Розмір 1											
	Розмір 2											
	Розмір 3											
Мікрометр	Розмір 1											
	Розмір 2											
	Розмір 3											

6. Накреслити деталь з дійсним значенням лінійних розмірів (при необхідності використати масштабування).
7. Зробити відповідні висновки.

3. Запитання для самоконтролю

1. Що таке прямі вимірювання?
2. Якими вимірювальними приладами можна виконати вимірювання лінійних величин?
3. Що таке похибка?
4. Що таке істинне значення виміряної величини?
5. Що таке дійсне значення виміряної величини?
6. Як визначити дійсне значення?
7. Що таке абсолютна похибка?
8. Як визначити абсолютну похибку?
9. Яка розмірність абсолютної похибки?
10. Що таке абсолютна похибка?
11. Як визначити абсолютну похибку?

12. Яка розмірність абсолютної похибки?

Лабораторна робота № 3

НЕПРЯМІ ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБОК ПРИ НЕПРЯМИХ ВИМІРЮВАННЯХ

Мета: Виконати непрямі вимірювання фізичних величин та визначити похибки вимірювання.

1. Загальні відомості

В лабораторній практиці більшість вимірювань – це *непрямі вимірювання*, результат яких визначається на основі прямих вимірювань фізичних величин, що пов'язані з вимірюваною величиною відомою залежністю:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

де y – шукана величина, яка є функцією фізичних величин x_1, x_2, \dots, x_n , які визначаються прямим методом. Тобто непрямі вимірювання – це вимірювання, результат якого розраховується за формулою.

Оскільки кожен із аргументів x_n вимірюється з деякою похибкою, то завдання оцінювання похибки результату зводиться до підсумовування похибок вимірювання аргументів. Похибки вимірювання аргументів x_n можуть бути задані своїми межами Δx_n . При малій кількості аргументів (менше п'яти) проста оцінка похибки результату Δy виходить простим підсумовуванням граничних похибок (не враховуючи знака), тобто підстановкою меж $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$ у вираз:

$$\Delta y = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots + \Delta x_n. \quad (2)$$

2. Хід роботи

1. Виконати одноразові вимірювання геометричних розмірів деталі засобами вимірювань різної точності: штангенциркулем та лінійкою. Результати вимірювань записати у таблицю 1

2. Визначити об'єм деталі.

3. Визначити відносну похибку вимірів, виражену у відносних одиницях.

$$\delta_V = \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta h}{h}. \quad (3)$$

4. Визначити абсолютну похибку обчислення об'єму

$$\Delta V = \delta_V \cdot V . \quad (4)$$

5. Округлити похибки вимірювань та записати результат вимірювань об'ємів

$$V = (V \pm \Delta V) . \quad (5)$$

Результати вимірювання об'єму

Вимірювальний параметр	Деталь 1					ШЦ				
	лінійка									
Розмір 1	1	2	3	сер	Δ	1	2	3	сер	Δ
Розмір 2										
Розмір 3										
Об'єм V , мм ³										
δ_V , мм ³										
ΔV , мм ³										
$V = (V \pm \Delta V)$, мм ³										

6. Виміряти геометричні розміри зразків за допомогою штангенциркуля, причому вимірювання проводити за середніми перерізами зразків. Отримані результати вимірювань занести до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Результати вимірювання

Матеріал і форма зразка	Геометричні розміри зразка, м						Об'єм зразка V , м ³	Маса зразка m , кг	Густина матеріалу ρ , кг/м ³
	Розмір 1	1	2	3	сер	Δ			
Деталь 1	Розмір 1								
	Розмір 2								
	Розмір 3								
Деталь 1	Розмір 1								
	Розмір 2								
	Розмір 3								

7. За розрахованою густиною визначити матеріал, з якого виготовлено деталь.

8. Зробити відповідні висновки.

3. Запитання для самоконтролю

1. Що таке непрямі вимірювання?

2. Як знайти абсолютну похибку при непрямих вимірюваннях при невеликій кількості аргументів?
3. Як знайти відносну похибку при непрямих вимірюваннях?
4. Як визначити абсолютну похибку обчислення об'єму?
5. Як потрібно записати результат вимірювань об'ємів?

