

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

С. В. Рудаков, О. М. Семків

**СТАНДАРТИЗАЦІЯ, МЕТРОЛОГІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ
У СФЕРІ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ**

Курс лекцій

Харків
Друкарня МАДРИД
2021

УДК 621.317
Р83

Рецензент: д. т. н., с. н. с. Ключка Ю. П.

*Курс лекцій затверджено на засіданні Вченої Ради факультету
пожежної безпеки (Протокол № 5 від 20.11.21.)*

Рудаков С. В., Семків О. М.

Р83 Стандартизація, метрологія та сертифікація у сфері пожежної безпеки : курс лекцій. Харків : Друкарня Мадрид, 2021. 65 с.

ISBN 978-617-7988-79-2

Викладаються питання основ стандартизації, метрології та вимірювальної техніки.

Посібник призначено для вивчення теоретичних питань і самостійного відпрацювання матеріалу з дисципліни «Стандартизація, метрологія та сертифікація у сфері пожежної безпеки» здобувачам вищої освіти спеціальностей «Пожежна безпека», «Управління пожежною безпекою».

При написанні посібника, окрім джерел, перелічених у списку літератури, були використані чинні нормативні документи та методичні матеріали, розроблені викладачами кафедри пожежної профілактики в населених пунктах.

Іл.4, таблиць 8, бібліогр. найм.6.

УДК 621.317

ISBN 978-617-7988-79-2

© НУЦЗУ, 2021

© Рудаков С. В., Семків О. М.

© ТОВ «Друкарня Мадрид», 2021

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1. ВИХІДНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕОРІЇ ВИМІРЮВАНЬ.....	6
1.1. Одиниці фізичних величин.....	7
1.2. Правила застосування одиниць фізичних величин.....	8
1.3. Класифікація вимірювань і методів вимірювань.....	10
1.4. Похибки вимірювань.....	12
1.4.1. Класифікація похибок вимірювань.....	14
1.4.2. Систематичні похибки вимірювань.....	15
1.4.3. Випадкові похибки вимірювань.....	20
1.4.4. Надмірні похибки вимірювань.....	23
2. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ.....	26
2.1. Класифікація засобів вимірювальної техніки.....	26
2.2. Похибки засобів вимірювальної техніки.....	28
2.2.1. Основні та додаткові похибки засобів вимірювальної техніки.....	29
2.2.2. Класи точності засобів вимірювальної техніки.....	32
3. ПРАВИЛА ПОДАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ.....	36
4. ОСНОВНІ СПОСОБИ ДОДАВАННЯ ПОХИБОК ВИМІРЮВАНЬ.....	40
5. ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ.....	42
5.1. Обробка результатів однократних вимірювань.....	42
5.2. Обробка результатів багатократних вимірювань.....	42
6. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ	43
7. ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ У СТАНДАРТИЗАЦІЇ.....	45
7.1. Роль стандартизації у розвитку народного господарства України	46
7.2. Принципи та методи стандартизації	48
7.3. Категорії та види стандартів	50
7.4. Порядок розроблення, затвердження та впровадження стандартів	52

7.4.1.	Затвердження та державна реєстрація стандарту	54
7.4.2.	Видання та впровадження стандартів	54
7.5.	Переважні числа в стандартизації	55
8.	МІЖНАРОДНА СТАНДАРТИЗАЦІЯ	57
8.1.	Значення міжнародної стандартизації для розвитку промисловості та торговельних зв'язків між державами	57
8.2.	Міжнародна організація зі стандартизації	58
8.3.	Міжнародна електротехнічна комісія	60
8.4	Міжнародна організація законодавчої метрології	60
9.	ОСНОВИ СЕРТИФІКАЦІЇ	62
9.1.	Розвиток сертифікації	62
9.2.	Міжнародна система сертифікації	63
	Література.....	65

ВСТУП

У сучасних умовах зростання ефективності виробництва, поліпшення якості продукції, що випускається, забезпечення високої ефективності її використання можуть бути гарантовані тільки при належному розвитку метрології.

Метрологія – наука про вимірювання.

Проблеми, що розроблюються метрологією:

- загальна теорія вимірювань;
- одиниці фізичних величин та їх системи;
- методи та засоби вимірювань;
- засоби вимірювальної техніки (ЗВТ);
- методи визначення точності вимірювань;
- основи забезпечення єдності вимірювань і одноманітності засобів вимірювальної техніки;
- державні та робочі еталони;
- методи передавання одиниць фізичних величин від державних еталонів через систему робочих еталонів до робочих засобів вимірювальної техніки.

Особливостями основ метрології як предмета вивчення є:

- інженерно-прикладна спрямованість;
- тісний зв'язок із професійно-орієнтованими та спеціальними дисциплінами;
- різноманітність понять, термінів, визначень, норм, правил, а також методів і принципів побудови ЗВТ;
- використання достатньо складних математичних методів при вирішенні метрологічних завдань.

Основні завдання даного посібника:

- дати знання нормативних і науково-технічних основ метрології;
- дати знання основних характеристик засобів вимірювальної техніки, підготувати фахівців до їх самостійного вивчення;
- привити практичні навички з аналізу та оцінювання похибок вимірювань, вибору ЗВТ для вимірювань.

1. ВИХІДНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕОРІЇ ВИМІРЮВАНЬ

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

Об'єктами вимірювань є фізичні величини. До них відносяться: довжина (ширина, висота, глибина, відстань), час, маса, температура, плоский та тілесний кути, тиск і розрядження, швидкість, сила і напруга електричного струму, частота, індуктивність, ємність, зсув фаз і багато інших. Задача вимірювань полягає у визначенні кількісних характеристик фізичних величин.

Фізична величина (ФВ) – це властивість, спільна в якісному відношенні у багатьох матеріальних об'єктів (системах, їх станах і процесах, що в них відбуваються) та індивідуальна у кожного з них.

Наприклад, ФВ частота f – це властивість, що належить в якісному відношенні широкому колу об'єктів:

- частота мережі живлення ($f_{\text{мж}} = 50$ Гц);
- частота радіоімпульсу ($f_{\text{рі}} = 3000$ МГц);
- частота кварцевого генератора ($f_{\text{кв}} = 100$ кГц) та ін.

На практиці замість терміна «*фізична величина*» дозволяється вживати термін «*величина*».

Кількісно індивідуальні властивості об'єкта вимірювань характеризуються розміром ФВ та її значенням Q . Ця обставина дозволяє порівнювати між собою декілька однорідних ФВ ($f_{\text{мж}}$, $f_{\text{рі}}$, $f_{\text{кв}}$ та ін.). На практиці легше порівнювати розміри фізичних величин з єдиним розміром, що прийнятий за одиницю.

Одиниця фізичної величини $[Q]$ – фізична величина певного розміру, яка прийнята за угодою для кількісного відображення однорідних з нею величин.

Звідси випливає, що вимірювання значення ФВ базується на її порівнянні з відповідною одиницею фізичної величини (ОФВ). Таким чином, основне рівняння вимірювання має вигляд:

$$Q = q \cdot [Q], \quad (1.1)$$

де q – числове значення ФВ.

Значення вимірюваних величин залежать від того, які використовуються одиниці вимірювань, тобто яка вибрана система одиниць.

Формалізованим відображенням якісної різниці величин, що вимірюються, є їх *розмірність* (*dimension*):

$$\dim Q = k \cdot L^\alpha \cdot M^\beta \cdot T^\gamma \dots, \quad (1.2)$$

де k – коефіцієнт пропорційності (звичайно дорівнює 1 або основоположній фізичній сталій);

Q, L, M, T, \dots – основні та похідні фізичні величини;

$\alpha, \beta, \gamma, \dots$ – показники розмірності.

1.1. Одиниці фізичних величин

Різноманітність одиниць фізичних величин зводиться до систем ОФВ, пов'язаних між собою залежностями. До системи звичайно входять основні та похідні одиниці; останні визначаються через основні.

Загальноприйнятою є стандартизована міжнародна система одиниць SI, основними одиницями якої є: метр (позначення розмірності L), кілограм (M), секунда (T), ампер (I), кельвін (Q), кандела (J), моль (N).

У табл. 1.1 наведено основні і додаткові одиниці, а в табл. 1.2 – похідні одиниці системи SI, що мають спеціальні найменування (згідно ГОСТ 8.417-81). У табл. 1.3 наведено множники і префікси для утворення десяткових кратних (10^n) і часткових (10^{-n}) одиниць.

Таблиця 1.1

Величина	Одиниця		
	найменування	позначення	
		міжнародне	українське
Довжина	метр	m	м
Маса	кілограм	kg	кг
Час	секунда	s	с
Сила електричного струму	ампер	A	А
Термодинамічна температура	кельвін	K	К
Кількість речовини	моль	mol	моль
Сила світла	кандела	cd	кд
Плоский кут	радіан	rad	рад
Тілесний кут	стерадіан	sr	ср

Таблиця 1.2

Величина	Одиниця			Вираження через основні і додаткові одиниці
	найменування	позначення		
		міжнародне	українське	
Частота	герц	Hz	Гц	c^{-1}
Сила	ньютон	N	Н	$m \cdot kg \cdot c^{-2}$
Тиск	паскаль	Pa	Па	$m^{-1} \cdot kg \cdot c^{-2}$
Енергія	джоуль	J	Дж	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-2}$
Потужність	ватт	W	Вт	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-3}$
Кількість електрики	кулон	C	Кл	$c \cdot A$
Електрична напруга	вольт	V	В	$m^2 \cdot kg \cdot c^{-3} \cdot A^{-1}$
Електрична ємність	фарад	F	Ф	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot c^4 \cdot A$

Таблиця 1.3

Множник	Префікс		
	найменування	позначення	
		міжнародне	українське
10^{18}	екса	E	Е
10^{15}	пета	P	П
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
10^{-15}	фемто	f	ф
10^{-18}	атто	a	а

1.2. Правила застосування одиниць фізичних величин

Правила написання позначень одиниць ФВ визначені ГОСТ 8.417-81 і РД 50-160-79.

У тексті не можна застосовувати одночасно міжнародні і російські або українські позначення одиниць фізичних величин.

Позначення одиниць, названих на честь вчених, записуються з великої літери.

Позначення одиниць належить застосовувати після чисельних значень величин в один рядок з ними (без переносу на наступний рядок). Між останньою цифрою числа і позначенням одиниці слід залишати пропуск:

Вірно	Невірно
100 кВт	100кВт
80 %	80%
20 °С	20°С; 20° С

При наявності десяткових знаків у чисельному значенні величини позначення одиниці слід розташовувати після усіх цифр:

Вірно	Невірно
423,6 м	423 м, 06
5,758° або 5°45,48'	5°, 758 або 5°45',48
або 5°45'28,8	або 5°45' 28'' ,8

Якщо указуються значення величин з граничними відхиленнями, їх слід брати в дужки і позначення одиниці розміщати після дужок або проставляти після чисельного значення величини і після її граничного відхилення:

Вірно	Невірно
$(5,7 \pm 0,3) \text{ кВт}$	$5,7 \pm 0,3 \text{ кВт}$
$728,7 \text{ МГц} \pm 0,8 \text{ МГц}$	$728,7 \text{ МГц} \pm 0,8$
$412,4 \text{ кОм} \pm 2,5 \text{ кОм}$	$412,4 \text{ кОм} \pm 2,5$

Якщо указується інтервал або група чисельних значень однієї й тієї ж ФВ, позначення одиниці проставляють тільки після останнього значення: від 15 до 25 °С; від 190 до 240 Вт; 6,1; 6,3; 6,4 В; 210 x 297 мм; 10,1; 10,6; 10,4 мкВт.

Літерні позначення одиниць, що входять до добутку, слід відокремлювати точками, як знаками множення:

Вірно	Невірно
$\text{В} \cdot \text{А}$	ВА
$\text{А} \cdot \text{м}^2$	Ам^2
$\text{Па} \cdot \text{с}$	Пас

У літерних позначеннях відношень одиниць як знак ділення повинна застосовуватися тільки одна риска: скісна чи горизонтальна. При застосуванні косої риски позначення одиниць у чисельнику і знаменнику слід поміщати в один рядок, добуток позначень одиниць у знаменнику слід брати у дужки. Дозволяється застосовувати позначення одиниць у вигляді добутку позначень, піднесених до степеня додатного або від'ємного (в останньому випадку застосовувати рису не дозволяється):

Вірно	Невірно
$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 / \text{К}}$
$\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}, \text{Вт} / \text{м}^2 / \text{К}$
$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$	$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} / \text{К}$
$\text{м} / \text{с}, \frac{\text{м}}{\text{с}}$	$\text{м} / \text{с}$

Префікси множників кратних або часткових одиниць об'єднують і приєднують до позначень першої одиниці без пропуску і точки:

Вірно	Невірно
$\text{кВ} \cdot \text{А}$	$\text{В} \cdot \text{кА}$ або $\text{кВ} \cdot \text{А}$
$\text{мПа} \cdot \text{с}$	$\text{м} \cdot \text{Па} \cdot \text{с}, \text{кПа} \cdot \text{мс}$ або $\text{к} \cdot \text{мк} \cdot \text{Па} \cdot \text{с}$

При найменуванні фізичних величин слід керуватися правилами відміни і утворення похідних одиниць: $\text{м} / \text{с}^2$ – метр на секунду у квадраті, $\text{В} / \text{м}$ – вольт на метр, але $\text{м} / \text{с}$ – метр за секунду, $\text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}$ – кілограм-метр за секунду.

1.3. Класифікація вимірювань і методів вимірювань

Вимірювання – акт познання властивостей (звичайно кількісних характеристик) матеріального об'єкта (фізичної величини).

За способом одержання числових значень фізичних величин вимірювання підрозділяють на прямі, непрямі (опосередковані), сукупні та сумісні.

Прямим називають вимірювання однієї величини, значення якої знаходять безпосередньо без перетворення її роду та використання відомих залежностей. Рівняння прямого вимірювання має вигляд:

$$A_{\text{ВИМ}} = c \cdot N, \quad (1.3)$$

де $A_{\text{ВИМ}}$ – показання приладу, тобто значення вимірюваної величини;

c – ціна поділки шкали або одиниці розряду цифрового відлікового пристрою;

N – відлік у поділках шкали або цифровому коді.

Наприклад, під час вимірювання струму амперметром маємо $N = 20,5$ под., $c = 0,1$ А/под.

Тоді $I_{\text{ВИМ}} = 0,1 \cdot 20,5 = 2,05$ А.

Відрізняють два основних методи прямих вимірювань: – *метод безпосередньої оцінки та метод порівняння з мірою*. Перший полягає в тому, що значення ФВ визначають безпосередньо за допомогою відлікового пристрою вимірювального приладу. Наприклад, за показаннями термометра можна визначити температуру, а за показаннями амперметра – силу електричного струму.

Метод порівняння з мірою має декілька різновидів: метод протиставлення, диференційний метод, метод урівноваження з регульованою мірою, метод заміщення і метод ноніуса.

Метод протиставлення – метод, при якому вимірювана величина та величина, що виробляється мірою, одночасно впливають на прилад порівняння, який встановлює відношення між цими величинами. Приклад – вимірювання маси речовини на рівноплечих важільних терезах з урівноваженням гирями.

Якщо результат порівняння доводять до нуля, різновид методу називається *нульовим методом*. Приклад – вимірювання опору резистора з використанням мостової схеми.

