

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять

з навчальної дисципліни «Основи метрології»

Модуль 1 «Основи метрології і вимірювань»

для студентів спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна
техніка»

Затверджено

редакційно-видавничою радою

університету,

протокол №1 від 28.01.22 р.

Харків

НТУ «ХПІ»

2022

Методичні вказівки до практичних занять з навчальної дисципліни «Основи метрології» Модуль 1 «Основи метрології і вимірювань» для студентів спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» / уклад. М.М. Сіренко – Харків : НТУ «ХПІ». – 23 с.

Укладач: М.М. Сіренко

Рецензент С.Г. Львов

Кафедра комп'ютерних та радіоелектронних систем контролю та діагностики

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Практичне заняття 1. Одиниці фізичних величин.....	5
1.1. Методичні вказівки з підготовки до заняття 1.....	5
1.2. Основні відомості про систему одиниць SI.....	5
1.3. Приклад розв'язання типового завдання.....	7
1.4. Завдання для розв'язання на практичному занятті.....	7
1.5. Завдання для самостійної роботи.....	8
1.6. Контрольні запитання.....	9
2. Практичне заняття 2. Метрологічні характеристики аналогових вимірювальних приладів.....	10
2.1. Методичні вказівки з підготовки до заняття 2.....	10
2.2. Метрологічні характеристики вимірювальних приладів....	10
2.3. Завдання для розв'язання на практичному занятті.....	12
2.4. Завдання для самостійної роботи.....	13
2.5. Контрольні запитання.....	14
3. Практичне заняття 3. Визначення похибок вимірювань.....	14
3.1. Методичні вказівки з підготовки до заняття 3.....	14
3.2. Приклад розв'язання типового завдання.....	15
3.3. Завдання для розв'язання на практичному занятті.....	16
3.4. Завдання для самостійної роботи.....	16
3.5. Контрольні запитання.....	18
4. Практичне заняття 4. Класи точності вимірювальних приладів....	18
4.1. Методичні вказівки з підготовки до заняття 4.....	18
4.2. Приклад розв'язання типового завдання.....	19
4.3. Завдання для розв'язання на практичному занятті.....	20
4.4. Завдання для самостійної роботи.....	20
4.5. Контрольні запитання.....	21
Список літератури.....	22

ВСТУП

Метою вивчення дисципліни «Основи метрології» є формування у студента теоретичних знань з основ метрології і принципів побудови електромеханічних вимірювальних приладів, а також набуття практичних навичок застосування видів, методів і засобів вимірювань, обробки результатів вимірювань і розрахунку характеристик засобів вимірювання.

Програма дисципліни структурно складається з 4 тем, з яких теми 1 і 2 спрямовані на вивчення теоретичної метрології, а теми 3 і 4 - на отримання знань з конструкцій і принципів дії електромеханічних приладів.

Особлива увага приділяється професійній практичній підготовці. Дані методичні вказівки розроблені для виконання чотирьох практичних занять модуля 1 «Основи метрології і вимірювань». Їх структура включає методичні вказівки з підготовки до заняття, стислих теоретичних відомостей щодо теми заняття, прикладу розв'язання типового завдання, завдань для розв'язання на практичному занятті і завдань для самостійної роботи. Після виконання практичних завдань кожного заняття студенту рекомендовано відповісти на запитання для самоконтролю.

Список літератури наведений наприкінці цих методичних вказівок. Посилання на конкретні джерела також наведені в рекомендаціях по підготовці до практичного заняття.

При виконанні завдань студентом обирається варіант по останній цифрі порядкового номеру його прізвища в журналі академічної групи.

Для інформаційно-методичного забезпечення самостійної роботи створений електронний навчальний ресурс, до складу якого також входять програма навчальної дисципліни; конспект лекцій; методичні вказівки до лабораторних та практичних занять, і до курсової роботи; електронні джерела інформації. Доступ до цього ресурсу забезпечує викладач.

1. ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1.

ОДИНИЦІ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН

1.1. Методичні вказівки з підготовки до заняття 1

Потрібно вивчити розділ 1.2 конспекту лекцій «Фізична величина, її характеристики і одиниці». Рекомендованою є література [1-5].

Слід звернути увагу, що в Україні законодавчо встановлена дія міжнародної системи SI одиниць фізичних величин, в якій виділені 7 основних одиниць фізичних величин [1-5].

Необхідно ознайомитися з правилом утворення похідних одиниць фізичних величин через основні одиниці системи SI, розібрати алгоритм отримання похідних одиниць, запам'ятати їх назви і позначення [1-5].

Потрібно запам'ятати, що десяткові кратні і часткові одиниці в системі SI утворюються з основних або похідних одиниць за допомогою множників і приставок. Також важливо запам'ятати назви приставок десяткових кратних і часткових одиниць, відповідні множники [1-5].