Лабораторна робота № 4

ВИМІРЮВАННЯ НАПРУГИ ПРИ ПОСТІЙНОМУ СТРУМІ І ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ

Мета: Ознайомитися з типовим цифровим мультиметром (тестером) та методикою вимірювання напруги при постійному струмі

1. Загальні відомості

Цифровий мультиметр (рис. 4.1) – це універсальний вимірювальний прилад, що призначений для вимірювання двох або більше електричних величин. Найчастіше його використовують для вимірювання напруги, сили струму та опору.

Основні функції мультиметра

- вимірювання постійної та змінної напруги;
- вимірювання постійного та змінного струму;
- вимірювання опорів;
- вимірювання електричної ємності конденсаторів;
- виконання діодної та транзисторної перевірки;
- вимірювання частоти та ін.

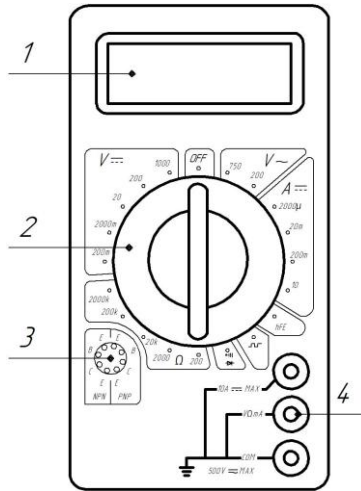


Рисунок 4.1 – Схема мультиметра: 1 – цифровий дисплей, 2 – поворотний перемикач функцій та діапазонів, 3 – роз'єм для вимірювання транзисторів, 4 – роз'єми для підключення вимірювальних провідників

Для вимірювання напруги, сили струму або величини опору використовують два вимірювальні провідники – червоний та чорний. Чорний називається "Спільним" і завжди підключається до роз'єму «СОМ». Для вимірювання напруги або величини опору червоний вимірювальний провідник підключається до роз'єму «VΩ».

3. Хід роботи

1. Перевірити справність джерела живлення, повернувши перемикач функцій в положення \mathcal{E} \rightarrow \mathcal{E} . При цьому на дисплеї з'явиться «1». Якщо джерело живлення працює, то при дотиканні червоного та чорного провідників буде виникати звуковий сигнал, а на дисплеї з'явиться «000» або «001». Якщо звуковий сигнал відсутній, а на дисплеї з'явиться значок батареї, то елемент живлення потрібно замінити.

2. Для вимірювання напруги при постійному струмі перемикач встановлюють в зону постійної напруги $V_{\text{---}}$ таким чином, щоб межа вимірювання була більшою за можливе значення вимірюваної напруги. Якщо мультиметром буде вимірюватися напруга, величина якого заздалегідь невідома, то перемикач повертають у положення максимальної напруги – «1000V» в зоні постійної напруги або положення максимальної напруги «750V» в зоні змінної напруги V_{\sim} .

3. Виміряти напругу гальванічного елемента (акумуляторної батарейки) на різних діапазонах та визначити похибку вимірювання.

4. Результати вимірювання та розрахунку занести до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Результати вимірювання напруги

Діапазон вимірювання	Показ мультиметра	Похибка вимірювання		Висновок про правильність вибраного діапазону
		Абсолютна	Відносна	
200mV				
2000mV				
20V				
200V				
1000V				

5. Похибка вимірювання мультиметра вказується в паспорті приладу і для різного діапазону вимірювання вона може відрізнятись (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Специфікація та точність приладу при вимірюванні напруги

Діапазон	Роздільна здатність	Точність
200mV	100 μ V	$\pm(0,5\%+3)$
2000mV	1mV	$\pm(0,8\%+5)$
20V	10mV	
200V	100mV	
1000V	1V	$\pm(1\%+5)$

6. Зробити відповідні висновки.

3. Запитання для самоконтролю

1. Що таке мультиметр?
2. Яке призначення мультиметра?
3. Назвіть основні функції мультиметра.
4. З чого складається мультиметр?
5. Як перевірити справність джерела живлення в мультиметрі?
6. Як визначити абсолютну та відносну похибку вимірювання мультиметром?