Диференційний метод – метод вимірювання, за яким невелика різниця між вимірюваною величиною та вихідною величиною одноканальної міри вимірюється відповідним засобом вимірювання. Приклад – вимірювання маси на важільних індикаторних (торгівельних) вагах.

Метод урівноваження з регульованою мірою – метод прямого вимірювання з багаторазовим порівнянням вимірюваної величини та величини, що відтворюється мірою, яка регулюється, до повного їх урівноваження.

Метод заміщення – метод прямого вимірювання з багаторазовим порівнянням до повного урівноваження вихідних величин вимірювального перетворювача з почерговим перетворенням ним вимірюваної величини та

вихідної величини регульованої міри. Приклад – вимірювання маси на одноплечих важільних терезах.

Метод ноніуса – метод прямого вимірювання з одноразовим порівнянням вихідних величин двох багатозначних нерегульованих мір з різними за значеннями ступенями, нульові позначки яких зсунуті між собою на вимірювану величину. Приклади: вимірювання довжини за допомогою штангенциркуля, вимірювання частоти періодичного сигналу по фігурах Лісажу за допомогою осцилографа.

Опосередковане вимірювання – непряме вимірювання однієї величини з перетворенням її роду чи обчисленням за результатами прямих вимірювань інших величин, з якими вимірювана величина пов'язана явною функціональною залежністю.

Рівняння опосередкованого вимірювання має вигляд:

$$Y = \varphi(A_1, A_2, \dots, \alpha, \beta, \dots), \quad (1.4)$$

де Y – вимірювана величина;

φ – деяка функція, що зв'язує вимірювану величину з величинами, які визначаються прямими вимірюваннями;

A_1, A_2, \dots – величини, що визначаються прямими вимірюваннями;

$\alpha, \beta \dots$ – фізичні константи та сталі вимірювальних пристроїв.

Наприклад, резонансна частота коливального контуру зв'язана із значеннями індуктивності L та ємності C контуру залежністю:

$$f_0 = f(L, C, \pi) = 1 / 2\pi \sqrt{LC}.$$

Виконавши прямі вимірювання параметрів контуру (індуктивності L та ємності C), можна визначити (розрахувати) резонансну частоту f_0 .

Сукупним називають непряме вимірювання, в якому значення декількох одночасно вимірюваних однорідних величин отримують розв'язанням рівнянь, що пов'язують різні поєднання цих величин, які вимірюються прямо чи опосередковано.

Наприклад, визначення електричного опору резистора R_x на постійному струмі за допомогою компенсаторів K_1, K_2 (приладів, що вимірюють напругу без власного споживання енергії) та зразкового опору.

Після вимірювання U_0 і U_x вирішуємо систему рівнянь:

$$\begin{aligned} U_0 &= I R_0, \\ U_x &= I R_x. \\ R_x &= U_x / I; \quad I = U_0 / R_0; \quad R_x = U_x \cdot R_0 / U_0. \end{aligned}$$

Сумісними називають непрямі вимірювання, в яких значення декількох одночасно вимірюваних різнорідних величин отримують розв'язанням рівнянь, які пов'язують їх з іншими величинами, що вимірюються прямо чи опосередковано.

Наприклад, необхідно визначити залежність опору резистора від температури за формулою:

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2). \quad (1.5)$$

Після вимірювання опору резистора при трьох різних температурах t_1 , t_2 і t_3 , складають систему з трьох рівнянь:

$$\begin{aligned} R_{t_1} &= R_0(1 + At_1 + Bt_1^2); \\ R_{t_2} &= R_0(1 + At_2 + Bt_2^2); \\ R_{t_3} &= R_0(1 + At_3 + Bt_3^2). \end{aligned} \quad (1.6)$$

Вирішуючи систему рівнянь (1.6), знаходимо параметри A і B залежності (1.5).

На практиці сукупні та сумісні вимірювання зустрічаються значно рідше, ніж прямі й опосередковані.

1.4. Похибки вимірювань

Основними складовими вимірювань на практиці є (рис. 1.1): спостерігач, об'єкт вимірювань, засіб вимірювальної техніки, метод вимірювань і умови проведення вимірювань. Кожна зі складових вимірювань впливає на результат вимірювань, що одержується. Цей вплив призводить до того, що результат вимірювань ФВ не збігається з істинним значенням вимірюваної величини.

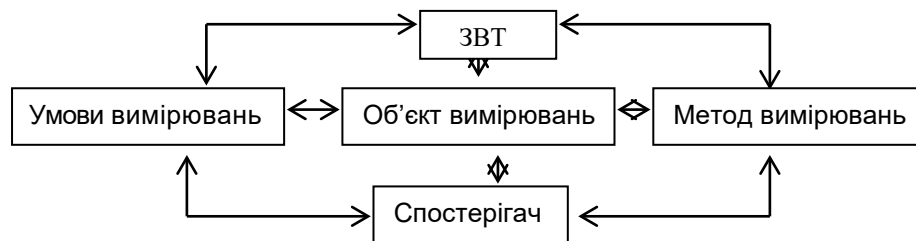


Рис. 1.1

Відхилення результату вимірювань від істинного значення вимірюваної величини зветься *похибкою вимірювання*. Кількісно похибка вимірювання відображається у формі абсолютної або відносної похибки (із знаком “ \pm ” при числових значеннях).

Абсолютна похибка вимірювання має розмірність вимірюваної величини і визначається як

$$\Delta X = X_{\text{вим}} - X_{\text{іст}}, \quad (1.7)$$

де $X_{\text{вим}}$ – значення величини, що одержане під час вимірювань;

$X_{\text{іст}}$ – істинне значення вимірюваної величини.

Абсолютна похибка ΔX , якщо не порівняти її з розміром вимірюваної величини $X_{\text{вим}}$, дає недостатню інформацію про точність вимірювання. Тому

часто користуються *відносною похибкою* вимірювань, яка звичайно виражається у відсотках

$$\delta_X = (\Delta X / X) \cdot 100. \quad (1.8)$$

Вона дозволяє порівнювати точності вимірювань однієї й тієї ж ФВ різними методами і засобами або точності вимірювань різних ФВ дослідним шляхом і залишається невідомим, замість нього використовують умовно істинне значення $X_{умі}$.

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

Заміна у формулах (1.7) і (1.8) істинного значення вимірюваних величин $X_{іст}$ на умовно істинне $X_{умі}$ дозволяє записати:

$$\Delta X = X_{вим} - X_{умі}, \quad (1.9)$$

$$\delta_X = (\Delta X / X_{умі}) \cdot 100, \quad (1.10)$$

але приводить до того, що на практиці вдається одержати лише приблизну оцінку похибки вимірювань.

Оскільки $X_{іст} \approx X_{умі} \approx X_{вим}$, для визначення δ_X у відсотках значеннях і у відсотках використовують формули:

$$\delta_X = \Delta X / X_{вим}, \quad (1.11)$$

$$\delta_X = (\Delta X / X_{вим}) \cdot 100. \quad (1.12)$$

Результат кожного вимірювання містить в собі *похибку*. Оскільки похибка вимірювання характеризує відхилення результату вимірювання (РВ) від істинного значення вимірюваної величини, то її оцінювання є не менш важливою задачею, ніж знаходження РВ, бо без вказівки похибки вимірювання результат вимірювання не має ніякої практичної цінності.

Основними компонентами вимірювань, що чинять вплив на РВ і його похибку, є (рис. 1.1):

- суб'єкт (спостерігач), який проводить вимірювання;
- метод вимірювання;
- об'єкт вимірювань;
- засіб вимірювань;
- умови проведення вимірювання.

Недосконалість або нестабільність кожного з цих компонентів вносить свій внесок до похибки вимірювання Δ , яка в загальному вигляді може бути подана об'єднанням трьох складових:

$$\Delta = \Delta_{мет} * \Delta_{інстр} * \Delta_{суб}, \quad (1.13)$$

де $\Delta_{мет}$ – складова, що обумовлена недосконалістю метода вимірювань;

$\Delta_{\text{інстр}}$ – інструментальна складова, що обумовлена похибками інструменту-засобу вимірювальної техніки, який застосовується.

Символом * позначено застосування до складових похибки деякого функціоналу: підсумовування за модулем, алгебраїчне підсумовування, квадратичне підсумовування з добуванням кореню, вагове підсумовування та ін.

Треба підкреслити, що з метою недопущення великої похибки методу найбільш важливі вимірювання виконуються за стандартними методиками, встановленими більш ніж 300 державними стандартами, в яких визначені метод і засоби вимірювань, регламентовані схеми вимірювальних установок, умови виконання вимірювань, алгоритм проведення вимірювань, а також методики оцінювання результату і похибки вимірювання.

1.4.1. Класифікація похибок вимірювань

За закономірностями проявлення похибки вимірювань поділяють на систематичні, випадкові та надмірні.

Систематична похибка вимірювань Δ_s – складова похибки вимірювань, що залишається сталою або прогнозовано змінюється в ряді вимірювань однієї й тієї ж величини в однакових умовах. Систематична похибка шляхом застосування спеціальних способів або засобів вимірювань може бути визначена з достатньою точністю, і результат вимірювань може бути уточнений шляхом внесення поправок. Однак на практиці повне виключення систематичної похибки не є можливим і завжди буде мати місце невиключена систематична похибка, яку необхідно оцінювати.

Випадкова похибка вимірювань Δ – складова похибки вимірювань, що не прогнозовано змінюється в ряді вимірювань однієї й тієї ж величини. Це обумовлено великою кількістю факторів, що, як правило, впливають на результат вимірювання і носять випадковий характер: нестабільність напруги мережі живлення, випадкові зміни умов вимірювань, вібрації і т. ін. Випадкову похибку принципово неможливо виключити з результату вимірювань, але шляхом збільшення кількості вимірювань і їх статистичної обробки можна оцінити її значення та уточнити результат вимірювань.

Надмірна похибка Δ_n – похибка вимірювання, що суттєво перебільшує очікувану за даних умов вимірювань похибку. Надмірна похибка часто є результатом низької кваліфікації спостерігача, його неухважності, наслідком раптової короткочасної зміни умов вимірювань (порушення контакту, вібрації і т. ін.). Надмірна похибка призводить до спотворення результату вимірювань і його похибки. Тому при вимірюваннях повинні здійснюватися заходи з недопущення надмірних похибок, а результати вимірювань, що містять в собі надмірну похибку, повинні виявлятися і виключатися при обробці, як ті, що не заслуговують довіри.

1.4.2. Систематичні похибки вимірювань

Систематичні похибки обумовлено впливом на результат вимірювання факторів, дію яких на практиці не усунено, не враховано або не виявлено.

У залежності від ступеня наших знань про систематичні похибки їх можна поділити на чотири основні групи.

1. Систематичні похибки, природа яких відома і значення (абсолютна величина, знак) може бути достатньо точно визначено. Результат вимірювань може бути виправлено шляхом внесення *поправки* – величини, яка чисельно дорівнює систематичній похибці, але взята із протилежним знаком.

2. Систематичні похибки, природу яких може бути встановлено, однак абсолютне значення і знак похибки залишаються невідомими. Відомо тільки, що похибка не перевищує за абсолютною величиною деякого граничного значення Δ_{sp} тобто $\Delta_s < \Delta_{sp}$. До даної групи відносять похибки засобів вимірювань, які виражені у вигляді границь допустимої похибки, а також похибки, яку обумовлено іншими факторами.

3. Систематичні похибки, про наявність яких ми не підозрюємо. Числове значення цих похибок може бути дуже значним.

4. Систематичні похибки, що обумовлені вимірюваними властивостями об'єкту та впливом вимірювальної схеми. Наприклад, систематичні похибки будуть мати місце при вимірюванні деякими приладами синусоїдної напруги, яка має нелінійні спотворення.

Будь-яке вимірювання повинно починатися з ретельного аналізу можливих факторів, що обумовлюють появу систематичних похибок.

Інструментальну складову систематичної похибки може бути обумовлено:

– реакцією ЗВТ на впливні величини (температуру, атмосферний тиск, вологість повітря, вібрації та електричні поля, іонізуючі випромінювання та ін.) і на швидкість (частоту) зміни вимірюваних величин;

– впливом ЗВТ на об'єкт вимірювань;

– здатністю ЗВТ розрізняти малі зміни вимірюваних величин у часі або в просторі (дозволяюча спроможність);

– невірною установкою або взаємним впливом засобів вимірювань;

– неточною установкою нуля приладу і т. ін.

Методичну складову систематичної похибки вимірювань обумовлено неадекватністю об'єкта вимірювання та його моделі, що прийнята при вимірюванні. Ця похибка є наслідком тих чи інших припущень або спрощень в рівнянні вимірювання, застосування емпіричних формул і функціональних залежностей замість точних; неповного знання усіх властивостей явищ, що спостерігаються, а також впливу паразитних зв'язків і т. ін. Таку похибку часто називають також *теоретичною похибкою*.

Наприклад, при вимірюванні потужності, що падає на резисторі, або опорі резистора методом амперметра і вольтметра (рис. 1.2, 1.3) виникає методична похибка. В схемі на рис. 1.3 вольтметр показує не падіння напруги на резисторі R, а сумарне падіння напруги в ланцюгу, який складається

з резистора і амперметра; в схемі на рис. 1.2 показання амперметра завищено і враховує також струм, що проходить через вольтметр.

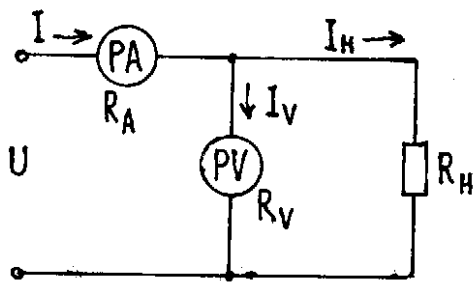


Рис. 1.2.

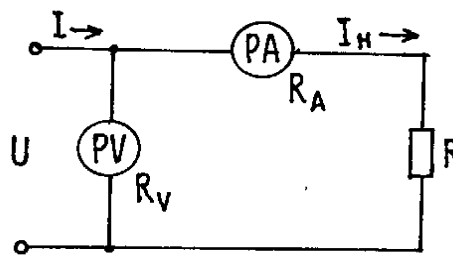


Рис. 1.3.

Завдання експериментатора – врахувати при вимірюваннях усі похибки методу, як сукупності прийомів використання засобів вимірювальної техніки, та вибрати таку методику вимірювань, яка забезпечить мінімум таких похибок.

Суб'єктивні похибки є наслідком індивідуальних властивостей спостерігача, які обумовлені особливостями його організму. Може статися, що спостерігач припускає стійку похибку, яка є наслідком укорінених невірних навичок, уповільненої реакції, особливостей зору, недостатнього досвіду і т. ін. Суттєву частку суб'єктивних похибок становлять похибки відліку – похибка інтерполяції, похибка від паралаксу; похибки, що обумовлені запізненням або випередженням в реєстрації будь-якого моменту часу та ін.

За характером проявлення систематичні похибки розділяються на *постійні* і *змінні*. Останні можуть бути прогресуючими, періодичними і такими, що змінюються за складним законом. До *постійних* систематичних похибок відносяться, наприклад, похибки градування шкал приладів. *Прогресуючими* називаються систематичні похибки, які в процесі зміни монотонно збільшуються чи зменшуються. До них, наприклад, відносяться похибки, пов'язані з поступовим падінням напруги джерел живлення, прогріванням апаратури і т. ін.