Слід ознайомитися з прикладом розв'язання типового завдання.

1.2. Основні відомості про систему одиниць SI

Одиниця фізичної величини - це фізична величина розміру, чисельне значення якого дорівнює 1, прийнята за угодою для кількісного відображення однорідних з нею величин [1-6].

Сукупність певних одиниць фізичних величин утворюють систему таких одиниць. В системі SI одиниць фізичних величин прийняті основні і похідні одиниці. Також одиниці можуть бути кратними і частковими.

В системі SI прийняті 7 основних одиниць фізичних величин [1-5]:

- одиниця довжини - метр;
- одиниця маси - кілограм;
- одиниця часу - секунда;
- одиниця сили струму - Ампер;

- одиниця термодинамічної температури - Кельвін;
- одиниця кількості речовини - моль;
- одиниця сили світла - кандела.

Похідні одиниці фізичних величин утворюються з основних одиниць шляхом застосування математичного виразу фізичного закону або визначення фізичної величини, для якої вона вводиться. Тому розмірність похідної одиниці $[Q]$ є добутком піднесених до певних ступенів розмірностей основних одиниць з використанням співвідношення

$$[Q] = [M]^{\alpha} \cdot [L]^{\beta} \cdot [T]^{\gamma} \cdot \dots, \quad (1.1)$$

де M - маса (кг), L - довжина (м), T - час (с) тощо.

Наприклад, швидкість - це відстань (довжина), яку тіло проходить за одиницю часу. Відповідно, одиниця вимірювання швидкості - це м/с (метр за секунду).

Похідним одиницям для зручності часто привласнюються найменування прізвищ видатних учених.

Часто одна і та ж одиниця може бути записана по-різному, за допомогою різного набору основних і похідних одиниць. Проте на практиці використовуються встановлені (або загальноприйняті) вирази, які якнайкраще відображають фізичний сенс величини. Наприклад, для запису значення моменту сил слід використати одиницю Н·м, і не слід використати м·Н або Дж (Джоуль).

Кратна одиниця фізичної величини - це одиниця, яка в ціле число разів більша системної або позасистемної одиниці, з яких вона утворюється.

Частковою є одиниця, яка в ціле число разів менша системної або позасистемної одиниці.

Десяткові кратні і часткові одиниці утворюються за допомогою множників і приставок, найменування і позначення яких наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Кратні і часткові одиниці

Множник	Найменування	Позначення	
		міжнародне	українське
10^{12}	тера	T	Т
10^9	гіга	G	Г
10^6	мега	M	М
10^3	кіло	k	к
10^2	гекто	h	г
10^1	дека	da	да
10^{-1}	деци	d	д
10^{-2}	санти	c	с
10^{-3}	мілі	m	м
10^{-6}	мікро	μ	мк
10^{-9}	нано	n	н
10^{-12}	піко	p	п

1.3. Приклад розв'язання типового завдання

Завдання 1.1. Отримати одиницю вимірювання частоти періодичних коливань.

Розв'язання. Частота періодичних коливань f - це величина, зворотна періоду таких коливань T :

$$f = 1/T. \quad (1.2)$$

Використовуючи правило утворення похідної одиниці, запишемо

$$[f] = [M]^\alpha \cdot [L]^\beta \cdot [T]^\gamma \cdot \dots = [M]^0 \cdot [L]^0 \cdot [T]^{-1} = c^{-1}. \quad (1.3)$$

Цій одиниці присвоєно ім'я видатного вченого Герца.

1.4. Завдання для розв'язання на практичному занятті

Завдання 1.2. Виведіть одиницю вимірювання сили.

Завдання 1.3. Розшифруйте позначення десяткових кратних і часткових одиниць наступних фізичних величин системи SI. Приведіть відповідні множники до основних або похідних одиниць.

Таблиця 1.2 - Дані для розв'язання завдання 1.3

Варіант завдання									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
пФ	кΩ	MS	МГц	ТОм	кДж	μWb	кПа	ТОм	МСм
μF	нФ	кДж	мг	кВ	mg	mV	мкс	мм	см
МГц	kV	GΩ	pF	μF	мм	пФ	кА	kV	кПа
мВб	mA	μs	kΩ	км	кВ	мВт	пФ	мГн	GHz
кОм	мг	нВ	μs	kW	нм	ms	GΩ	nF	кВт
nF	ГГц	мм	нА	мТл	пФ	км	mg	μs	мкФ
см	мГн	мВт	кН	мкс	ms	кА	см	пФ	мГн
мВт	ТОм	МГц	мТл	мН	MHz	nA	мс	mW	pF
mV	мкс	pF	nH	ГГц	nF	TΩ	МГц	МОм	kΩ

Завдання 1.4. Амперметром в електричному ланцюзі з резистором виміряна сила струму 100 мкА. Падіння напруги на резисторі 10 мВ. Визначити значення опору резистора, його електричну провідність і потужність споживання. Результати представити в похідних одиницях.