Лабораторна робота № 5

ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ ВИПАДКОВИХ І СИСТЕМАТИЧНИХ ПОХИБКАХ

Мета: Ознайомитися з методами визначення випадкових та систематичних похибок вимірювань і навчитися правильно оцінювати вимірювану фізичну величину і похибку вимірювання

1. Загальні відомості

При проведенні будь-яких вимірювань виникають похибки, які можна поділити на систематичні та випадкові.

Систематичні похибки – це похибки, які виникають через обмежену точність вимірювальних приладів, неправильне калібрування та шкали приладу, неточного методу вимірювання, зовнішніх впливів на процес вимірювання, тощо. Основною особливістю систематичних похибок є те, що виміряні значення відхиляються від істинного значення завжди в ту саму сторону і на одну й ту ж величину. Повторними вимірами системну похибку усунути або зменшити не можливо, проте її можна оцінити, провівши виміри більш точними приладами або змінити методику вимірювань, і надалі цю похибку враховувати при обчисленні.

Випадкові похибки – це похибки, що виникають внаслідок мінливості умов експерименту, недосконалості органів чуття людини, характеру самої вимірюваної величини, що спотворюють результати вимірювань тощо. Основною особливістю випадкових похибок є те, що виміряні значення відхиляються від істинного значення то в одну, то в іншу сторону на довільну величину. Випадкові похибки можна зменшити, збільшуючи число вимірювань, причому зі зростанням числа таких вимірювань помилка зменшується пропорційно $1/\sqrt{n}$ (де n – число вимірювань в однакових умовах).

Серед випадкових похибок виділяють грубі похибки – *промахи*, що виникають внаслідок неуважності експериментатора або недостатньої його кваліфікації та досвіду, сильні раптові зовнішні впливи на вимірювальний пристрій, пошкодження або перешкоди, які не можна вважати суб'єктивними, тощо. Основною особливістю промахів є те, що його величина різко виділяється із серії однотипних вимірів. При обробці результатів експерименту промахи необхідно виключити і по можливості провести повторні вимірювання.

1.1. Визначення систематичної похибки

Систематична похибка вимірювання складається з трьох складових: основної інструментальної похибки $\Delta_{\text{осн}}$, додаткової інструментальної $\Delta_{\text{дод}}$ та методичної похибки $\Delta_{\text{М}}$.

Основна інструментальна похибка визначається за класом точності приладу при нормальних умовах: температура навколишнього середовища $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$; відносна вологість $(65 \pm 15)\%$; напруга мережі живлення $(220 \pm 15)\text{В}$ частотою $(50 \pm 0,1)$ Гц, тощо. Якщо клас точності приладу представлений у вигляді границі приведеної похибки

$$\gamma = \frac{\Delta_{\text{осн}} \cdot 100}{X_N}, \quad \text{то} \quad \Delta_{\text{осн}} = \frac{\gamma \cdot X_N}{100}, \quad (1)$$

де X_N – нормуюче значення покази приладу, тобто умовно прийняте значення, яке може дорівнювати верхній межі вимірювань, діапазону вимірювань, довжині шкали та ін. Якщо шкала приладу одностороння і починається з «0», то X_N дорівнює верхній межі шкали приладу. Якщо шкала приладу одностороння, а нижня межа шкали не дорівнює «0», то X_N дорівнює різниці між верхньою та нижньою шкалами приладу (максимальним і мінімальним значенням). Якщо шкала приладу двостороння, то X_N дорівнює ширині діапазону вимірювання приладу.