Періодичними називаються систематичні похибки, що періодично змінюють значення і знак. Періодичні похибки можуть виникати, наприклад, у цифрових вимірювальних приладах, коли одна з цифр індикатора встановлюється невірно (замість цифри "6" завжди з'являється цифра "5").

Решту видів систематичних похибок прийнято називати похибками, що змінюються за складним законом. Виявлення та зменшення систематичних похибок може бути досягнуто:

- усуненням факторів, що обумовлюють появу систематичних похибок;
- вибором засобів і методів вимірювань з малими систематичними похибками;
- повторними вимірюваннями однієї й тієї ж величини різними засобами вимірювальної техніки, різними методами і різними спостерігачами;
- виконанням вимог інструкції з експлуатації ЗВТ і їх своєчасною повіркою.

Використання стандартних методів і методик вимірювань, своєчасно повірених ЗВТ, підготовка оператора (спостерігача) є основним способом, що дозволяє уникнути невіправдано великих значень систематичних похибок. Виявлення і усунення систематичних похибок можна проводити до, під час і після проведення вимірювань.

Для вилучення систематичних похибок у процесі вимірювань використовується ряд способів.

Спосіб заміщення полягає в тому, що спочатку до входу вимірювального приладу подають вимірювану величину і фіксують показання приладу, а потім замінюють її величиною з відомим значенням (що виробляється мірою), змінюючи яке домагаються знов тих же самих показань. Значення вимірюваної величини визначають за значенням, яке виробляється мірою. Такий захід дає змогу вилучити систематичну похибку, останнє значення якої буде визначатися неточністю атестації міри. Наприклад, процедура калібрування при вимірюванні за допомогою осцилографа амплітуди сигналу.

Спосіб компенсації похибки за знаком застосовується тоді, коли джерело похибки має спрямовану дію і зміна напрямку на зворотній викликає зміну знаку, але не значення похибки. При цьому способі вимірювання проводять парне число разів, наприклад, 4 рази, причому в половині випадків джерело похибки повинно викликати систематичні похибки одного знаку, а в іншій половині – зворотного знаку. Похибка виключається при обчислюванні середнього значення.

Таким способом, наприклад, можна скомпенсувати вплив зовнішнього рівномірного магнітного поля, повертаючи електровимірювальний прилад на 180 градусів.

Спосіб симетричних спостережень використовується для вилучення прогресуючої похибки, що є лінійною функцією часу. Для цього проводяться декілька спостережень вимірюваної величини через однакові проміжки часу, а потім обчислюються середні арифметичні значення кожної пари значень, симетрично розміщених відносно деякого значення. Вони повинні бути рівні між собою, наприклад:

$$\frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{x_2 + x_3}{2} \quad \text{або} \quad \frac{x_1 + x_5}{2} = \frac{x_2 + x_4}{2} = x_3.$$

Такий спосіб дозволяє вилучити можливі прогресуючі похибки, що не були помічені через свою незначність або з інших причин, а також переконатися в тому, що під час роботи не відбулися зміни в самих приладах чи в зовнішніх умовах, які могли б вплинути на їх показання.

Такий спосіб застосовується, наприклад, при вимірюванні напруги за допомогою компенсатора, якщо під час вимірювань зменшується напруга акумулятора, що виробляє робочий струм. Якщо робочий струм компенсатора

змінюється лінійно з часом, то для усунення похибки достатньо провести два спостереження, зафіксувавши попередньо час регулювання робочого струму за нормальним елементом.

Результати спостережень E_1 і E_2 , що одержані, є функціями часу:

$$E_1 = E_x + kt_1, \quad E_2 = E_x + kt_2, \quad (1.14)$$

де t_1 і t_2 – інтервали часу між регулюванням і відповідним спостереженням;
 k – коефіцієнт, що характеризує швидкість зміни похибки.

Вирішивши систему рівнянь (1.14), отримаємо

$$E_x = (E_1 t_2 - E_2 t_1) / (t_2 - t_1).$$

Не всі види систематичних похибок вимірювань можуть бути визначені експериментально або враховані, а в подальшому і вилучені з результату вимірювання (РВ). Систематична похибка звичайно вважається виключеною, якщо її залишок у 20...100 разів менше границі допустимої похибки РВ. Систематичну похибку, яка залишається, називають невилученою систематичною похибкою. Така похибка повинна бути оцінена за ГОСТ 8.207-84.

У якості границь складових невилучених систематичних похибок прямих вимірювань можуть бути прийняті, наприклад, границі допустимих основних і додаткових похибок засобів вимірювань, якщо випадкові складові похибки незначні. При підсумовуванні складових невилученої систематичної похибки результату вимірювання невилучені систематичні похибки засобів вимірювань кожного типу розглядають як випадкові величини. При відсутності даних про вид розподілу випадкових величин їх розподіл приймають за рівномірний.

При рівномірному розподілі невилучених систематичних похибок ці границі (без урахування знаку) обчислюють за формулою

$$\Delta_s = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta_{si}^2}, \quad (1.15)$$

де Δ_{si} – границя i -ї невилученої систематичної похибки;

k – коефіцієнт, що визначається прийнятою довірчою імовірністю;

m – кількість підсумованих невилучених систематичних похибок.

Коефіцієнт k приймається рівним 1,1 при довірчій імовірності $P = 0,95$. При довірчій імовірності $P = 0,99$ коефіцієнт k приймається рівним 1,4, якщо число підсумованих невилучених систематичних похибок більше, ніж чотири ($m > 4$).

При опосередкованих вимірюваннях вимірювана величина Y визначається виразом

$$Y = \varphi (A_1, A_2, \dots, A_k, \dots, A_m). \quad (1.16)$$

У результаті прямих вимірювань знаходяться числові значення величин A_{1n} , A_{2n} , ..., A_{mn} та їх систематичні похибки Δ_{s1} , Δ_{s2} , ..., Δ_{sm} .

Якщо вимірювання величин A_1, A_2, \dots, A_m , що є аргументами рівняння (1.4), проведено з деякими систематичними похибками, тобто аргументи A_1, A_2, \dots, A_m містять кінцеві порівняно малі прирощення $\Delta_{s1}, \Delta_{s2}, \dots, \Delta_{sm}$, то вимірювана величина Y буде визначена з деякою систематичною похибкою Δ_{sY} і її значення буде визначатися виразом

$$Y_n + \Delta_{sY} = \varphi (A_{1n} + \Delta_{s1}, A_{2n} + \Delta_{s2}, \dots, A_{mn} + \Delta_{sm}). \quad (1.17)$$

Розклавши праву частину виразу (1.17) в ряд Тейлора та нехтуючи похідними вище першого порядку, одержуємо

$$Y_n + \Delta_{sY} = \varphi (A_{1n}, A_{2n}, \dots, A_{kn}, \dots, A_{mn}) + \Delta_{s1} + \Delta_{s2} + \dots + \Delta_{sk} + \dots + \Delta_{sm}.$$

Тоді результат опосередкованого вимірювання

$$Y = \varphi (A_{1n}, A_{2n}, \dots, A_{kn}, \dots, A_{mn}), \quad (1.18)$$

а систематичну похибку результату опосередкованого вимірювання обчислюють за формулою

$$\Delta_{sY} = \sum_{k=1}^m \frac{\partial \varphi}{\partial A_k} \cdot \Delta_{sk}. \quad (1.19)$$

Вираз (1.19) застосовується на практиці, коли відомі числові значення та знаки систематичних похибок аргументів.

У випадках, коли поправки невідомі, а відомі граничні значення невилучених систематичних похибок, границя невилученої систематичної похибки результату опосередкованого вимірювання в залежності від числа аргументів обчислюється за формулами:

$$\Delta_{sY} = \pm \sum_{k=1}^m \left| \frac{\partial \varphi}{\partial A_k} \cdot \Delta_{sk} \right| \quad \text{при } m \leq 3; \quad (1.20)$$

$$\Delta_{sY} = \pm k \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^m (\partial \varphi / \partial A_k)^2 \cdot \Delta_{sk}^2} \quad \text{при } m \geq 4. \quad (1.21)$$

Додатки $\partial \varphi / \partial A_k$ називають *частинними систематичними похибками опосередкованого вимірювання*.

1.4.3. Випадкові похибки вимірювань

Поява при вимірюваннях випадкових похибок обумовлена впливом на ЗВТ і об'єкт вимірювань багаточисельних випадкових факторів, наприклад, зміни зовнішніх умов, вібрацій, нестабільності напруги живлення і т. ін., а також факторів, що пов'язані з деякими випадковими змінами параметрів і характеристик об'єкта і самих засобів вимірювань. Ефект від впливу кожного з цих факторів може бути незначним, але сумарна їх дія може створити значні (часом перевищуючі допустиму похибку відхилення) похибки, які змінюються безперервно випадковим чином як за величиною, так і за знаком. Наявність таких випадкових відхилень виявляється в тому, що при повторних вимірюваннях однієї й тієї ж незмінної величини, виконаних з однаковою старанністю, одними й тими ж методами і засобами, в одних і тих же умовах, числові значення результатів вимірювань (спостережень) трохи відрізняються один від одного. Якщо при повторних вимірюваннях одержано однакові числові значення, то це вказує не на відсутність випадкових похибок, а на недостатню чутливість вимірювального приладу і невисоку точність вимірювань. Якщо систематичні похибки можуть бути в тій чи іншій мірі виявлено та вилучено, то випадкові похибки усунути принципово неможливо. Однак, на основі методів теорії ймовірностей і математичної статистики вдається уточнити значення одержаного результату вимірювань і оцінити його випадкову похибку, тобто міру наближення результату вимірювань до істинного значення вимірюваної величини. Для оцінки випадкової похибки можуть бути застосовано такі показники:

- числові характеристики випадкової складової похибки вимірювань;
- функція (щільність) розподілу ймовірностей випадкової складової похибки вимірювань;
- інтервал, в якому похибка вимірювання знаходиться із заданою ймовірністю.

Такі показники визначено в законодавчому порядку і встановлено ГОСТ 8.207-76, МИ 1552-86, РД 50-555-85 та іншими документами. Перші два показники застосовують у тих випадках, коли результат вимірювання призначено для порівняння або використання разом з іншими результатами вимірювань. Показник точності у вигляді інтервалу застосовують у тих випадках, коли результат вимірювання призначено для одноразового використання, наприклад, під час контрольних операцій або якщо на основі результату вимірювань необхідно, наприклад, прийняти рішення про придатність виробу до застосування.

Нехай проведено n спостережень постійної величини, істинне значення якої дорівнює A , і одержані результати спостережень $x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_n$, що відрізняються один від одного, тобто мають місце випадкові похибки.

Припустимо, що спостереження проведено таким чином, що систематичні і надмірні похибки відсутні або виявлені та вилучені, тобто ми маємо справу з виправленими результатами спостережень. Будемо також вважати, що результати спостережень *незалежні* (тобто похибки окремого спостереження не залежать від

похибки інших спостережень) і *рівноточні* (тобто одержані за допомогою одного засобу вимірювань, в однакових умовах, одним спостерігачем).

Очевидно, що результати спостережень x_1, x_2, \dots, x_n , являють собою можливі значення випадкової величини X .

При обмеженому числі спостережень як результат вимірювання доцільно прийняти оцінку математичного сподівання випадкової величини X , тобто $M[X]$, статистичним аналогом якого є середнє арифметичне значення результатів спостережень

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (1.22)$$

Середнє арифметичне значення є *спроможною* та *незсуненою* оцінкою математичного сподівання для будь-якого закону розподілу випадкових величин, а також *ефективною* оцінкою, якщо випадкова величина X розподілена за нормальним законом.

У реальних умовах, коли число спостережень обмежено, X є випадковою величиною. Характеристикою розсіювання середнього арифметичного значення X відносно істинного значення величини A є дисперсія або середнє квадратичне відхилення результату вимірювань (СКВРВ), оцінка якого визначається за формулою

$$\tilde{\sigma}_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} = \tilde{\sigma}_X / \sqrt{n}, \quad (1.23)$$

де $x_i - \bar{X} = \Delta_i$ – *випадкове відхилення результату спостереження*;

$$\tilde{\sigma}_X = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}. \quad (1.24)$$

Оцінка, яку розраховано за формулою (1.3), зветься оцінкою середнього квадратичного відхилення результату спостереження (СКВРС).

При обмеженому числі спостережень оцінки $\tilde{\sigma}_{\bar{X}}$ і $\tilde{\sigma}_X$ є випадковими величинами, вони характеризують випадкові похибки результату вимірювання і результату спостереження відповідно.

Ці оцінки мають позитивне значення, оскільки є числовими параметрами закону розподілу випадкової величини X . Тому не можна ототожнювати поняття оцінок $\tilde{\sigma}_{\bar{X}}$ і $\tilde{\sigma}_X$ із середніми квадратичними похибками.

Вирази (1.23) і (1.24) справедливі при кількості спостережень $n \geq 2$. При збільшенні числа спостережень, тобто при прагненні n до нескінченності, оцінка $\tilde{\sigma}_X$ прагне до генерального значення середнього квадратичного відхилення результату спостереження σ_X , а оцінка $\tilde{\sigma}_{\bar{X}}$, згідно з (1.23) – до нуля.

Встановлення закону розподілу (ЗР) випадкової складової похибки вимірювання потребує виконання ряду трудомістких операцій (побудова емпіричного ЗР, вибір теоретичного ЗР, встановлення відповідності обраного

теоретичного ЗР емпіричному за деяким критерієм згоди), тому на практиці звичайно використовуються *інтервальні оцінки*.

Сенс такого оцінювання полягає в знаходженні інтервалів, що зветься *довірчими*, між границями яких з певними ймовірностями знаходяться істинні значення оцінюваних параметрів. Оскільки ця ймовірність, по суті, характеризує надійність результату вимірювання, то звичайно вона задається, виходячи з практичних міркувань, і з урахуванням цього розраховують довірчі границі. Згідно з ГОСТ 8.207-76 довірчу ймовірність Р для визначення довірчих границь похибки результату технічного вимірювання приймають рівною 0,95. У випадках, коли виконуються високоточні вимірювання або коли вимірювання неможливо повторити, припускається вказувати границі для довірчої імовірності Р = 0,99. У особливих випадках, наприклад, при вимірюваннях, результати яких мають значення для здоров'я людей, припускається приймати більш високу довірчу ймовірність. Довірчі границі інтервалу можуть бути визначені згідно з формулою

$$\Delta_x = t \cdot \tilde{\sigma}_{\bar{x}}. \quad (1.25)$$

Тут t – коефіцієнт, що визначається прийнятою довірчою ймовірністю Р і законом розподілу випадкової величини – функцією $F(x)$ або щільністю $p(x)$ розподілу імовірностей.

У якості оцінок параметра може бути прийняте математичне сподівання, дисперсія, середнє квадратичне відхилення і т. ін.

Часто згідно з умовами вимірювального експерименту достатньо знати орієнтовно апріорне розподілення. У такому випадку використовують відомості про закони розподілу та умови їх застосування (табл. 1.4). На відміну від реальних, такі функції розподілу є зрізаними, внаслідок чого можна характеризувати їх одним параметром – середнім квадратичним відхиленням похибки.