Завдання 1.5. Визначити магнітну індукцію в повітряному проміжку постійного магніту площею 1 см², якщо його пронизує магнітний потік 10 мкВб.

Завдання 1.6. Визначити силу, що діє на тіло масою 100 г, якщо його швидкість за 1 секунду збільшилася на 100 см/с.

1.5. Завдання для самостійної роботи

Завдання 1.7. Джерело живлення з напругою U було підключене до навантаження з опором R . Визначити силу струму в ланцюзі, потужність споживання і електричну енергію, спожиту навантаженням впродовж часу t .

Таблиця 1.3 - Дані для розв'язання завдання 1.7

Варіант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U, мВ	100	200	500	300	100	500	100	300	450	200
R, кОм	1,0	0,5	5,0	6	0,1	0,5	0,5	0,6	1,5	0,2
t, год.	1,0	0,5	3,0	2,5	1,5	5,0	3,5	1,0	2,0	0,5

Завдання 1.8. Визначити метал, з якого виконаний провідник довжиною l , якщо його діаметр d , а електричний опір R . Чисельні значення цих параметрів приведені в табл. 1.4 і в табл. 1.5 (в залежності від варіантів). Значення питомого електричного опору ρ різних металів приведені в табл. 1.6. Зверніть увагу, що вони приведені в Ом·мм²/м.

Таблиця 1.4 - Дані для розв'язання завдання 1.8 для варіантів 0-4

Варіант	0	1	2	3	4
l , см	10	50	80	100	50
d , мм	2,5	1,0	1,5	2,0	1,0
R , мОм	10,19	11,15	54,35	8,63	89,17

Таблиця 1.5 - Дані для розв'язання завдання 1.8 для варіантів 5-9

Варіант	5	6	7	8	9
l , см	50	25	10	500	25
d , мм	2,5	1,0	1,5	2,0	1,0
R , мОм	50,96	5,575	6,794	43,15	44,59

Таблиця 1.6 - Значення питомого електричного опору різних металів

Метал	Мідь	Ніхром	Алюміній	Сталь	Константан
ρ , Ом·мм ² /м	0,0175	1,2	0,0271	0,14	0,5

1.6. Контрольні запитання

- 1) Перерахуйте основні одиниці фізичних величин в системі SI.
- 2) Які правила утворення похідних одиниць. Наведіть приклади.
- 3) З яких одиниць і яким чином утворюються десяткові кратні і часткові одиниці. Наведіть приклади.
- 4) Розшифруйте позначення десяткових кратних і часткових одиниць, наведених викладачем.

2. ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2.

МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНАЛОГОВИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

2.1. Методичні вказівки з підготовки до заняття 2

Потрібно вивчити тему «Основні метрологічні характеристики засобів вимірювань» конспекту лекцій [1]. Рекомендованою є література [1-5]. Необхідно звернути увагу на визначення ціни поділки шкали аналогового вимірювального приладу, чутливості приладу до вимірюваної величини, варіації показів.

2.2. Метрологічні характеристики вимірювальних приладів

Діапазон показів вимірювального приладу - це інтервал значень вимірюваної величини, обмежений початковим і кінцевим її значеннями.

Початковим є мінімальне значення вимірюваної величини в діапазоні показів, відповідно кінцевим є її максимальне значення.

Діапазон вимірювань - це інтервал значень вимірюваної величини, в межах якого нормовані похибки приладу. На частково нерівномірних шкалах аналогових приладів діапазон вимірювань часто вказується двома крапками або однією крапкою його початок.

Межа вимірювання - це максимальне значення вимірюваної величини в діапазоні вимірювань. У приладів з однією межею вимірювання її значення визначається цифрою останньої поділки шкали. У приладів з багатьма межами значення межі визначаються по цифровій позначці встановленого перемикача межі вимірювання.

Ціна поділки шкали аналогового вимірювального приладу - це різниця значень вимірюваної величини, яка відповідає двом сусіднім поділкам шкали. Ціна поділки c визначається відношенням межі вимірювань x_n приладу до кількості N поділок його шкали:

$$c = x_n/N. \quad (2.1)$$

Покази приладу α визначаються за формулою

$$\alpha = ck, \quad (2.2)$$

де k - кількість поділок відхилення покажчика шкали від нульової поділки під час вимірювань.