Якщо клас точності приладу представлений у вигляді відношення c/d , то у відносному вигляді основну інструментальну похибку вимірювання $\delta_{\text{осн}}$ можна визначити за формулою:

$$\delta_{\text{осн}} = \pm \left[c + d \left(\frac{X_K}{X} - 1 \right) \right], \quad (2)$$

де X_K – кінцеве значення діапазону вимірювального приладу, X – виміряне значення. Тоді в абсолютному вигляді основна інструментальна похибка визначається:

$$\Delta_{\text{осн}} = \frac{\delta_{\text{осн}} \cdot X}{100}. \quad (3)$$

Додаткова інструментальна похибка приладу вимірювань виникає додатково до основної інструментальної похибки внаслідок відхилення умов експлуатації засобу вимірювання від нормальних. Її значення або зв'язок з основною інструментальною похибкою вказується у технічних характеристиках засобу вимірювання.

Методична похибка виникає через недосконалість методу вимірювання, вплив засобів вимірювання на об'єкт, властивість якого

вимірюється, тобто у кожному конкретному випадку методична похибка оцінюється по-різному. При правильному виконанні вимірювання методична похибка має бути незначною.

Сумарна систематична похибка вимірювання визначається за формулою:

$$\Delta_c = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta_{c_i}^2}, \quad (4)$$

де k – коефіцієнт, що залежить від заданої довірчої ймовірності P (при $P = 0,95$, коефіцієнт k приймають рівним 1.1), Δ_{c_i} – складова систематичної похибки, n – кількість складових систематичної похибки ($m = 1 \dots 3$).

1.2. Визначення випадкової похибки

Випадкова похибка вимірювання визначається за формулою:

$$\Delta_{\text{вип}} = k \cdot S', \quad (5)$$

S' – оцінка середньоквадратичного відхилення випадкової похибки вимірювання, яка при багаторазових вимірюваннях визначається за формулою:

$$S' = \sqrt{\frac{S^2}{n}}, \quad (6)$$

S – дисперсія результатів спостережень:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - X_0)^2, \quad (7)$$

n – кількість вимірювань, X_i – значення виміряної величини, X_0 – дійсне значення виміряної величини.

При невеликій кількості вимірювань коефіцієнт k заміняють коефіцієнтом t -розподілу Стьюдента (табл.5.1), тоді випадкова похибка матиме вигляд:

$$\Delta_{\text{вип}} = t \cdot S'. \quad (8)$$

Таблиця 5.1

t -розподіл Стьюдента

n	Ймовірність P		n	Ймовірність P	
	0,95	0,99		0,95	0,99
3	4,30	9,92	12	2,20	3,11
4	3,18	5,84	13	2,18	3,06
5	2,78	4,60	14	2,16	3,01

6	2,57	4,03	15	2,14	2,98
7	2,45	3,71	17	2,12	2,92
8	2,37	3,50	20	2,09	2,87
9	2,31	3,36	22	2,07	2,82
10	2,26	3,25	24	2,06	2,80
11	2,23	3,17	30	2,04	2,76

2. Хід роботи

1. Виконати прямі вимірювання фізичної величини.
2. Згідно технічних характеристик засобу вимірювання встановити клас точності.
3. Визначити значення випадкової та систематичної похибки вимірювання.
4. Результати вимірювання та розрахунків внести до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Визначення випадкової та систематичної похибки вимірювання

№ з/п	Виміряні значення			Дійсне значення X_0	Похибки вимірювання		
	X_1	X_2	X_3		Випадкова $\Delta_{\text{вип}}$	Систематична $\Delta_{\text{осн}}$	Сумарна $\Delta_{\text{сум}}$
1							
2							
...							
n							

5. Зробити відповідні висновки.

3. Запитання для самоконтролю

1. Назвіть визначення систематичній похибці та причини її виникнення.
2. Назвіть визначення випадкової похибці та причини її виникнення.
3. Що таке промах та причини його виникнення?
4. Які складові систематичної похибки? Як вони визначаються?
5. Як визначити випадкову похибку?

Лабораторна робота № 6

ПЕРЕВІРКА ВІДПОВІДНОСТІ ЯКОСТІ ВИРОБІВ ЕТАЛОНУ

Мета: Ознайомитися зі способами перевірки якості виробів в порівнянні з еталонним зразком

1. Загальні відомості

Якість виробу – сукупність властивостей виробу, що зумовлюють його придатність задовольняти певні потреби відповідно до його призначення.