Таблиця 1.4

Закон розподілу	Об'єкти, умови застосування
Нормальний	Випадкові похибки, зокрема флуктуаційні похибки різного роду; похибки багаторазових вимірювань (навіть якщо ЗР імовірностей складових відрізняються від нормального); сумарні похибки великої кількості незалежних окремих похибок (при відсутності домінуючої похибки). При великому числі спостережень
Ст'юдента	Випадкові похибки вимірювань при малому числі спостережень
Рівномірний	Похибки рахування імпульсів за еталонний проміжок часу; похибки, що обумовлені люфтами; похибки округлення результатів; відхилення значень параметрів, що контролюються. Відсутні дані для вибору обґрунтованого ЗР
Трикутний (Сімпсона)	Сумарна похибка, що залежить від двох випадкових похибок, які розподілені за однаковим (наприклад, рівномірним) законом; похибки цифрових вимірювальних приладів; похибки вимірювання послаблення, опору і т. ін. методом заміщення; похибки вимірювань відрізків часу, довжини і т. ін. за двома округленими відліками; нестабільності параметрів усередині заданих границь відхилення від номінального значення

Оскільки в більшості випадків результати спостережень належать до нормального (або достатньо близького до нього) розподілу, то для визначення значення t при $n > 30$ можна користуватися таблицями значень функцій Лапласа (табл. 1.5); надійність оцінки зберігається при різному числі спостережень. Ця ж таблиця використовується, коли середнє квадратичне значення похибки вимірювань задано в нормативній документації ЗВТ.

Таблиця 1.5

t	P	t	P	t	P
0,00	0,0000	1,00	0,6826	2,0	0,9545
0,05	0,0399	1,05	0,7063	2,1	0,9643
0,10	0,0797	1,10	0,7287	2,2	0,9722
0,15	0,1192	1,15	0,7499	2,3	0,9786
0,20	0,1585	1,20	0,7699	2,4	0,9886
0,25	0,1974	1,25	0,7887	2,5	0,9876
0,30	0,2358	1,30	0,8064	2,6	0,9907
0,35	0,2737	1,35	0,8230	2,7	0,9931
0,40	0,3108	1,40	0,8385	2,8	0,9949
0,45	0,3473	1,45	0,8529	2,9	0,9963
0,50	0,3829	1,50	0,8664	3,0	0,9973
0,55	0,4177	1,55	0,8789	3,1	0,9981
0,60	0,4515	1,60	0,8904	3,2	0,9986
0,65	0,4843	1,65	0,9011	3,3	0,9990
0,70	0,5161	1,70	0,9109	3,4	0,9993
0,75	0,5468	1,75	0,9199	3,5	0,9995
0,80	0,5763	1,80	0,9281	3,6	0,9997
0,85	0,6047	1,85	0,9357	3,7	0,9998
0,90	0,6319	1,90	0,9426	3,8	0,9999
0,95	0,6579	1,95	0,9488	3,9	1,0000

Якщо ж число спостережень, при яких було визначено значення оцінки σ_x , незначне, тобто $n \leq 30$, але відомо, що випадкова похибка результату спостережень розподілена за нормальним законом, то значення коефіцієнта t (коефіцієнта Ст'юдента) можна визначити за табл. 1.6 для відомого n . Табл. 1.5, 1.6 побудовано для двосторонньої довірчої ймовірності (двостороннього рівня значущості).

1.4.4. Надмірні похибки вимірювань

Наявність у результатах багатократних вимірювань надмірних похибок може викривити результат вимірювання та розширити довірчі межі. Тому результати спостережень, які містять надмірні похибки, мають бути виключені з обробки.

Таблиця 1.6

n	P = 0,9	P = 0,95	P = 0,98	P = 0,99	P = 0,999
3	2,92	4,30	6,96	9,92	31,60
4	2,35	3,18	4,54	5,84	12,92
5	2,13	2,78	3,75	4,60	8,61
6	2,02	2,57	3,36	4,03	6,87
7	1,94	2,45	3,14	3,71	5,96
8	1,89	2,36	3,00	3,50	5,40
9	1,86	2,31	2,90	3,36	5,04
10	1,83	2,26	2,82	3,25	4,78
11	1,81	2,23	2,76	3,17	4,59
12	1,80	2,20	2,72	3,11	4,44
13	1,78	2,18	2,68	3,05	4,32
14	1,77	2,16	2,65	3,01	4,22
15	1,76	2,14	2,62	2,98	4,14
16	1,75	2,13	2,60	2,95	4,07
17	1,75	2,12	2,58	2,92	4,02
18	1,74	2,11	2,57	2,90	3,97
19	1,73	2,10	2,55	2,88	3,92
20	1,73	2,09	2,54	2,86	3,88
22	1,72	2,08	2,52	2,83	3,82
24	1,71	2,07	2,50	2,81	3,77
26	1,71	2,06	2,49	2,79	3,73
28	1,70	2,05	2,47	2,77	3,69
30	1,70	2,04	2,46	2,76	3,66
40	1,69	2,02	2,42	2,70	3,55
50	1,68	2,01	2,40	2,68	3,50
60	1,67	2,00	2,39	2,66	3,46
80	1,66	1,99	2,37	2,64	3,42
100	1,66	1,98	2,36	2,63	3,39

Коли немає підстави вважати, що результати спостережень розподілено за нормальним законом, використовують так званий критерій Ірвінга:

$$\Delta_{Г и}^o = K_{Г и} \cdot \sigma_X, \quad (1.26)$$

де $K_{Г и}$ визначають за табл. 1.7 для відомих n і P ;

Таблиця 1.7

n	2	3	10	20	30	50	100	400	1000
P = 0,95	2,8	2,2	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8
P = 0,99	3,7	2,9	2,0	1,8	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2

– розраховане значення Δ_{Γ} порівнюють з різницею двох сусідніх значень результатів спостережень впорядкованої (за збільшенням або зменшенням значень) вибірки $\Delta_{x\Gamma} = x_n - x_{n-1}$;

– якщо $\Delta_{x\Gamma} < \Delta_{\Gamma}$, то x_n не містить надмірної похибки, інакше x_n виключають з вибірки, обробку повторюють.

Якщо є підстави вважати закон розподілу результатів нормальним, розраховують

$$\Delta_{\Gamma}^{\circ} = K_{\Gamma} \cdot \sigma_X, \quad (1.27)$$

де K_{Γ} визначають за табл. 1.8 для відомих n і P .

Якщо $\Delta_{x_i} = |x_i - X| < \Delta_{\Gamma}$, то вважають, що результат спостереження надмірну похибку в собі не містить, інакше – результат спостереження виключають з вибірки, обробку повторюють.

Таблиця 1.8

n	K_{Γ}		n	K_{Γ}	
	$P = 0,95$	$P = 0,99$		$P = 0,95$	$P = 0,99$
3	1,41	1,41	28	2,76	3,12
4	1,69	1,72	29	2,78	3,14
5	1,87	1,96	30	2,79	3,16
6	2,00	2,13	31	2,80	3,17
7	2,09	2,26	32	2,82	3,18
8	2,17	2,37	33	2,83	3,20
9	2,24	2,46	34	2,84	3,21
10	2,29	2,54	35	2,85	3,22
11	2,34	2,61	36	2,86	3,24
12	2,39	2,66	37	2,87	3,25
13	2,43	2,71	38	2,88	3,26
14	2,46	2,76	39	2,89	3,27
15	2,49	2,80	40	2,90	3,28
16	2,52	2,84	41	2,91	3,29
17	2,55	2,87	42	2,92	3,30
18	2,58	2,90	43	2,93	3,31
19	2,60	2,93	44	2,94	3,32
20	2,62	2,96	45	2,95	3,33
21	2,64	2,98	46	2,96	3,34
22	2,66	3,01	47	2,96	3,35
23	2,68	3,03	48	2,97	3,35
24	2,70	3,05	49	2,98	3,36
25	2,71	3,07	50	2,99	3,37
26	2,73	3,09	51	2,99	3,38
27	2,75	3,11	52	3,00	3,39

2. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

У процесі технічного обслуговування складних виробів (об'єктів контролю) з метою визначення їх готовності до застосування проводять вимірювання їх параметрів за допомогою засобів вимірювальної техніки.

Засіб вимірювальної техніки (ЗВТ) – технічний засіб, який застосовується під час вимірювань і має нормовані метрологічні характеристики.

За допомогою ЗВТ можуть вирішуватись такі вимірювальні задачі:

- контроль функціонування, працездатності та справності пристроїв;
- діагностування і прогнозування стану об'єкта контролю (ОК);
- пошук відмов і несправностей ОК;
- вимірювання параметрів при контролі технічних характеристик виробів;
- юстирування та калібрування технічних пристроїв.

2.1. Класифікація засобів вимірювальної техніки

ЗВТ класифікуються за двома ознаками: за функціональним та за метрологічним призначенням.

За *функціональним призначенням* ЗВТ поділяються на вимірювальні пристрої та засоби вимірювань (ЗВ).

Вимірювальний пристрій – засіб вимірювальної техніки, в якому виконується лише одна зі складових частин (компонентів) процедури вимірювань, яка зветься вимірювальною операцією.

Засіб вимірювань – засіб вимірювальної техніки, який реалізує процедуру вимірювань.

До вимірювальних пристроїв відносять міри, компаратори, вимірювальні перетворювачі та обчислювальні компоненти.

Міра – вимірювальний пристрій, що реалізує відтворення та (або) збереження фізичної величини заданого значення.

Розрізняють однозначні та багатозначні міри. *Однозначні міри* відтворюють одне значення, а *багатозначні* – декілька значень ФВ. Багатозначні міри конструктивно можуть виконуватись у вигляді регулюємих мір, магазинів та наборів мір. Наприклад, мірами є гирі, магазини опору і ємності, вимірювальні генератори, стандарти частоти і т. ін.

Компаратор – вимірювальний пристрій, що реалізує порівняння однорідних ФВ.

Вимірювальний перетворювач – вимірювальний пристрій, що реалізує вимірювальне перетворення.

Метою вимірювального перетворення є створення на виході вимірювального перетворювача сигналу вимірювальної інформації, форма якого зручна для передавання, подальшого перетворення, обробки і зберігання, але не піддається безпосередньому сприйманню спостерігачем.

До вимірювальних перетворювачів відносяться датчики, в яких величина, що вимірюється, перетворюється на сигнал, зручний для вимірювань, передавання, перетворення, зберігання або реєстрації.

Приклади вимірювальних перетворювачів: аналого-цифрові перетворювачі, цифро-аналогові перетворювачі, вимірювальні трансформатори, підсилювачі, перетворювачі напруги, частоти, зовнішні шунти і додаткові опори, датчики температури, вологості та ін.

Обчислювальний компонент (або числовий вимірювальний перетворювач) – вимірювальний пристрій, що є сукупністю засобів обчислювальної техніки і програмного забезпечення та виконує обчислювальні операції під час вимірювань.

Засоби вимірювань поділяють на вимірювальні прилади, вимірювальні канали та вимірювально-інформаційні системи.

Вимірювальний прилад (ВП) – засіб вимірювань, в якому створюється візуальний сигнал вимірювальної інформації (у формі, яка є доступною для безпосереднього сприйняття спостерігачем).

У залежності від форми подання показів розрізняють аналогові та цифрові вимірювальні прилади.

Аналоговий вимірювальний прилад (АВП) – вимірювальний прилад, показання якого є неперервною функцією зміни вимірюваної величини.

Цифровий вимірювальний прилад (ЦВП) – вимірювальний прилад, який автоматично виробляє дискретні сигнали вимірювальної інформації, та його показання, подані в цифровій формі.

За *принципом дії* розрізняють ВП прямої дії, порівняння, інтегруючі та підсумовуючі. У *ВП прямої дії* здійснюється одне або декілька перетворень сигналу вимірювальної інформації, функціонально пов'язаного з ФВ, яка вимірюється в одному напрямку, тобто без застосування зворотнього зв'язку. У *ВП порівняння* здійснюється безпосереднє порівняння вимірюваної величини з величиною, значення якої відомо. *Інтегруючі ВП* засновані на інтегруванні вимірюваної величини за часом або за іншою незалежною змінною (наприклад, лічильник витрати електричної енергії). До *підсумовуючих ВП* відносять прилади, показання яких пропорційні сумі двох або декількох величин, що підводяться до ВП по різних каналах (наприклад, витратоміри).

ВП можуть бути показувальними та реєструючими. *Показувальні ВП* припускають тільки відлік показань, а *реєструючі ВП* забезпечують реєстрацію сигналів вимірювальної інформації на матеріальному носії інформації (магнітному, паперовому та ін.).

Вимірювальний канал – сукупність ЗВТ, засобів зв'язку та інших технічних засобів, призначений для створення сигналу вимірювальної інформації про одну вимірювану величину. *Вимірювальна система* – сукупність вимірювальних каналів, вимірювальних пристроїв та інших технічних засобів, об'єднаних для створення сигналів вимірювальної інформації про декілька вимірюваних фізичних величин.

Вимірювально-інформаційна система – сукупність ЗВТ, засобів контролю, діагностики та інших технічних засобів, об'єднаних для створення сигналів вимірювальної інформації та інших видів інформації, а за необхідністю – передавання їх на відстань.

За **метрологічним призначенням** ЗВТ поділяються на еталони одиниць ФВ, робочі еталони та робочі ЗВТ.

Еталон одиниці ФВ (або еталон) – це засіб вимірювальної техніки, що забезпечує відтворення та (або) зберігання одиниці ФВ і передавання її розміру відповідним ЗВТ, що стоять нижче за повірочною схемою, й офіційно затверджений як еталон.

За *призначенням та метрологічними характеристиками* еталони підрозділяються на первинні, спеціальні та вторинні.

Первинний еталон – еталон, що забезпечує відтворення та (або) зберігання одиниці фізичної величини з найвищою в країні (у порівнянні з іншими еталонами тієї ж одиниці) точністю.

Спеціальний еталон – еталон, що забезпечує відтворення та (або) зберігання одиниці фізичної величини в особливих умовах і замінює в цих умовах первинний еталон.

Вторинний еталон – еталон, якому передається розмір одиниці ФВ від первинного або спеціального еталону.

До вторинних відносяться *еталони-копії* (служать для передавання розміру одиниці ФВ робочим еталонам) та *еталони передавання* (призначені для взаємного звірення еталонів, які за тих чи інших обставин не можуть бути звірені один з одним безпосередньо).

Робочий еталон (РЕ) – еталон, призначений для повірки чи калібрування засобів вимірювальної техніки. З метою забезпечення працездатності РЕ їх забороняють використовувати для технічних вимірювань, тобто для вимірювань, які не зв'язані з передаванням розміру одиниці ФВ.

Робочий засіб вимірювальної техніки (РЗВТ) – засіб вимірювальної техніки, що застосовується для вимірювань, не зв'язаних з передаванням розміру одиниці ФВ іншим засобам.

Для забезпечення єдності вимірювань одиниці ФВ передаються від первинних еталонів до РЗВТ.

2.2. Похибки засобів вимірювальної техніки

Характеристики засобів вимірювальної техніки можна розбити на дві групи: технічні та метрологічні.

Технічні характеристики ЗВТ включають: граничні значення неінформативних параметрів, нормальні та робочі умови застосування, швидкодію, надійність та ін.

Метрологічні характеристики (МХ) ЗВТ – характеристики ЗВТ, які нормуються для визначення результату вимірювання та його похибок.