Чутливість S_x вимірювального перетворювача - це відношення зміни вихідної величини Δy вимірювального перетворювача до зміни вхідної величини Δx , що її викликає:

$$S_x = \frac{\Delta y}{\Delta x}. \quad (2.3)$$

У аналогових приладів із рівномірними шкалами чутливість у будь-якій точці шкали є постійною величиною. Тому для цих приладів існує зв'язок між чутливістю та ціною поділки шкали:

$$S_x = 1/c. \quad (2.4)$$

Варіація показу β засобу вимірювань - це різниця між двома показами засобу вимірювань, коли одне й те ж значення вимірюваної величини досягається внаслідок її збільшення або зменшення.

Варіація показів β визначається при повторних показах приладу в процесі вимірювання однієї і тієї ж величини за незмінних умов і розраховується по формулі

$$\beta = \frac{x_1 - x_2}{x_n} 100\%, \quad (2.5)$$

де x_1 і x_2 - відповідно перший показ приладу при збільшенні вимірюваної величини та другий його показ при зменшенні цієї ж величини; x_n - нормоване значення (межа вимірювань) приладу.

2.3. Завдання для розв'язання на практичному занятті

Завдання 2.1. Під час повірки амперметра з межею вимірювання 10 А у точках шкали (I_x) 1 А, 2 А, 3 А, 4 А, 5 А, 6 А, 7 А, 8 А, 9 А, 10 А отримані покази зразкового амперметра, наведені в табл. 2.1 і у табл. 2.2 (в залежності від варіанту завдання). Причому ці покази отримані при збільшенні сили струму від «0» до максимального значення ($I_{0\uparrow}$) і зворотному зменшенні струму ($I_{0\downarrow}$). Шкала приладу рівномірна і має 100 поділок.

Необхідно визначити діапазон показів і діапазон вимірювань приладу; ціну поділки шкали приладу; чутливість приладу до вимірюваної величини. Результати занести до табл. 2.3 (перша форма).

Після цього визначити найбільші (з двох) значення абсолютних похибок; поправки; варіації показів приладу. Результати занести до табл. 2.4.

Таблиця 2.1 - Покази I_0 зразкового приладу для варіантів 0-4

Покази I_x, A	Варіант 0		Варіант 1		Варіант 2		Варіант 3		Варіант 4	
	$I_{0\uparrow}, A$	$I_{0\downarrow}, A$	$I_{0\uparrow}, A$	$I_{0\downarrow}, A$	$I_{0\uparrow}, A$	$I_{0\downarrow}, A$	$I_{0\uparrow}, A$	$I_{0\downarrow}, A$	$I_{0\uparrow}, A$	$I_{0\downarrow}, A$
1,0	0,98	1,02	0,98	1,02	0,96	0,96	0,92	1,02	0,97	1,02
2,0	1,97	1,98	1,97	2,01	1,97	1,97	1,87	1,98	1,92	2,06
3,0	3,00	3,01	3,00	3,04	3,00	3,00	3,00	3,14	3,04	3,05
4,0	3,98	4,02	3,93	4,02	3,96	3,96	3,96	4,02	3,9	4,02
5,0	4,99	5,03	4,99	5,05	4,93	4,93	4,93	5,06	4,99	5,03
6,0	5,97	6,00	5,97	6,08	5,97	5,97	5,97	6,00	5,93	6,09
7,0	6,98	7,03	6,95	7,01	6,95	6,95	6,94	7,08	6,99	7,11
8,0	7,98	8,00	7,94	8,03	7,94	7,94	7,94	8,03	7,91	8,03
9,0	9,00	9,04	9,00	9,04	9,00	9,00	9,00	9,04	9,02	8,94
10,0	9,98	9,99	9,98	9,92	9,98	9,98	9,98	9,95	9,98	9,96

Таблиця 2.1 - Покази зразкового I_0 приладу для варіантів 5-9

Покази I_x, A	Варіант 5		Варіант 6		Варіант 7		Варіант 8		Варіант 9	
	$I_{0\uparrow}, A$	$I_{0\downarrow}, A$	$I_{0\uparrow}, A$	$I_{0\downarrow}, A$	$I_{0\uparrow}, A$	$I_{0\downarrow}, A$	$I_{0\uparrow}, A$	$I_{0\downarrow}, A$	$I_{0\uparrow}, A$	$I_{0\downarrow}, A$
1,0	0,97	1,02	0,99	1,02	0,99	1,01	0,97	1,02	0,88	1,08
2,0	1,92	2,06	1,98	1,98	1,97	1,98	1,94	2,02	1,92	2,01
3,0	3,04	3,05	3,00	3,03	3,00	3,04	3,04	3,05	3,00	3,04
4,0	3,90	4,02	3,97	4,02	3,96	4,09	3,90	4,02	3,93	4,09
5,0	4,99	5,03	4,98	5,02	4,93	5,00	4,99	5,03	4,99	5,15
6,0	5,93	6,09	5,97	6,00	5,97	6,04	5,95	6,04	5,97	6,08
7,0	6,99	7,11	6,98	7,01	6,94	7,08	6,99	7,01	6,85	7,11
8,0	7,91	8,03	7,97	8,03	7,94	8,07	7,98	8,03	7,94	8,13
9,0	9,02	8,94	9,00	9,04	9,00	9,08	9,02	8,94	9,00	9,14
10,0	9,98	9,96	9,98	9,98	9,98	9,91	9,98	9,96	9,98	9,82