Перевірка – процедура оцінювання відповідності виробу до еталонного зразка шляхом спостереження, вимірювання, випробування, тощо.

Якість виробів перевіряють відповідно до чинних стандартів.

Під *контролем якості* розуміють перевірку відповідності показників якості продукції встановленим вимогам. Згідно контролю якості встановлюється придатність виробу до використання або встановлюють дефект виробу.

Придатний виріб – виріб, який задовольняє всім встановленим вимогам.

Дефект – кожна окрема невідповідність виробу до встановлених вимог.

Дефектний виріб – виріб, що має хоча б один дефект.

Еталонний зразок – це зразок виробу, який затверджується у відповідному порядку, показники якості якого приймаються за базові. Еталонний зразок виготовляють з метою його використання для порівняння з ним аналогічних показників даного виду продукції при промисловому виготовленні, випробуваннях, прийманні, постачанні, тощо. Тобто це одиниця готового товару, на показники якості якого буде орієнтовано подальше виробництво продукції.

2. Хід роботи

1. Експериментальним шляхом отримати вибірку виробу по напрузі та силі струму.
2. Встановити об'єм N та варіаційний ряд вибірки.
3. Визначити відносні частот вибіркової сукупності:

$$\omega_i = \frac{N}{n_i}, \quad (1)$$

n_i – кількість значень у вибраному діапазоні вибірки.

4. Побудувати гістограму відносних частот вибіркової сукупності (рис. 6.1).

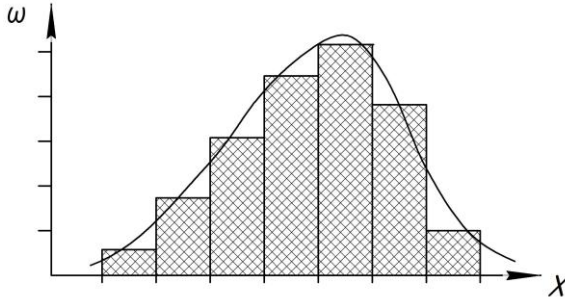


Рисунок 6.1 – Відносних частот вибіркової сукупності

5. Перевірити відповідність якості виробу еталону за залежністю:

$$K_y = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n, \quad (2)$$

де K_1, K_2, K_n – коефіцієнти якості відповідних параметрів виробу:

$$K_n = \frac{P_\phi^n}{P_e}, \quad (3)$$

P_ϕ^n – фактичне значення параметру виробу, P_e – значення параметру еталонного зразка.

6. Всі вимірювання та розрахунки звести до таблиці 6.1 та 6.2.

Таблиця 6.1

Результати вимірювання напруги та сили струму

№ вимірювання		X_1	X_2	...	X_n
Напруга	Виміряне значення				
	K_n^U				
Сила струму	Виміряне значення				
	K_n^I				
Якість виробу K_y					

Варіаційний ряд та відносні частоти вибірки по напрузі (по силі струму)

X_1	X_1	X_2	X_3	...	X_i
n_i					
ω_i					

7. Зробити відповідні висновки.

3. Запитання для самоконтроля

1. Що таке якість виробу?
2. Що таке контроль якості?
3. Що таке еталонний зразок?
4. Як називається виріб, що відповідає всім встановленим вимогам?
5. Що таке дефект та дефектний виріб?

Лабораторна робота № 7

ЗАСТОСУВАННЯ ШТРИХ-КОДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ТОВАРІВ ТА ПОСЛУГ

1. Загальні відомості

Штриховий код – це спеціальний символ, який наносять на товар або його упаковку у вигляді почергових темних і світлих смуг різної ширини. Кожна цифра в штриховому коді складається з двох штрихів і двох прогалін, а їх розміри стандартизовані. Найвужчий штрих вважається одиницею. Штриховий код – це ще один з методів автоматичної ідентифікації товару, який призначений для наступних цілей.

- для швидкого визначення товару та виробника;
- для пришвидшення та скорочення вартості проведення торгових операцій;
- для швидкого керування та відслідковування процесу переміщення товарів, тощо.