Основні МХ засобів вимірювальної техніки:

– принцип дії – фізичний принцип, що покладений в основу побудови ЗВТ даного типу;

– діапазон вимірювань – область значень вимірюваної величини, для якої нормовані припустимі похибки ЗВТ;

- похибка засобу вимірювальної техніки – відхилення показань ЗВТ від істинного значення величини;
- чутливість – відношення змінювання сигналу на виході ЗВТ до змінювання вимірюваної величини;
- вхідний опір (імпеданс);
- область робочих частот;
- динамічні характеристики – МХ властивостей ЗВТ, які проявляються в тому, що на вихідний сигнал цього ЗВТ впливає змінення вхідного сигналу в часі (перехідна характеристика, імпульсна перехідна характеристика, амплітудно-фазова характеристика, амплітудно-частотна характеристика, передаточна функція);
- функція перетворення – залежність інформативного параметра вихідного сигналу ЗВТ від інформативного параметра його вхідного сигналу;
- функція впливу – залежність змінення МХ ЗВТ від змінення впливної величини або від змінення сукупності таких величин.

2.2.1. Основні та додаткові похибки засобів вимірювальної техніки

На показання засобів вимірювальної техніки впливають зовнішні фактори (температура, вологість, тиск та ін.). Весь діапазон можливих значень кожної впливної величини поділяють на три зони: нормальну, робочу і граничну. Відповідно розрізняють нормальні, робочі та граничні умови застосування ЗВТ.

Нормальні умови застосування ЗВТ – умови, за яких впливні величини мають нормальні значення або знаходяться в границях нормальних інтервалів значень.

Робочі умови застосування ЗВТ – умови, за яких значення впливних величин знаходяться в границях робочих зон.

Граничні умови – сукупність границь зон значень впливних величин, при яких можливо транспортування і зберігання ЗВТ без змінення їх метрологічних властивостей після повернення до робочих умов застосування.

У нормальній області значень величин, що впливають, похибка ЗВТ мінімальна. Якщо впливна величина знаходиться в робочій зоні, то похибка збільшується. Якщо впливна величина виходить за межі робочої зони, то похибка засобу ЗВТ може бути скільки завгодно великою і не нормується. Експлуатувати ЗВТ у такому випадку недопустимо.

У залежності від умов застосування ЗВТ їх похибки поділяють на основну і додаткову.

Основна похибка – похибка ЗВТ, який застосовується в нормальних умовах.

Додаткова похибка – похибка ЗВТ, що додатково виникає під час застосування ЗВТ в умовах відхилення хоча б однієї з впливних величин від нормального значення або її виходу за границі нормальної зони значень, і дорівнює різниці (без урахування знака) між значенням похибки, що відповідає деякому заданому значенню впливної величини в межах робочих умов застосування, і значенням похибки, що відповідає нормальному значенню впливної величини.

Звичайно нормуються:

– границя допустимого значення основної похибки Δ_0 ЗВТ або границя допустимого значення Δ_s систематичної складової і границя допустимого значення σ_p середнього квадратичного відхилення випадкової складової основної похибки ЗВТ;

– границя допустимого значення додаткової похибки або її складових, найбільше допустиме змінення похибки, що обумовлена зміненням впливних величин в границях робочої зони, границя допустимого значення похибки в інтервалі впливної величини (похибки ЗВТ в умовах, коли одна з впливних величин приймає значення в границях її робочої області, а всі інші впливні величини знаходяться в границях нормальної області значень) або функції впливу.

Границі допустимих додаткових похибок встановлюють:

– у вигляді постійного значення для всієї робочої області впливної величини або у вигляді постійних значень по інтервалах робочої області впливної величини;

– у вигляді відношення границі допустимої додаткової похибки, яка відповідає регламентованому інтервалу впливної величини, до цього інтервалу;

– у вигляді залежності границі допустимої додаткової похибки від впливної величини (граничної функції впливу).

Границі допустимої додаткової похибки, як правило, встановлюються у вигляді часткового (кратного) значення границі допустимої основної похибки. Додаткова похибка нормується тими ж числовими характеристиками, що і основна похибка.

Припускається додаткову похибку виражати у формі, відмінній від форми виразу границь допустимої основної похибки.

Найбільш часто на практиці похибки ЗВТ наводять у вигляді границь допустимих похибок.

У залежності від характеру змінень похибок в границях діапазону вимірювань, а також умов застосування і призначення ЗВТ конкретного виду границі допустимих основної і додаткових похибок прийнято наводити в формі абсолютних, відносних і наведених похибок.

1. Границі допустимої абсолютної основної похибки встановлюються за формулою

$$\Delta_{op} = \pm a \quad (2.1)$$

або

$$\Delta_{op} = \pm (a + bX), \quad (2.2)$$

де X – значення вимірюваної величини на вході (виході) ЗВТ або число позначок, яке відлічено за шкалою;

a, b – додатні числа, що не залежать від X .

Границі наводять у формі абсолютних похибок у тому випадку, коли похибку результатів вимірювань в даній галузі вимірювань прийнято наводити в одиницях

вимірюваної величини або в позначках шкали, наприклад, границі допустимих похибок мір маси, довжини, засобів для вимірювання температури і т. ін.

2. Границі допустимої відносної основної похибки встановлюються за формулою

$$\sigma_{op} = \pm \Delta_{op} \cdot 100 / X = \pm g, \quad (2.3)$$

якщо Δ_{op} встановлено за формулою (2.1), або за формулою

$$\delta_{op} = \pm \Delta_{op} 100/X = \pm \left[c + d \left(\frac{|X_k|}{|X|} - 1 \right) \right], \quad (2.4)$$

де X_k – більша (за модулем) з границь вимірювань.

У формулах (2.3) і (2.4) додатні числа g , c і d вибираються з ряду:

$1 \cdot 10^n$; $1,5 \cdot 10^n$; $(1,6 \cdot 10^n)$; $2 \cdot 10^n$; $2,5 \cdot 10^n$; $(3 \cdot 10^n)$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$; ($n = 1, 0, -1, -2$ і т. ін.).

Значення ряду, вказані в дужках, не встановлюють для ЗВТ, що заново розробляються.

Наприклад, границю допустимої основної похибки вимірювання постійної напруги вольтметром В7-34 на границі вимірювань 0,1 В встановлено рівною $\delta_{op} = \pm [0,02 + 0,01 (U_k/U - 1)]$, а на границях вище 1 В $\delta_{op} = \pm [0,015 + 0,002 (U_k/U - 1)]$.

Додатково встановлено форму виразу границь допустимої відносної похибки в децибелах

$$\delta_{op} = \pm A \lg (1 - \Delta_{op} / X), \quad (2.5)$$

де $A = 10$ – при вимірюванні потужності, енергії, щільності та інших енергетичних величин;

$A = 20$ – при вимірюванні напруги, сили струму, напруженості поля та інших силових величин;

X – дійсне значення вимірюваної величини.

3. Границі допустимої приведеної основної похибки встановлюють за формулою

$$\gamma_p = \pm \Delta_{op} \cdot 100 / X_N = \pm p, \quad (2.6)$$

де γ_{op} – границі допустимої основної похибки, %;

Δ_{op} – границі допустимої абсолютної основної похибки, що встановлюються за формулою (2.1);

X_N – нормуюче значення, що наведено в тих же одиницях, що і Δ_{op} .

Нормуюче значення X_N для ЗВТ з рівномірною, практично рівномірною або степеневою шкалою, а також для вимірювальних перетворювачів, якщо нульове

значення вхідного (вихідного) сигналу знаходиться на краю або поза діапазоном вимірювань, встановлюється рівним більшій з границь вимірювань або рівним більшому з модулів границь вимірювань, якщо нульове значення знаходиться усередині діапазону вимірювань.

Приклад 1. Для вольтметра з границями вимірювань від 0 до 100 В нормуюче значення $U_N = 100$ В, а для амперметра з границями вимірювань від 1 до 10 А нормуюче значення $I_N = 10$ А.

Для електровимірювальних приладів з рівномірною, практично рівномірною або ступеневою шкалою й нульовою позначкою всередині діапазону вимірювань нормуюче значення припускається встановлювати рівним сумі модулів границь вимірювань.

Приклад 2. Для мікроамперметра з границями вимірювань від -150 до $+150$ мкА нормуюче значення

$$I_N = |-150| + |150| = 300 \text{ мкА.}$$

Для приладів, які мають шкалу з умовним нулем, нормуюче значення встановлюють рівним модулю різниці границь вимірювань.

Приклад 3. Для мілівольметра термоелектричного термометра з границями вимірювань від 200 до 600 °С нормуюче значення $T_N = 400$ °С.

Для приладів з встановленим номінальним значенням нормуюче значення встановлюють рівним цьому номінальному значенню.

Приклад 4. Для частотомірів з діапазоном вимірювань (45 – 55) Гц і номінальною частотою 50 Гц нормуюче значення $F_N = 50$ Гц.

Для вимірювальних приладів з суттєво нерівномірною шкалою нормуюче значення встановлюють рівним довжині шкали X_L або її частині, що відповідає діапазону вимірювань. У цьому випадку границі абсолютної похибки наводять, як і довжину шкали, в одиницях довжини.

Границі допустимих похибок наводять у формі наведених похибок, якщо границі абсолютних похибок ЗВТ конкретного виду можна вважати практично незмінними у всьому діапазоні вимірювань. Якщо вказані границі не можна вважати постійними, то границі допустимих похибок наводять у формі відносних похибок ($X_N = X_{\text{вим}}$).

2.2.2. Класи точності засобів вимірювальної техніки

Клас точності ЗВТ – узагальнена характеристика ЗВТ, що визначається границями його допустимих основних і додаткових похибок, а також іншими характеристиками ЗВТ, що впливають на його точність, значення яких регламентуються.

Клас точності характеризує властивості ЗВТ у відношенні точності, але не є безпосереднім показником точності вимірювань, що виконуються за допомогою цих засобів, тому що точність цих вимірювань залежить також від методу вимірювань і умов їх виконання. Наприклад, клас точності

характеризує: для вольтметра змінного струму – його найбільшу допустиму похибку, тобто допустимі змінення показів, що викликані відхиленням від нормальних значень температури, частоти змінного струму, зовнішніх магнітних полів та інших *впливних* величин; для нормальних елементів – границі, в яких повинно лежати дійсне значення їх електрорушійної сили, стабільність у часі і т. ін.; для більшості електро- і радіовимірювальних приладів – границі допустимих основної і додаткової похибок, що встановлюються у вигляді абсолютних, відносних і наведених похибок або у вигляді певного числа позначок шкали.

Основою для надання ЗВТ того чи іншого класу точності, як правило, є основна похибка і спосіб її вираження.

Для ЗВТ, у яких границі допустимої основної похибки прийнято виражати в формі приведеної похибки за формулою (2.6) або відносної похибки у відповідності з формулою (2.3), класи точності в документації прийнято зазначати числами, які дорівнюють цим границям, що виражені у відсотках. Наприклад, $\gamma_{op} = \pm 2,5\%$, клас точності позначають 2,5. Головним чином це стосується електровимірювальних приладів, манометрів тощо.

Для ЗВТ, у яких границі допустимої основної похибки прийнято виражати в формі відносних похибок у відповідності з формулою (2.4), класи точності в документації позначають числами s і d , розділяючи їх скісною рисою. Наприклад, для цифрового вольтметра В7-34, у якого границя допустимої відносної похибки вимірювання опору постійному струму на границі вимірювання 0,1 кОм:

$$\delta_{R_{op}} = \pm \left[0,025 + 0,01 \left(\frac{|R_k|}{|R|} - 1 \right) \right],$$

клас точності позначається у вигляді 0,025/0,01.

Для ЗВТ, у яких границі допустимої основної похибки прийнято виражати у формі абсолютних похибок за формулами (2.1) і (2.2) або відносних похибок, які встановлено у вигляді графіка, таблиці чи формули, класи точності позначають в документації великими літерами латинського алфавіту або римськими цифрами: наприклад, М, С або IV. До літерного позначення класу точності припускається додавати індекси у вигляді арабських цифр. Причому класам точності, яким відповідають менші границі допустимих похибок, призначають літери, що знаходяться ближче до початку алфавіту, або цифри, що означають менші числа. Позначення класів точності (див. табл. 2.1) наносяться на циферблати, щитки і корпуси ЗВТ з додаванням умовних знаків.

Більшою різноманітністю відзначаються позначення класів точності радіовимірювальних приладів.

Наприклад, класи точності високочастотних генераторів встановлюються в залежності від значення похибок основних параметрів.

Для кожного класу точності встановлюють норми на основні і додаткові похибки, супроводжуючі параметри і параметри дрейфу. Класи точності встановлюють:

– за частотними параметрами – границю допустимої основної похибки встановлення частоти. Наприклад, позначення F_1 означає, що границя допустимої похибки встановлення частоти складає 1 %;

– за параметрами вихідної напруги – границю допустимої основної похибки встановлення опорного рівня вихідної напруги або вихідної потужності. Наприклад, $U_{2дБ}$ або $P_{1,5дБ}$. У випадку, коли похибка встановлення опорного рівня вихідної напруги значна, її не нормують, а клас точності позначають U ;

– за параметрами амплітудної модуляції – границю допустимої основної похибки коефіцієнта модуляції, наприклад, AM_5 ;

– за параметрами частотної модуляції – границю допустимої основної похибки встановлення девіації частоти, наприклад, FM_{10} ;

– за параметрами амплітудної імпульсної модуляції, наприклад, PM_{15} .

Наприклад, генератор сигналів Г4-102 належить до класу точності $F_1U_{1дБ}AM_{10}$, генератор сигналів Г4-118 – F_1UAM_{10} , генератор сигналів Г4-116 – $F_1U_{1дБ}AM_{10}FM_{10}$.

Таблиця 2.1

Похибка ЗВТ	Границя допустимої основної похибки	Приклад границі допустимої похибки, %	Позначення
Приведена	$\gamma = \frac{\Delta_o}{X_N} = \pm P,$ якщо X_N виражено в одиницях вимірюваної величини	$\gamma = \pm 1,5$	1,5
	$\gamma = \frac{\Delta_o}{X_N} = \pm P,$ якщо X_N дорівнює довжині шкали	$\gamma = \pm 0,5$	✓0,5
Відносна	$\delta = \frac{\Delta_o}{X} = \pm q$	$\delta = \pm 0,5$	0,5
	$\delta = \pm \left[c + d \left(\left \frac{X_k}{X} \right - 1 \right) \right]$	$\delta = \pm \left[0,02 + 0,01 \left(\left \frac{X_k}{X} \right - 1 \right) \right]$	0,02/0,01
Абсолютна	$\Delta_o = \pm a$ або $\Delta_o = \pm (a + bX)$	–	М
Відносна	Похибку встановлено у вигляді графіка, таблиці або формули, що не наведено вище	–	С

Електронно-променеві осцилографи в залежності від точнісних параметрів поділяються на п'ять класів точності: прецизійні, класів 1, 2, 3 і 4.

Класи точності ватметрів надвисокої частоти встановлюються в залежності від форми вираження допустимого значення основної похибки з урахуванням деяких додаткових факторів, наприклад, найбільшого значення коефіцієнта стоячої хвилі (для ватметрів поглиненої потужності) і області коефіцієнта ефективності (для теплових ватметрів) у робочому діапазоні частот.

Класи точності інших радіовимірювальних приладів встановлюються згідно з відповідними стандартами загальних технічних вимог на прилади даного виду або можуть не встановлюватися взагалі.

3. ПРАВИЛА ПОДАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ

Значення фізичної величини, визначене за відліковим пристроєм ЗВТ або одержане в результаті обробки серії n спостережень, не може служити вірогідною характеристикою результату вимірювань (РВ), оскільки не оцінена похибка цього результату і не подана відповідна їй імовірність. Тому запис результату вимірювання, наприклад, у вигляді $U = 17,83$ В неприпустимо.