Таблиця 2.3 - Перша форма для значень метрологічних характеристик, що визначаються

Характеристика	Діапазон показів, А	Діапазон вимірювань, А	Ціна поділки c , А/под.	Чутливість S_I , под./А
Значення				

Таблиця 2.4 - Друга форма для значень метрологічних характеристик, що визначаються

Виміряні значення			Розраховані значення		
Покази приладу при його повірці I_x , А	Покази зразкового приладу I_0		Найбільша абсолютна похибка ΔI у точці шкали, А	Поправки c , А	Варіація показів β , %
	$I_{0\uparrow}$, А	$I_{0\downarrow}$, А			
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

2.4. Завдання для самостійної роботи

Завдання 2.2. Особистий варіант завдання обрати по останній цифрі свого порядкового номеру в журналі академічної групи Використовуючи дані табл. 2.1 або табл. 2.2 (у залежності від особистого варіанту) розрахувати абсолютну, відносну і зведену похибки вимірювань в кожній точці шкали.

При розрахунках у якості дійсного значення вимірюваної величини використати значення $I_{0\uparrow}$. Результати розрахунків занести до табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Значення метрологічних характеристик

Виміряні значення		Розраховані значення		
Покази приладу при його повірці I_x , А	Покази зразкового приладу $I_{0\uparrow}$, А	Абсолютна похибка ΔI , А	Відносна похибка δ , %	Зведена похибка γ , %

Завдання 2.3. Визначити ціни поділок c_i , чутливість s_U і покази приладу α_i на кожній з трьох меж вимірювання x_{ni} , якщо показчик (стрілка) шкали показує k_1 , k_2 і k_3 поділок відповідно. Шкала приладу має N поділок. Особистий варіант завдання обрати по останній цифрі свого номеру в журналі академічної групи, а дані для розв'язання завдання - з табл. 2.6.

Таблиця 2.6 - Дані для самостійної роботи над завданням 2.3

Варіант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x_{n1} , В	10	30	100	30	75	15	150	30	100	150
x_{n2} , В	30	150	150	75	150	30	300	75	10	15
x_{n3} , В	100	300	300	150	300	75	75	15	50	75
N , под.	100	30	100	150	150	150	150	150	100	150
k_1 , под.	90	25	87	138	125	110	140	145	85	128
k_2 , под.	87	30	98	70	100	125	148	95	100	132
k_3 , под.	75	28	70	130	90	145	112	115	75	95

2.5. Контрольні запитання

- 1) Дайте визначення всім метрологічним характеристикам вимірювального приладу, які Ви визначали на практичному занятті.
- 2) Якими елементами відрізняється прилад з багатьма межами від приладу з однією межею? Як визначаються ціни поділок шкал цих приладів?

3. ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБОК ВИМІРЮВАНЬ

3.1. Методичні вказівки з підготовки до заняття 3

Необхідно вивчити тему «Похибки вимірювань і засобів вимірювань» конспекту лекцій. Рекомендованою є література [1-6].

Потрібно вивчити визначення абсолютної, відносної і зведеної похибок, а також формули для їх розрахунку. Слід запам'ятати, що абсолютна похибка виражається в одиницях вимірюваної величини, а

відносна і зведена похибки - у відсотках. При цьому вимірювану величину x визначають за показами вимірювального приладу, а дійсні (умовно виміряні) значення x_0 вимірюваної величини на практиці визначають за допомогою більш точнішого (зразкового) вимірювального приладу.

Позначення в умовах завдань класу точності приладу однією цифрою означає, що воно є межею основної зведеної похибки, вираженою у відсотках.

Позначення в умовах завдань класу точності приладу двома цифрами, розділеними косою рисою, означає, що це цифровий прилад і для нього визначається межа основної відносної похибки за допомогою двочленної формули.

Слід ознайомитись з прикладом розв'язання типового завдання 3.1.

3.2. Приклад розв'язання типового завдання

Завдання 3.1. При повірці аналогового вольтметра з межею вимірювання 30 В на кінцевій поділці шкали отримано показ зразкового приладу 29,98 В. Знайти абсолютну, відносну і зведену похибки, а також поправку.