Штрихові коди знаходять своє застосування в різних галузях народного господарства, таких як промислове виробництво, оптова та роздрібна торгівля, транспорт, складське господарство, митний контроль, банківська справа, охорона здоров'я, страхування, видавництво та інші.

Штрихові коди умовно поділяються на такі типи:

- товарний тип, який має штриховий та цифровий ряди (рис. 7.1);
- технологічний тип, який має лише штриховий ряд.



Рисунок 7.1 – Зразок товарного типу штрих-кода

У цифровому ряді відображаються коди країни, виробника, товару, а також контрольна цифра, за допомогою якої можна визначити, чи товар є справжнім, чи сфальсифікованим.

2. Хід роботи

1. Ознайомитися з особливостями застосування штрихових кодів.
2. Просканувати отримані штрих-коди та встановити: країну-виробника, тип товару, справжність товару, тощо.
3. Справжність товару визначається за контрольною цифрою за наступним розрахунком:

а) додати всі цифри, які стоять на парному місці. Наприклад, згідно рис. 7.1

$$0+6+4+3+8+2=23.$$

б) отримане значення необхідно помножити на три

$$23 \cdot 3 = 69.$$

в) додати цифри, які стоять на непарному місці (без контрольної цифри)

$$8+0+5+0+1+5=19.$$

г) додати значення, отримані в пунктах б) та в)

$$69+19=88.$$

г) в отриманому значенні не враховувати десятки

$$8.$$

д) від 10 потрібно відняти число з пункту г)

$$10-8=2.$$

Отримане значення і є контрольною цифрою. Якщо розрахункове значення збігаються з цифрою на штрих-коді, то товар справжній, а якщо – ні, то товар виготовлено незаконно.

4. Визначені параметри внести до таблиці 7.1.

Таблиця 7.1

Результати аналізу штрихових кодів

№ з/п	Штрих-код	Країна виробник	Вид товару	Контрольна цифра	Наявність ліцензії
1	80065403018522	Італія	шампунь	2/2	так
2					
...					
n					

5. Зробити відповідні висновки.

3. Запитання для самоконтролю

1. Що штрих-код?
2. Для чого використовують штрихові коди?
3. Де використовуються штрихові коди?
4. Назвіть типи штрихових кодів.
5. Що відображається в цифровому ряді штрих-кода?
6. Для чого потрібна контрольна цифра в штрих-коді?

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Метрологія та стандартизація в теплоенергетиці [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського І УПА (м. Харків); уклад.: Л. О. Кесова, В. І. Промоскаль, В. В. Червоний. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 451 с. URL: <https://cutt.ly/MwsE6103>

2. Тарасова В. В., Малиновський А. С., Рибак М. Ф. Метрологія, стандартизація і сертифікація : підручник / За заг. Ред. В. В. Тарасової. К. : Центр навчальної літератури, 2006. 264 с.

3. Сусліков Л. М., Студеняк І. П. Метрологія та вимірювання : навчальний посібник. Ужгород : Видавництво УжНУ, 2014. 292 с.

4. Саранча Г. А. Метрологія, стандартизація, відповідність, акредитація та управління якістю : підручник. К. : Центр навчальної літератури, 2006. 672 с.

5. Метрологія і стандартизація в енергетиці : навчальний посібник / Туяхов А. І., Ілющенко В. І., Саф'янець С. М., Смірнов О. М., Гридін С. В. Донецьк : Норд, 2012. 308 с.

6. Метрологія та вимірювальна техніка : підручник / Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець, В. О. Яцук, В. М. Ванько, Т. Г. Бойко ; За ред. проф. Є. С. Поліщука. Львів : Видавництво «Бескид Біт», 2003. 544 с.

7. Єрмілова Н. В., Кислиця С. Г. Навчальний посібник до самостійного вивчення курсу «Основи метрології і електричних вимірювань» для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання. Полтава : ПолтНТУ, 2017. 141 с.

8. Основи стандартизації, метрології та управління якістю : навчальний посібник / Машта Н. О., Бенчук О. П., Бенчук Г. П., Акімова Л. М., Дейнега О. В. Рівне : О. Зень, 2015. 388 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/6450>