Форми подання результатів вимірювань встановлені відповідними нормативними документами (НД): ГОСТ 8.011-72, ГОСТ 8.207-76, МИ 1317-86, МИ 1552-86, РД 50-555-85 та ін.

У залежності від призначення вимірювань і характеру використання їх результатів форми подання результатів вимірювань можуть бути розподілені на дві групи, в яких указується:

- сумарна похибка вимірювань Δ_{Σ} ;
- статистичні характеристики випадкової і систематичної складових похибки вимірювання.

Для подання результатів вимірювань впроваджені шість показників точності:

а) інтервальні характеристики:

1) інтервал, що накриває сумарну похибку вимірювань із заданою ймовірністю P :

$$\Sigma \text{ від } \Delta_{\text{н}} \text{ до } \Delta_{\text{в}}; P = \dots ,$$

де $\Delta_{\text{н}}$ і $\Delta_{\text{в}}$ – нижня і верхня границі інтервалу;

2) інтервал, що накриває систематичну складову похибки $\Delta_{\text{с}}$ із заданою ймовірністю P :

$$\Delta_{\text{с}} \text{ від } \Delta_{\text{сн}} \text{ до } \Delta_{\text{св}}; P = \dots ,$$

де $\Delta_{\text{с}}$ визначається за сукупністю ЗВТ, тобто величина, що вимірюється, знаходиться шляхом статистичної обробки результатів, одержаних за допомогою не одного, а n приладів одного типу, систематичні похибки яких відрізняються одна від одної;

б) числові характеристики систематичної і випадкової складових похибки:

3) $\sigma(\Delta_{\text{с}})$ – середнє квадратичне відхилення (СКВ) систематичної складової похибки $\Delta_{\text{с}}$;

4) $\sigma(\Delta)$ – СКВ випадкової складової похибки Δ ;

5) функція (щільність) розподілу імовірностей випадкової складової похибки $P_{\Delta}(x)$;

6) функція (щільність) розподілу імовірностей систематичної складової похибки $P_{\Delta_{\text{с}}}(x)$.

Довірчі ймовірності задаються значеннями $P = 0,95$ для технічних і $P = 0,99$ для високоточних (півірка, калібрування, звірення ЗВТ) вимірювань.

З урахуванням вказаних показників точності застосовуються дві форми подання результатів вимірювань.

Форма 1: $A_{\text{вим}}; \Delta_{\Sigma}$ від $\Delta_{\text{н}}$ до $\Delta_{\text{в}}; P = \dots$.

Тут $A_{\text{вим}}$ – результат вимірювання, виражений в одиницях вимірюваної величини;

Δ_{Σ} – сумарна похибка вимірювання, виражена в тих же одиницях;

$\Delta_{\text{н}}$ і $\Delta_{\text{в}}$ – нижня і верхня границі сумарної похибки в тих же одиницях;

P – встановлена імовірність, з якою похибка вимірювання знаходиться в цих границях.

Наприклад: $V = 121,3$ м/с; Δ_{Σ} від $-1,2$ до $1,7$ м/с; $P = 0,99$.

При симетричних границях сумарної похибки ($\Delta_{\text{н}} = \Delta_{\text{в}} = \Delta$) результат вимірювань може бути поданий у вигляді:

$f = (43,83 \pm 0,25)$ кГц; $P = 0,95$.

Якщо в якості границь похибки вимірювань використовуються межі припустимих похибок ЗВТ, які визначаються при $P = 1$, то довірча імовірність у записі результату вимірювань не вказується:

$U = (100,3 \pm 0,4)$ В.

Звичайно форма 1 застосовується для запису результатів одноразових технічних або контрольних вимірювань.

Форма 2: $A_{\text{вим}}; \Delta_{\text{с}}$ від $\Delta_{\text{сн}}$ до $\Delta_{\text{св}}; P = \dots; \sigma(\Delta); P_{\Delta}(x)$.

У такому записі точність вимірювань зумовлюється інтервалом систематичної складової похибки $\Delta_{\text{с}}$ з верхньою $\Delta_{\text{св}}$ і нижньою $\Delta_{\text{сн}}$ границями, в якому з встановленою імовірністю P перебуває систематична складова похибки $\Delta_{\text{с}}$, а також середнім квадратичним відхиленням $\sigma(\Delta)$ випадкової складової похибки Δ і стандартною апроксимацією функції (щільності) розподілу імовірностей $P_{\Delta}(x)$ випадкової складової похибки.

Наприклад: $f = 10,75$ кГц; $\Delta_{\text{сф}}$ від $0,15$ до $0,23$ кГц; $P = 0,95$;

$\sigma(\Delta) = 0,20$ кГц; норм.

Стандартні апроксимації функцій (щільностей) розподілу ймовірностей, що встановлені ГОСТ 8.011-72 і використовуються на практиці замість реальних (визначення і використання яких суттєво ускладнює обробку результатів вимірювань), наведені в табл. 1.5. Стандартними вони називаються тому, що їх площа (в границях $\pm\Delta$) дорівнює одиниці.

Форма 2 рекомендується у випадках, коли одержані результати вимірювань підлягають аналізу або використовуються як проміжні при визначенні результатів і похибок опосередкованих або сукупних вимірювань.

Результат вимірювання і його похибка завжди обчислюються з певною помилкою, тому вірогідність їх значущих цифр неоднакова.

Значущими цифрами в записі деякого числа називаються цифри, починаючи від першої зліва, яка відрізняється від нуля. Наприклад, у запису похибки вимірювання напруги $\Delta U = \pm 0,0806$ В значущими є три цифри – 8, 0 і 6, а в запису похибки вимірювання струму $\Delta I = \pm 23,140$ мА – п'ять: 2, 3, 1, 4, 0.

При поданні результату вимірювання (обчислень) залишати більше цифр, ніж треба, не тільки занадто, але й помилково, оскільки може скластися враження,

що результат одержаний з більш високою точністю, ніж це є насправді. Прийнято залишати, принаймі, ще одну цифру після тієї, яку можна вважати вірогідною.

Приклад 1. Для вимірювання швидкості руху тіла за допомогою рулетки і точного годинника з відносною похибкою $\delta_V = \pm 1\%$ було визначено, що тіло просунулося на 10 см «у точності» за 3 с. Скільки цифр треба залишити після коми при записі результату?

Результат вимірювання:

$$V = 10 \text{ см} / 3 \text{ с} \approx 3,3333\dots \text{ см/с.}$$

$$\delta_V = \Delta V \cdot 100 / V, \text{ звідки } \Delta V = \delta_V \cdot V / 100 \approx 10,03 \text{ см/с.}$$

Так як істинне значення V перебуває між 3,30 і 3,36 см/с, вірогідними цифрами результату є перші дві, третя ж ненадійна, тому результат треба записувати у вигляді $V \approx 3,33 \text{ см/с}$.

Приклад 2. Додати до швидкості $V_1 = 3,33 \text{ см/с}$ швидкість $V_2 = 4,51 \text{ м/с}$, яка визначена з відносною похибкою 1%, і записати результат.

$$V_1 + V_2 = (3,33 + 451) \text{ см/с} = 454,33 \text{ см/с.}$$

Така відповідь означає, що похибка результату менше, ніж 0,01%. Щоб правильно урахувати похибку, результат треба записати у вигляді

$$V_1 + V_2 \approx 454 \text{ см/с.}$$

Приклад 3. Визначити відносну похибку запису чисельних значень A_i : 9; 9,0; 99; 9,9; 0,99; 0,099; 0,999.

Як відомо, $\delta_i = \Delta \cdot 100 / A_i$, де Δ – абсолютна похибка (при записі числового значення не перевищує одиниці молодшого розряду).

$$\text{Тому можна записати } \delta_1 \approx \pm 10\%, \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = \delta_5 = \delta_6 \approx \pm 1\%, \delta_7 \approx \pm 0,1\%.$$

Розглянуті приклади дозволяють зробити такі висновки:

– відносна похибка запису результату вимірювання максимально представлених числових значень, що утримують дві значущих цифри, не перевищує 1,2%;

– похибка запису РВ визначається похибкою вимірювань.

При поданні результатів вимірювань у наведених вище формах керуються такими правилами.

Правило 1.

Кількість значущих цифр похибки (або будь-якого іншого показника точності) повинна бути не більше двох.

На практиці в числовому значенні похибки вимірювань дві значущих цифри утримуються в таких випадках:

– при проведенні особливо відповідальних вимірювань або вимірювань, які виконуються з високою точністю (наприклад, при повірці або атестації ЗВТ);

– якщо з одержаними похибками передбачається проводити подальші розрахунки;

– якщо перша значуща цифра похибки 1 або 2.

У всіх інших випадках похибка округляється до однієї значущої цифри.

Приклади запису похибок:

Вірно
 $\delta_v = \pm 0,025$
 $\Delta U = \pm 0,3 \text{ В}$
 $\Delta f = \pm 6 \text{ кГц}$
 $\delta_R = \pm 10 \%$

Невірно
 $\delta_v = \pm 0,0246$
 $\Delta U = \pm 0,341 \text{ В}$
 $\Delta f = \pm 5,74 \text{ кГц}$
 $\delta_R = \pm 10,4 \%$

Правило 2.

Числові значення похибки і результату вимірювань повинні закінчуватись цифрою одного й того ж розряду.

Наприклад, у записі результату вимірювання напруги $U = (12,74 \pm 0,4) \text{ В}$; $P = 0,95$ допущена помилка: чисельне значення результату вимірювань не округлено, тобто не закінчується цифрою того ж розряду, що й похибка.

Правильне подання результату вимірювання повинно мати вигляд:

$$U = (12,7 \pm 0,4) \text{ В}; P = 0,95.$$

Таким чином, спочатку за правилом 1 округляється похибка вимірювання, а потім за правилом 2 – результат вимірювання.

Отриманий результат вимірювання можна подати у вигляді:

$$U = 12,7 \text{ В} \pm 0,4 \text{ В}; P = 0,95.$$

4. ОСНОВНІ СПОСОБИ ДОДАВАННЯ ПОХИБОК ВИМІРЮВАНЬ

Додавання похибок вимірювань виконується при вирішенні таких завдань:

- оцінюванні похибки вимірювальної установки на основі похибок ЗВТ, що входять до її складу;
- визначенні похибок вимірювань, що обумовлені комплексним впливом декількох величин;
- оцінюванні похибки опосередкованого вимірювання;
- обчисленні границь допустимих похибок ЗВТ;
- знаходженні сумарної похибки за відомими значеннями систематичної і випадкової складових похибок;
- визначенні сумарної похибки перетворення сигналу в вимірювальному каналі (тракті) за рахунок складових, що обумовлені неточностями передавання сигналу або його перетворення в різних вузлах тракту.

При додаванні похибок застосовуються три основні способи (додаватись можуть як відносні, так і абсолютні похибки).

Спосіб арифметичного додавання похибок передбачає обчислення сумарної похибки за формулою:

$$\delta_{\Sigma} = \sum_{k=1}^m |\delta_{A_k}|, \quad (4.1)$$

де $\delta_{A_k} = \Delta A_k / A_k$ – k -та відносна похибка, що додається;

m – кількість похибок, що додаються. Додавання за даним способом призводить до збільшеного, у порівнянні з дійсним, значення сумарної похибки, яке тим більше, чим більше число m похибок, що додаються.

Тому на практиці цей спосіб застосовується при умові $m \leq 3$.

Спосіб геометричного додавання похибок передбачає обчислення сумарної похибки за формулою:

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{k=1}^m \delta_{A_k}^2}. \quad (4.2)$$

Додавання за даним способом призводить до зниженого, у порівнянні з дійсним, значення сумарної похибки. Тому на практиці в формулу (4.2) вводиться коригувальний коефіцієнт ($k = 1,1$ при $P = 0,95$ і $k = 1,4$ при $P = 0,99$):

$$\delta'_k = k \sqrt{\sum_{k=1}^m \delta_{A_k}^2}. \quad (4.3)$$

Рекомендується застосовувати цей спосіб при $m \geq 4$.

Спосіб моментів передбачає обчислення сумарної похибки за однією з формул для оцінювання похибки опосередкованого вимірювання, коли

встановлена залежність $Y = \varphi(A_1, A_2, \dots, A_k, \dots, A_m)$ і обчислені (або відомі) похибки прямих вимірювань аргументів.

Даний спосіб дозволяє одержати більш точно у порівнянні зі вказаними вище способами значення сумарної похибки.

При оцінюванні границь похибки результату вимірювання сумарну похибку визначають в залежності від відношення сумарної невилученої систематичної похибки Δ_s до оцінки середнього квадратичного відхилення результату вимірювання σ_x за правилом:

$$\Delta = \begin{cases} \overset{\circ}{\Delta}_x, & \text{якщо } \Delta_s/\tilde{\sigma}_x < 0,8; \\ \Delta_s, & \text{якщо } \Delta_s/\tilde{\sigma}_x > 8; \\ k \cdot \sigma_\Sigma, & \text{якщо } 0,8 \leq \Delta_s/\tilde{\sigma}_x \leq 8, \end{cases} \quad (4.4)$$

де Δ_x обчислюється за відомою формулою;

$\Delta_{s\Sigma}$ визначається з (4.2);

$$k_\Sigma = \frac{\overset{\circ}{\Delta}_x + \Delta_{s\Sigma}}{\tilde{\sigma}_x + \sqrt{\sum_{k=1}^m \Delta_{sk}^2/3}}; \quad (4.5)$$

$$\tilde{\sigma}_\Sigma = \sqrt{\tilde{\sigma}_x^2 + \sum_{k=1}^m \Delta_{s\Sigma}^2/3}. \quad (4.6)$$

Таким чином, при обчисленні сумарних похибок використовуються різні способи: арифметичного, геометричного додавання та спосіб моментів.

5. ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ

При обробці результатів вимірального експерименту встановлення закону розподілу (ЗР) вимірюваної величини є достатньо трудомісткою процедурою [4], тому на практиці звичайно використовуються спрощені методики.

5.1. Обробка результатів однократних вимірювань

Обробка результатів однократних вимірювань виконується в такій послідовності:

- 1) за результат вимірювання приймають будь-який з декількох відліків вимірюваної величини, що співпадають (мажоритарний вибір);
- 2) за класом точності засобу вимірювання, що використовується, відтворюють форму виразу границі основної допустимої похибки; знаходять значення основної абсолютної похибки ЗВТ;
- 3) при необхідності визначають додаткові похибки ЗВТ;
- 4) підсумовують основну і додаткові похибки ЗВТ у відповідності до (4.1) або (4.2);
- 5) записують результат вимірювання відповідно до вимог стандартів (розділ 3).

5.2. Обробка результатів багатократних вимірювань

Обробка групи результатів спостережень включає в себе такі операції:

- 1) вилучають відомі систематичні похибки з результатів спостережень;
- 2) обчислюють середнє арифметичне (1.22) виправлених результатів спостережень, яке приймають за результат вимірювань;
- 3) обчислюють оцінку (1.24) середнього квадратичного відхилення результату спостережень;
- 4) вилучають надмірні похибки за методикою п. 1.4.4;
- 5) обчислюють оцінку (1.23) середнього квадратичного відхилення результату вимірювань;
- 6) обчислюють довірчі границі похибки результату вимірювання у відповідності до (1.25);
- 7) при необхідності враховують систематичну невиключену похибку за правилами (4.4) – (4.6).
- 8) записують результат вимірювання у відповідності до вимог стандартів.

6. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ

Задача 1.

Оцінити приведену, абсолютну та відносну похибки вимірювання постійної напруги приладом Ц4311 за шкалою з межою 150 В, якщо показання приладу складають 130 та 70 В. Записати результати вимірювань.

Розв'язання.

1. Клас точності приладу позначений як 0,5, тобто з табл. 2.1 приведена похибка $\gamma = \pm 0,5 \%$, а вираз для її обчислення

$$\gamma = \frac{\Delta_o}{X_N} = \pm P,$$

звідки абсолютна похибка

$$\Delta U = \gamma \cdot U_N / 100 = 0,5 \cdot 150 / 100 = \pm 0,75 \text{ В.}$$

2. Відносні похибки

$$\delta_1 = \Delta U \cdot 100 / U_1 = 0,75 \cdot 100 / 130 = \pm 0,57 \%;$$

$$\delta_2 = \Delta U \cdot 100 / U_2 = 0,75 \cdot 100 / 70 = \pm 1,07 \%.$$

3. Результати вимірювань:

$$U_1 = (130 \pm 8) \text{ В};$$

$$U_2 = (70 \pm 8) \text{ В}.$$

Висновки:

- абсолютна похибка одного порядку з приведеною;
- співставлення відносних похибок показує, що перше вимірювання точніше другого; таке співставлення можливе тільки за відносними похибками;
- вимірювання доцільно виконувати, виходячи з міркувань, щоб результат знаходився в останній третині або чверті шкали.

Задача 2.

Оцінити приведену, абсолютну та відносну похибки вимірювання постійного струму приладом М4200 за шкалою з межами $-150 \dots 0 \dots 150$ мА, якщо показання приладу складають 150 та -50 мА. Записати результати вимірювань.

Розв'язання.

1. Клас точності приладу позначений як 2,5, тобто з табл. 2.1 приведена похибка $\gamma = \pm 2,5 \%$, а вираз для її обчислення

$$\gamma = \frac{\Delta_o}{X_N} = \pm P,$$

звідки абсолютна похибка

$$\Delta I = \gamma \cdot I_N / 100 = 2,5 \cdot 300 / 100 = \pm 0,75 \text{ мА.}$$

2. Відносні похибки

$$\delta_1 = \Delta I \cdot 100 / I_1 = 0,75 \cdot 100 / 150 = \pm 5\%;$$

$$\delta_2 = \Delta I \cdot 100 / I_2 = 0,75 \cdot 100 / 50 = \pm 15\%.$$

3. Результати вимірювань:

$$I_1 = (150,0 \pm 0,8) \text{ мА};$$

$$I_2 = (-50,0 \pm 0,8) \text{ мА}.$$

Висновки аналогічні попереднім.

7. ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ В СТАНДАРТИЗАЦІЇ

Правильність, точність і наукова обґрунтованість визначень в галузі стандартизації мають велике значення, тому що терміни, визначення і поняття є основою нормативно-технічної, проектно-конструкторської та технологічної документації. В Україні упорядкування та стандартизацію термінології здійснює Український науково-дослідний інститут стандартизації, сертифікації та інформатики (УкрНДІССІ), Академія наук України та ін.

Стандартизація – діяльність, яка полягає у встановленні положень для загального і багаторазового застосування для вирішення потенційних завдань з метою досягнення оптимального ступеня впорядкування у певній сфері, результатом якої є підвищення ступеня відповідності продукції, процесів та послуг їх функціональному призначенню і сприянню науково-технічному співробітництву.

Міжнародна стандартизація – стандартизація, що проводиться на міжнародному рівні та участь у якій відкрита для відповідних органів усіх країн.

Національна стандартизація – стандартизація, що проводиться на рівні однієї країни.

Державна стандартизація – стандартизація, яка проводиться державними органами, поширюється на всі підприємства держави, а результатом її здійснення є державний стандарт.

Об'єкт стандартизації – предмети, продукція, процеси, технології, обладнання, системи, а також правила, поняття, визначення, процедури, методи тощо.

Орган стандартизації – орган, що провадить стандартизацією, визнаний на національному, регіональному чи міжнародному рівні, основними функціями якого є розроблення, ухвалення та затвердження стандартів.

Нормативний документ – документ, який устанавлює правила, загальні принципи чи характеристики різних видів діяльності або їх результатів. Цей термін охоплює такі поняття як «стандарт», «кодекс ustalеної практики» та «технічні умови».

Стандарт – документ, що встанавлює для загального і багаторазового застосування правила, загальні принципи або характеристики, які стосуються діяльності чи її результатів, з метою досягнення оптимального ступеня впорядкованості у певній галузі, розроблений у встановленому порядку. Міжнародний та регіональний стандарти – стандарти, прийняті відповідно міжнародним та регіональним органами стандартизації.

Технічні умови – документ, що встанавлює технічні вимоги, яким має відповідати продукція, процеси чи послуги. Технічні умови можуть бути стандартом, частиною стандарту або окремим документом.

Метою стандартизації в Україні є забезпечення безпеки життя та здоров'я людини, тварин, рослин, майна, а також охорона довкілля, створення умов для раціонального використання всіх видів національних ресурсів та відповідності об'єктів стандартизації своєму призначенню, сприяння усуненню технічних бар'єрів у торгівлі.

Стандарти мають відповідати потребам ринку, сприяти розвитку вільної торгівлі, підвищенню конкурентоспроможності вітчизняної продукції та бути викладені таким чином, щоб їх неможливо було використовувати з метою введення в оману споживачів продукції, якої стосується стандарт, чи надавати перевагу виробнику продукції або продукції залежно від місця її виготовлення.

Стандарти, застосовані під час виготовлення продукції мають зберігатися у виробника протягом 10 років після випуску останнього виробу цього виду продукції.

7.1. Роль стандартизації у розвитку народного господарства України

Науково-технічний прогрес характеризується прискореними темпами розвитку науки і техніки, більш тісною їх взаємодією та впливом на виробництво. Відбувається значне ускладнення зв'язків між галузями народного господарства, підприємствами та організаціями, зростають вимоги до сировини, матеріалів, комплектуючих виробів і готової продукції. Першорядного значення набувають питання якості, надійності й безпеки товарів виробничого призначення та товарів народного споживання.

Стандартизація сприяє швидкому впровадженню наукових досягнень у практику, допомагає визначити найбільш економічні та перспективні напрямки розвитку науково-технічного прогресу і народного господарства країни.

Зростає роль стандартизації як важливої ланки у системі управління технічним рівнем якості продукції – від наукових розробок до експлуатації та утилізації виробів. Сьогодні немає такої сфери діяльності людини, з якою б не була пов'язана стандартизація, тому що з поширенням і поглибленням пізнання, розвитком науки і техніки, удосконаленням виробництва масштаби робіт значно зростають і розширюється сфера використання принципів стандартизації (рис. 7.1).

Основною метою стандартизації є оптимальне впорядкування об'єктів стандартизації для прискорення науково-технічного прогресу, покращення якості продукції, удосконалення організації управління народним господарством, розвиток міжнародного науково-технічного співробітництва.

Головним завданням стандартизації є створення системи нормативної документації, яка визначає прогресивні вимоги до продукції, її розробки, вироблення та застосування. Останнім часом однією з ключових проблем

науково-технічного та економічного розвитку країн є проблема якості продукції. Поліпшення якості продукції (процесів, робіт та послуг) – це не тільки споживча чи технічна, а й економічна, соціальна і політична проблеми суспільства.

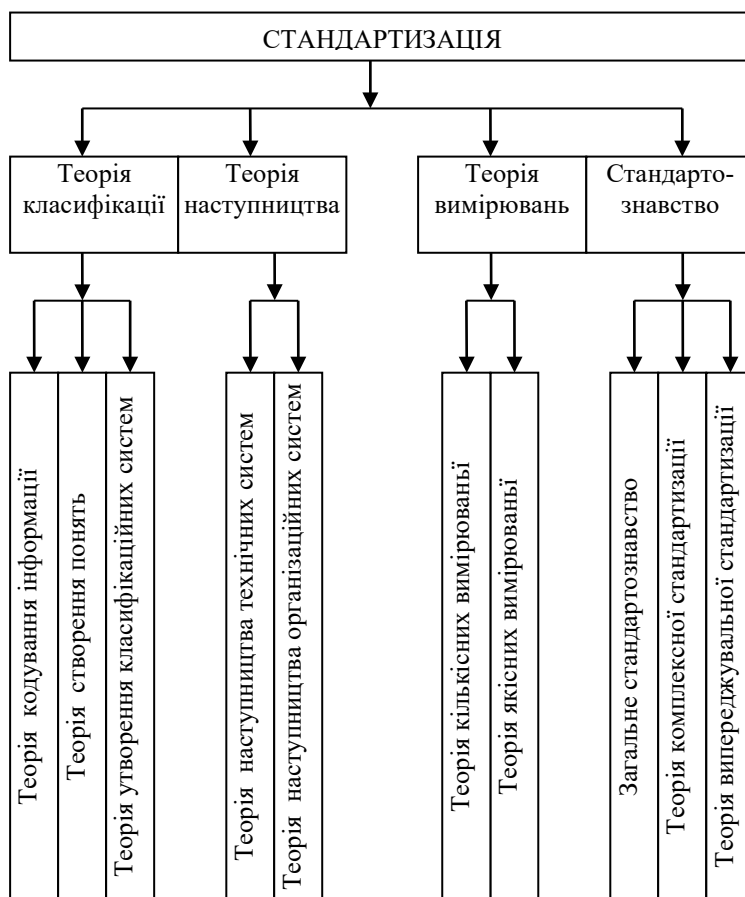


Рис. 7.1. Структура стандартизації як галузі науково-технічної діяльності

Сучасний рівень розвитку економіки України не задовольняє матеріальних і соціальних потреб, тому на перший план виходить проблема збільшення випуску продукції і підвищення її якості на основі стандартизації та сертифікації.

У 1993 р. Кабінет Міністрів України прийняв Декрет «Про стандартизацію та сертифікацію», що сприяло подальшому розвитку стандартизації та сертифікації в країні.

У 1993 р. Україна вступила до Міжнародної організації зі стандартизації (ISO), Міжнародну електротехнічну комісію (IEC), Організацію державних метрологічних закладів країн Центральної та Східної Європи (КООМТ). З 1997 р. Україна стала членом Міжнародної організації законодавчої метрології (МОЗМ). Це значно підвищило авторитет України на міжнародному рівні. Обраний напрямок технічної політики України визнали міжнародні організації та держави світу, про що свідчать укладені договори та угоди про співпрацю в галузі стандартизації, метрології та сертифікації з провідними державами світу.

Робота в галузі стандартизації, метрології і сертифікації регламентується 13 законами та декретами України та понад 20 указами, постановами Кабінету Міністрів України. В Україні створено і функціонують понад 120 технічних комітетів зі стандартизації, якими розроблено близько 2000 державних стандартів, 60 % яких узгоджені з міжнародними. Технічними комітетами України зі стандартизації розроблено понад 500 термінологічних стандартів в усіх галузях діяльності, що дало змогу сформувати основи української науково-технічної термінології. Станом на 1 січня 2002 р. в Україні надано чинності більше 2,5 тис. державним (національним) стандартам.

Для надання доступу українським виробникам до міжнародних і національних нормативних документів створено Головний інформаційний фонд стандартів. Станом на 1 жовтня 2020 р. у Головному інформаційному фонді стандартів Держстандарту України зберігалось понад 104 тис. нормативних документів, у тому числі 20 тис. стандартів, що мають статус національних, понад 13 тис. міжнародних стандартів Міжнародної організації зі стандартизації.

У Національному автоматизованому інформаційному фонді стандартів зберігаються понад 100 тис. нормативних документів, які постійно поновлюються. Працює міжнародна бібліографічна електронна база даних PERINORM.

Протягом 2015-2020 рр. затверджено 18 державних класифікаторів України. Державна стандартизація в Україні спрямована на забезпечення єдиної технічної політики в усіх галузях народного господарства та відповідності продукції світовому рівню якості.

7.2. Принципи та методи стандартизації

Стандартизація як діяльність охоплює комплекс взаємопов'язаних подій, фактів у житті суспільства, які впливають на процес узагальнення та розробку нових нормативних документів і забезпечує їх використання в матеріальній, культурній та торговій сферах діяльності.

Теорія, принципи та методи в стандартизації сформувалися в процесі її розвитку і використовуються при розробці нових нормативних документів. Принципи стандартизації пов'язані з її загальним провадженням і розв'язанням поставлених перед нею задач. До основних принципів слід віднести: плановість, оптимальність, перспективність, динамічність, системність, обов'язковість та ін.

Принцип плановості враховується при складанні перспективних і поточних планів з розробки нових і заміни застарілих стандартів. Планування робіт зі стандартизації невідривно пов'язане з планами розвитку народного господарства, тому що обсяги і спрямованість планів зі стандартизації визначаються завданнями і перспективою розвитку промисловості, сільського господарства та сфери обслуговування. У плани обов'язково включаються основні завдання комплексної стандартизації, метрології та сертифікації, виконання яких контролюється Держстандартом України.

Принцип оптимальності полягає в тому, що розробка нових стандартів і нормативних документів має бути спрямована на врахування нових досягнень в науці, промисловості й раціоналізації, щоб законодавчо закріпити оптимальні рішення в народному господарстві країни. Прийняті нові стандарти мають сприяти економії сировини, матеріальних, трудових, енергетичних ресурсів тощо.

Принцип перспективності полягає в тому, що нові стандарти мають враховувати підвищені норми та вимоги до об'єктів стандартизації і мають бути випереджаючими стандартами, враховувати новітні досягнення науки і техніки. Роботи зі стандартизації мають враховувати і закріплювати підвищені вимоги до якості продукції та послуг.

Принцип динамічності забезпечує проведення як планових, так і періодичних перевірок стандартів з метою внесення до них відповідних змін та своєчасного їх перегляду. Якщо ж стандарти не відповідають сучасним вимогам, то їх необхідно скасувати, щоб вони не заважали прогресивному розвитку.

Принцип системності визначає розробку стандартів як елемента системи і забезпечує упорядкування розроблених і взаємопов'язаних об'єктів стандартизації в єдину систему стандартизації.

Принцип обов'язковості полягає в тому, що розроблені й прийняті стандарти мають обов'язковий характер в державі і їх повинні дотримуватися всі підприємства й організації незалежно від форми власності.

У стандартизації застосовуються уніфікація, агрегування, типізація – найпоширеніші методи, які забезпечують взаємозамінність і спеціалізацію на всіх рівнях діяльності.

Уніфікація – найбільш поширений та ефективний метод стандартизації, яким передбачається приведення об'єктів до одноманітності і встановлення раціонального числа їх різновидів, наприклад, раціональне скорочення типів приладів або розмірів виробів однакового функціонального призначення (болти, гайки, швелери та ін.). Уніфікація дає змогу знизити вартість виробів, підвищити серійність та рівень механізації і автоматизації виробничих процесів. Основою уніфікації є систематизація та класифікація виробів, процесів, функцій тощо.

Агрегування – метод стандартизації, який полягає в утворенні виробів шляхом компонування їх з обмеженої кількості стандартних і уніфікованих деталей, вузлів, агрегатів, наприклад, складання приладів, двигунів, машин тощо.