Розв'язання. Визначимо абсолютну похибку вимірювання, як

$$\Delta U = U - U_0 = 30 - 29,98 = 0,02 \text{ В.} \quad (3.1)$$

Розрахуємо відносну похибку вимірювання, як

$$\delta = \left(\frac{\Delta U}{U_0} \right) 100\% = \left(\frac{0,02}{29,98} \right) 100\% = 0,067\% \quad (3.2)$$

Знайдемо зведену похибку вимірювання по формулі

$$\delta = \left(\frac{\Delta U}{U_n} \right) 100\% = \left(\frac{0,02}{30} \right) 100\% = 0,067\%. \quad (3.3)$$

Поправка дорівнює абсолютній похибці, але із зворотнім знаком:

$$c = -0,02 \text{ В} \quad (3.4)$$

3.3. Завдання для розв'язання на практичному занятті

Завдання 3.2. При повірці аналогового амперметра з межею вимірювання 5 А на цифрових поділках шкали 1 А, 3 А, 5 А отримані, відповідно, наступні покази зразкового приладу: 0,99 А; 3,02 А; 4,99 А. Знайти абсолютні, відносні і зведені похибки у вказаних точках шкали, а також поправки.

Завдання 3.3. Амперметр класу точності 1,5 має межу вимірювання 5 А. Знайти найбільшу абсолютну похибку приладу і відносні похибки вимірювань при відліку по шкалі цього приладу струму із значеннями 0,5 А; 2,5 А і 5,0 А. *Примітка:* позначення класу точності 1,5 означає, що це межа основної зведеної похибки, яка складає для цього приладу $\pm 1,5 \%$.

Завдання 3.4. Визначити абсолютну і відносну похибки вимірювання напруги вольтметром класу точності 2,5 і межею 150 В, якщо покази приладу 90 В. Записати результат вимірювання.

Завдання 3.5. Є аналоговий вольтметр класу точності 1,0 з межею вимірювання 30 В. Знайти найменше значення напруги, яку можна виміряти цим вольтметром при найбільшій похибці вимірювання $\pm 5 \%$.

Завдання 3.6. Визначити найбільшу абсолютну і відносну похибку вимірювання струму 10 мА аналоговим міліамперметром класу точності 1,0 на трьох його межах: 10 мА, 25 мА, 50 мА. Результати вимірювань записати із зазначенням похибки.

3.4. Завдання для самостійної роботи

Завдання 3.7. При повірці вольтметра з межею вимірювання 10 В на цифрових поділках шкали 2 В, 4 В, 6 В, 8 В і 10 В отримані, відповідно,

наступні покази зразкового приладу (табл. 3.1). Знайти абсолютні, відносні і зведені похибки у вказаних точках шкали, а також поправки.

Таблиця 3.1 - Дані для розв'язання завдання 3.7

Варіант	Покази зразкового приладу U_0 , В для відповідних поділок шкали робочого приладу				
	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
0	1,99	3,97	6,03	8,00	9,99
1	2,01	4,01	6,02	7,98	10,00
2	2,02	4,00	5,99	7,99	10,01
3	1,98	3,97	5,98	8,01	9,98
4	2,00	4,02	6,00	8,02	9,99
5	2,01	3,99	5,99	8,00	10,01
6	1,99	3,98	6,02	7,98	9,98
7	2,03	4,00	5,98	8,01	10,00
8	1,97	4,01	6,03	7,97	9,97
9	1,98	3,99	6,00	7,99	9,99

Завдання 3.8. Знайти найбільші абсолютну і відносну похибки результату вимірювання сили струму амперметром з класом точності 1,0 і межею вимірювання 1,0 А, якщо покази приладу складають N поділок шкали (табл. 3.2). Загальна кількість поділок шкали приладу дорівнює 100. Знайти найменше значення сили струму, яке можна виміряти цим приладом при найбільшій допустимій похибці вимірювань $\pm\delta$.

Таблиця 3.2 - Дані для розв'язання завдання 3.8

Варіант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N поділок	90	70	85	95	65	90	100	76	45	55
δ , %	1,0	5,0	4,0	3,0	10,0	6,0	2,0	1,5	2,5	3,5

Завдання 3.9. Цифровий вольтметр має клас точності 0,02/0,01 з межею вимірювання 10 В. Знайти абсолютну і відносну похибки вимірювання напруг U_1 , U_2 , U_3 , U_4 (табл. 3.3). Записати результати вимірювань напруги із зазначенням похибок.

Таблиця 3.3 - Дані для розв'язання завдання 3.9

Варіант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_1, В$	2,5	3,0	2,0	3,5	2,5	2,0	2,5	3,0	3,5	3,0
$U_2, В$	4,0	5,0	5,5	4,5	4,8	5,2	4,6	5,5	4,0	5,0
$U_3, В$	6,5	7,0	7,5	8,0	6,0	8,0	8,5	7,5	8,0	8,5
$U_4, В$	10	9,5	9,2	9,8	9,6	9,0	9,5	9,5	9,8	10

3.5. Контрольні запитання

- 1) Дайте визначення усім видам похибок.
- 2) Яким видом похибки характеризується точність вимірювань?
- 3) Як розрахувати похибку вимірювання величини аналоговим приладом, для якого відомі клас точності і межа вимірювання?
- 4) Як записується результат вимірювання?

4. ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4.

КЛАСИ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

4.1. Методичні вказівки з підготовки до заняття 4

Необхідно вивчити тему «Характеристика класів точності засобів вимірювань» конспекту лекцій. Рекомендованою є література [1-6].

Слід звернути увагу, що для різних груп засобів вимірювальної техніки використовується різне цифрове і символічне позначення класу точності.

При цьому для нормування класів точності використовуються відносна похибка або зведені похибки, що мають різні розрахункові формули для вимірювальних приладів з рівномірними (або частково рівномірними) і нерівномірними шкалами. У першому випадку нормуючим значенням є межа вимірювань, в другому - довжина нерівномірної шкали в міліметрах. Для нормування класів точності цифрових вимірювальних приладів а також приладів порівняння використовується двочленна формула.

Потрібно запам'ятати, що цифри класу точності вибираються з ряду стандартних чисел після розрахунку похибки відповідного виду і округлення її чисельного значення у більший бік до стандартного числа.

Ознайомтеся з прикладом розв'язання типового завдання 4.1.

4.2. Приклад розв'язання типового завдання

Завдання 4.1. Аналоговий амперметр з рівномірною шкалою і межею вимірювання 100 мА має найбільшу абсолютну похибку 0,7 мА. Знайти клас точності приладу і похибки вимірювань сили струму 20 мА; 50 мА; 100 мА.

Розв'язання: У аналогових приладів з рівномірною шкалою у вигляді класу точності нормується границя допустимої зведеної похибки. Тому, спочатку необхідно розрахувати її максимальне значення, а потім округлити це значення у більший бік до найближчого числа із стандартного ряду чисел для нормування класів точності.

Визначимо границю зведеної похибки, як

$$\gamma_{max} = (\Delta I_{max}/I_H)100\% = (0,7/100)100\% = 0,7\%. \quad (4.1)$$

Найближчим до числа 0,7 при округленні його у більший бік є стандартне число 1,0. Тому встановлюємо, що цифрою класу точності цього приладу є 1,0.

Похибка вимірювання визначається відносною похибкою. Тому відносні похибки вимірювань для кожного показу приладу складуть:

$$\delta_1 = \left(\frac{\Delta I_{max}}{I_1}\right) 100\% = \left(\frac{0,7}{20}\right) 100\% = \pm 3,5\%, \quad (4.2)$$

$$\delta_2 = \left(\frac{\Delta I_{max}}{I_2}\right) 100\% = \left(\frac{0,7}{50}\right) 100\% = \pm 1,4\%, \quad (4.3)$$

$$\delta_3 = \left(\frac{\Delta I_{max}}{I_3}\right) 100\% = \left(\frac{0,7}{100}\right) 100\% = \pm 0,7\%, \quad (4.4)$$

Звідси видно, що похибка вимірювань зменшується при наближенні вимірюваної величини до межі вимірювання приладу.

4.3. Завдання для розв'язання на практичному занятті

Завдання 4.2. При повірці після ремонту амперметра класу 1,0 з межею вимірювання 10 А в точках шкали 2, 5 і 10 А отримані відповідні покази зразкового амперметра: 2,01; 5,08 і 9,98 А. Визначити, чи зберігся клас точності приладу.

Завдання 4.3. При повірці амперметра класу $\textcircled{1,0}$ в точках шкали 1, 3, 5 А отримані відповідні покази зразкового амперметра: 1,02; 3,02; 4,99 А. Визначити, чи зберігся клас точності приладу.

Завдання 4.4. Комбінований прилад має клас точності $\checkmark_{2,5}$. Довжина шкали складає 100 мм. Знайти абсолютну похибку вимірювань опору 1000 Ом, якщо чутливість в точці вимірювання дорівнює 0,1 мм/Ом. Записати результат вимірювання опору.

Завдання 4.5. Цифровим вольтметром класу точності 0,2/0,1 виміряні значення напруги 25 В і 50 В на межі вимірювання приладу 100 В. Знайти максимальні значення абсолютної і відносної похибок вимірювання.

Завдання 4.6. Маємо у наявності 2 вольтметри з межами вимірювань $x_{н1}$, $x_{н2}$ і класами точності K_1 , K_2 відповідно (табл. 4.1). Який з них забезпечує найбільшу точність вимірювання напруги із значенням 8,5 В?

Таблиця 4.1 - Дані для розв'язання завдання 4.6

Варіант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_{н1}$, В	10	10	30	15	10	25	15	30	25	15
$x_{н2}$, В	30	15	15	10	25	10	10	10	30	25
K_1	2,5	1,5	1,0	1,5	2,5	0,5	1,0	1,5	1,5	2,5
K_2	1,5	1,0	1,5	1,5	1,5	1,0	1,5	2,5	1,0	1,5

4.4. Завдання для самостійної роботи

Завдання 4.7. Який клас точності має аналоговий амперметр з рівномірною шкалою і межею вимірювання x_n (табл. 4.2), якщо його максимальна абсолютна похибка дорівнює ΔI ?

Таблиця 4.2 - Дані для розв'язання завдання 4.7

Варіант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x_H, A	1,0	0,5	0,1	0,1	0,3	1,0	0,5	1,0	5,0	5,0
$\Delta I, mA$	6,0	4,0	1,01	1,4	4,0	3,0	6,0	1,0	5,0	8,0

Завдання 4.8. Визначити клас точності омметра з нерівномірною шкалою, якщо максимальна абсолютна похибка вимірювання опору дорівнює ΔR при значеннях чутливості приладу S_R (табл. 4.3) і довжини шкали 100 мм.

Таблиця 4.3 - Дані для розв'язання завдання 4.8

Варіант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\Delta R, \Omega$	1,0	3,0	0,9	2,0	1,5	2,0	1,2	1,4	1,0	0,7
$S_R, \text{мм}/\Omega$	2,0	0,4	1,2	1,0	1,5	2	1,6	1,1	1,0	3,0

Завдання 4.9. Оберіть вольтметр для вимірювання напруги U з найменшою похибкою, якщо є три вольтметри з межами вимірювання x_{H1} , x_{H2} , x_{H3} і класами точності 0,5; 0,02/0,01 і 0,5/0,2 відповідно .

Таблиця 4.4 - Дані для розв'язання завдання 4.9

Варіант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U, V	0,9	0,5	0,5	0,7	6,0	0,8	1,0	0,3	6,0	0,6
x_{H1}, V	5,0	0,5	2,5	0,5	7,5	15	2,5	0,5	10	1,5
x_{H2}, V	10	10	1,0	1,0	10	10	10	1,0	10	10
x_{H3}, V	1,0	1,0	10	10	100	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

4.5. Контрольні запитання

- 1) Дайте визначення класу точності.
- 2) Що означає цифра класу точності 1,5?
- 3) Що означає цифра класу точності $\textcircled{1,0}$?
- 4) Приведіть ряд стандартних чисел для нормування класів точності засобів вимірювань і правила визначення цифри класу точності вимірювальних приладів.
- 5) Яким чином визначаються класи точності приладів з рівномірними частково нерівномірними і нерівномірними шкалами?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Нестерчук Д.М. Методи і засоби вимірювань електричних та неелектричних величин: навчальний посібник / Д.М.Нестерчук, С.О.Квітка, С.В.Галько. – Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2017. - 206 с.
2. Основи метрології та електричних вимірювань : підручник / В. В. Кухарчук, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський, В. В. Грабко. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 522 с.
3. Поліщук Є.С. Метрологія та вимірювальна техніка. Підручник / Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук, В.М. Ванько, Т.Г. Бойко // Друге видання, доповнене та перероблене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. - 544 с.
4. Основи метрології та вимірювальної техніки : у 2 т. Т. 1. Основи метрології. / М.Дорожовець, В.Мотало, Б Стадник, В.Василюк, Р.Борек, А.Ковальчик. – Львів : Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2005. - 532 с.
5. Державна система забезпечення єдності вимірювань. Метрологія. Терміни та визначення : ДСТУ 2681-94. - [Чинний від 01.01.1995]. – Офіц. вид. – Київ : Держстандарт України, 1994. - 68 с.
6. Основи метрології та електричні вимірювання у прикладах і задачах : навч. посібник / В.І.Бондаренко [та ін.] ; Харківський держ. політехнічний ун-т. - Київ: ІСДО, 1995. - 160с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять

з навчальної дисципліни «Основи метрології»

Модуль 1 «Основи метрології і вимірювань»

для студентів спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна
техніка»

Укладач:

СІРЕНКО Микола Миколайович

Відповідальний за випуск (завідувач кафедри) Ю.В.Хомяк
Роботу рекомендував до друку (експерт РВР) Горкунов Б.М.
Комп'ютерна верстка М.М.Сіренко
Редактор _____

План 2022 р., поз.

Підп. до друку (дата підпису проректора)_____.

Гарнітура Times New Roman.

Видавничий центр НТУ «ХП».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

61002, Харків, вул. Кирпичова, 2