Типізація – метод стандартизації, спрямований на розробку типових конструкцій, технологічних, організаційних та інших рішень на основі загальних технічних характеристик, наприклад, типові будівлі, типова технологія, типова структура управління тощо.

Взаємозамінність – це можливість використання одного виробу, вузла, агрегата чи послуги замість іншого подібного виробу, наприклад, заміна старого двигуна автомашини новим, заміна в приладі реохорда, електронного підсилювача тощо.

Спеціалізація – це організаційно-технічні заходи, спрямовані на створення виробництва для випуску однотипної продукції чи послуг в широкому масштабі, наприклад, кондитерська фабрика для випуску цукерок, завод для випуску телевізорів, холодильників, годинників та інших виробів.

7.3. Категорії та види стандартів

Нормативні документи (НД) ДСС України включають різноманітні стандарти, в яких встановлено вимоги до конкретних об'єктів стандартизації. Залежно від об'єкта стандартизації, складу, змісту, сфери діяльності та призначення нормативні документи поділяють на категорії та види.

Категорії нормативних документів залежно від об'єкта стандартизації та сфери діяльності розподіляються так:

- державні стандарти України;
- галузеві стандарти України;
- стандарти науково-технічних товариств України;
- технічні умови;
- стандарти підприємств.

Державні стандарти України (ДСТУ) – це нормативні документи, які діють на території України і застосовуються усіма підприємствами незалежно від форми власності та підпорядкування, громадянами – суб'єктами підприємницької діяльності, міністерствами (відомствами), органами державної виконавчої влади, на діяльність яких поширюється дія стандартів. ДСТУ для будь-якої держави світу є національним стандартом України, який затверджується Держстандартом України, в галузі будівництва – Мінбудархітектурою України. Для ДСТУ характерно міжгалузеве використання і поширення переважно на продукцію масового чи серійного виробництва, на норми, правила, вимоги, терміни та поняття.

Галузеві стандарти України (ГСТУ) розробляють на продукцію, послуги в разі відсутності ДСТУ, чи за потреби встановлення вимог, які перевищують або доповнюють вимоги державних стандартів. Вимоги ГСТУ не мають суперечити обов'язковим вимогам ДСТУ. ГСТУ є обов'язковими для всіх підприємств і організацій певної галузі, а та-кож для підприємств і організацій інших галузей (замовників), які використовують чи застосовують продукцію ЦЄІ галузі.

Стандарти науково-технічних та інженерних товариств України (СТТУ) розробляють за потреби поширення та впровадження систематизованих, узагальнених результатів фундаментальних і прикладних досліджень, одержаних у певних галузях знань чи сферах професійних інтересів. Вимоги СТТУ не мають суперечити обов'язковим вимогам ДСТУ та ГСТУ.

Підприємства застосовують СТТУ добровільно, а окремі громадяни – суб'єкти підприємницької діяльності – якщо вважають доцільним використовувати нові передові засоби, технології, методи та інші вимоги, які містяться в цих стандартах. Використання СТТУ для виготовлення продукції

можливе лише за згодою замовника або споживача цієї продукції, що закріплено договором або іншою угодою.

Технічні умови (ТУ) – нормативний документ, який розробляють для встановлення вимог, що регулюють відносини між постачальниками (розробником, виробником) і споживачем (замовником) продукції, для якої немає державних чи галузевих стандартів (або за потреби конкретизації вимог зазначених документів); їх затверджують на продукцію, яка перебуває в стадії освоєння і виробляється невеликими групами. ТУ розробляються на один чи декілька конкретних виробів, матеріалів, речовин, послугу чи групу послуг. Запроваджують ТУ в дію на короткі строки, термін їх дії обмежений або встановлюється за погодженням із замовником.

Стандарти підприємств (СТП) розробляються на продукцію (процес, послугу), яку виробляють і застосовують (надають) лише на конкретному підприємстві. СТП не мають суперечити обов'язковим вимогам ДСТУ та ГСТУ. Об'єктами СТП є частини продукції, технологічне оснащення та інструмент технологічні процеси; послуги, які надають на цьому підприємстві; процеси організації та управління виробництвом. СТП – основний організаційно-методичний документ у діючих на підприємствах системах управління якістю продукції. Як СТП можуть використовуватися міжнародні, регіональні та національні стандарти інших країн на підставі міжнародних угод про співробітництво.

Вид нормативного документа залежить від специфіки об'єкта стандартизації, призначення, складу та змісту вимог, встановлених до нього. Для різних категорій нормативних документів зі стандартизації розробляють стандарти таких видів: основоположні, на продукцію і послуги; на процеси; на методи контролю (випробувань, вимірювань, аналізу).

Основоположні стандарти встановлюють організаційно-методичні та загально-технічні положення для визначеної галузі стандартизації, а також терміни та визначення, загально-технічні вимоги, норми та правила, що забезпечують впорядкованість, сумісність, взаємозв'язок та взаємопогодженість різних видів технічної та виробничої діяльності під час розроблення, виготовлення, транспортування та утилізації продукції, безпечність продукції, охорону навколишнього середовища.

Стандарти на продукцію, послуги встановлюють вимоги до груп однорідної або певної продукції, послуг, які забезпечують їх відповідність своєму призначенню. У них наводяться технічні вимоги до якості продукції (послуг) при її виготовленні, постачанні та використанні; визначаються правила приймання, способи контролю та випробування, вимоги до пакування, маркування, транспортування, зберігання продукції або якості надаваних послуг.

Стандарти на процеси встановлюють основні вимоги до послідовності та методів (засобів, режимів, норм) виконання різних робіт (операцій) у процесах, що використовуються у різних видах діяльності та які забезпечують відповідність процесу його призначенню.

Стандарти на методи контролю випробувань, вимірювань та аналізу регламентують послідовність операцій, способи (правила, режими, норми) і технічні засоби їх виконання для різних видів та об'єктів контролю продукції, процесів, послуг. У них наводяться уніфіковані методи контролю якості, засновані на досягненнях сучасної науки і техніки.

7.4. Порядок розроблення, затвердження та впровадження стандартів

Розроблення стандартів в умовах сучасної багатогалузевої промисловості є складною науково-технічною роботою, що потребує значних коштів та часу. Тому під час розроблення стандартів необхідно дотримуватися таких вимог.

1. Розроблення стандартів проводиться тільки за потребою. В першу чергу мають розроблятися стандарти, які забезпечують безпеку життя населення, охорону навколишнього середовища, сумісність та взаємозамінність продукції.

2. Використання сучасних методів стандартизації з урахуванням вимог і досягнень міжнародної стандартизації.

3. Взаємне прагнення всіх зацікавлених сторін, які розробляють, виготовляють та споживають продукцію, до досягнення згоди щодо управління якістю продукції, її сумісністю та взаємозамінністю.

4. Керуватися вимогами споживачів, для чого представники органів торгівлі та спілка споживачів мають брати участь у розробленні проектів стандартів, готувати пропозиції щодо розробки, перегляду та зміни стандартів.

5. Встановлення таких вимог до основних властивостей об'єкта стандартизації, які можна об'єктивно перевірити, проконтролювати.

6. Виключення одночасного розроблення стандартів на ідентичні об'єкти стандартизації.

7. Стандарти мають бути викладені чітко, точно і зрозуміло для забезпечення однозначності розуміння їх вимог.

Стандарти розробляють відповідно до плану державної стандартизації з урахуванням норм чинного законодавства України, вимог ДСС України та документів міжнародних і регіональних організацій зі стандартизації.

Розроблення державних стандартів України здійснюють технічні комітети зі стандартизації (ТК), міністерства (відомства), головні (базові) організації зі стандартизації або організації, що мають у відповідній галузі необхідний науково-технічний потенціал.

Протягом року різні підприємства, організації та науково-дослідні інститути розробляють велику кількість стандартів різноманітних категорій та видів, що ускладнює організацію та контроль робіт у цій області. Для досягнення організаційно-методичної єдності у розробленні стандартів, забезпечення координації та контролю розроблення стандартів, підготовки до їх впровадження ДСС передбачає певні правила та порядок. Правила ДСС не залежать від об'єкта стандартизації, вони є загальними і наведені у ДСТУ 1.2. При розробленні стандартів необхідно дотримуватися таких стадій виконання робіт.

1. Організація розроблення стандартів.
2. Розроблення в першій редакції проекту стандартів.
3. Розроблення в остаточній редакції проекту стандартів.
4. Затвердження та державна реєстрація стандартів.
5. Видання та впровадження стандартів.

Відповідно до плану розроблення стандартів керівник організації, яка має розробляти проект стандарту, призначає відповідальних виконавців і визначає термін виконання окремих етапів роботи. Спочатку розробляється технічне завдання (ТЗ) на розробку стандарту. З цією метою здійснюється збір, вивчення та аналіз матеріалів щодо об'єкта стандартизації з урахуванням вітчизняного та зарубіжного досвіду, виконуються патентні дослідження,

У ТЗ визначаються мета та завдання стандарту; вказуються вимоги, які будуть встановлені у стандарті; обсяги та етапи роботи і терміни їх виконання. ТЗ на розробку стандарту затверджує голова ТК або керівник організації-розробника після погодження з Держстандартом України (Мінбудархітектурою України) та зацікавленими міністерствами (відомствами). Якщо стандарт розробляє ТК, то для виконання робіт ним визначається відповідний підкомітет (ПК), формується робоча група або залучається найбільш компетентна в цій галузі стандартизації організація.

Організація-розробник готує проект стандарту згідно з договором і ТЗ на розробку стандарту. Під час підготовки проекту стандарту здійснюють науково-дослідні, проектно-конструкторські роботи, випробування тощо. Після проведення науково-дослідних робіт вибирають оптимальні варіанти об'єкта (показники, норми, критерії, вимоги, правила), які стандарт має встановлювати. На стадії розробки проект стандарту перевіряють на патентну чистоту.

Одночасно з розробкою проекту стандарту складається пояснювальна записка, проводяться техніко-економічні розрахунки та розробляється план організаційно-технічних заходів щодо впровадження стандарту. Підготовлений проект стандарту та пояснювальну записку розсилають для отримання відгуку організаціям, з якими має бути погоджений проект стандарту (відповідно до переліку).

Організації, які одержали проект стандарту, складають на нього відгук і надсилають його на адресу організації-розробника не пізніше, ніж через місяць від дня одержання проекту.

Організація-розробник опрацьовує одержані відгуки, складає зведення усіх відгуків. На підставі зауважень і пропозицій, що містяться у зведених відгуків, здійснюється доопрацювання проекту стандарту, робляться обґрунтовані висновки щодо кожного зауваження та пропозиції. За наявності суттєвих розбіжностей відносно проекту стандарту ТК або організація-розробник забезпечують всебічний розгляд та узгодження всіх пунктів проекту. Лише після остаточного узгодження стандарт редагується.

На основі проведеної роботи складається остаточна редакція стандарту. Технічний комітет або науково-технічна рада (НТР) організації-розробника розглядає проект стандарту в остаточній редакції і приймає рішення про

подання його на затвердження. Прийняте рішення оформлюється протоколом, в якому зазначено результати голосування кожного члена ТК або НТР організації-розробника.

7.4.1. Затвердження та державна реєстрація стандарту

Технічний комітет, або організація-розробник, подає на затвердження до Держстандарту України (Мінбудархітектури України) остаточну редакцію проекту стандарту українською та російською мовами – Держстандарт України (Мінбудархітектури України) здійснює державну експертизу остаточної редакції стандарту. До експертизи проекту стандарту залучаються науково-дослідні інститути Держстандарту України (Мінбудархітектури України), ТК, відомі вчені та фахівці. Порядок проведення експертизи закріплений КНД 50-049-95.

Після проведення експертизи Держстандарт України розглядає стандарт і приймає рішення про затвердження або повернення остаточної редакції стандарту на доопрацювання. Під час затвердження стандарту визначають дату надання стандарту чинності з урахуванням часу на виконання підготовчих заходів з його впровадження.

Державна реєстрація стандарту проводиться з метою виключення дублювання стандартів і забезпечення централізованої інформації щодо стандартів у країні.

При реєстрації стандартам надається відповідна категорія та позначення, яке складається з індексу (ДСТУ, ТУ, ГСТУ, СТП, СТТУ), реєстраційного номера та року затвердження чи перегляду стандарту (дві останні цифри року, які відокремлені тире). У позначенні державного стандарту України, що входить до комплексу стандартів міжгалузевих систем, в його реєстраційному номері перші цифри з крапкою визначають комплекс стандартів.

7.4.2. Видання та впровадження стандартів

Видання та розповсюдження державних стандартів здійснюється Держстандартом України (Мінбудархітектурою України). Галузеві та інші стандарти видають міністерства (відомства), підприємства та організації. Розповсюджують стандарти через мережу спеціалізованих магазинів стандартів.

Інформацію щодо затвердження стандартів надають у Помісячному інформаційному покажчику «Стандарти», а стосовно чинних стандартів в Україні – у річному виданні «Каталог нормативних документів» та покажчику міждержавних стандартів. Упровадження стандартів є завершальним етапом комплексу робіт зі стандартизації. Стандарти впроваджуються у визначений термін і вважаються впровадженими на підприємстві, якщо встановлені у ньому показники, норми та вимоги дотримуються у відповідній галузі застосування. Стандарт на продукцію вважається впровадженим, якщо продукція відповідає усім вимогам цього стандарту.

Державний нагляд і відомчий контроль за додержанням стандартів здійснюється з метою припинення та попередження порушень стандартів, технічних вимог, іншої нормативної документації, випуску продукції з порушенням вимог стандартів, підвищення державної дисципліни і законності в галузі стандартизації. Суб'єкти підприємницької діяльності за порушення обов'язкових вимог стандартів, норм і правил несуть відповідальність згідно з чинним законодавством України.

Основною формою державного нагляду та відомчого контролю є вибіркова або суцільна перевірка. Продукція для перевірки може бути відібрана у сфері виробництва чи у сфері обігу, тобто на різних стадіях життєвого циклу. В основу перевірок покладено контроль відповідності продукції, що перевіряється.

Державний нагляд здійснюється шляхом проведення періодичних чи постійних перевірок. Періодичні перевірки мають форму інспекційного контролю за планами державного нагляду територіальних органів Держстандарту України або за зверненням громадян.

При усіх видах перевірок особливу увагу приділяють метрологічному забезпеченню. Якщо під час перевірки виявлено, що випуск продукції відповідає усім вимогам стандарту і технологія виробництва, що використовується, забезпечує її стабільну якість, то вважається, що стандарту додержуються.

Перевірки здійснюють головні державні інспектори з нагляду за стандартами і засобами вимірювань, їх заступники, державні інспектори. За потреби до перевірок можуть залучатися спеціалісти сторонніх організацій.

7.5. Переважні числа в стандартизації

Практична діяльність показала, що стандартизація більше поширюється на ті об'єкти, числові значення параметрів яких застосовуються з використанням спеціальних чисел, або ж ряду чисел, побудованих за певною математичною залежністю; називаються вони переважними числами.

Переважні числа – це числа, побудовані за певною закономірністю, або ж заокруглені їх значення ряду геометричної, арифметичної прогресії в інтервалі, які використовуються при встановленні градації відповідних параметрів (маси, розмірів, шкал, класів точності тощо). Використання переважних чисел і рядів має міжнародне значення.

У міжнародній організації зі стандартизації є спеціальний технічний комітет – ТК-19, який займається переважними числами, побудовою рядів переважних чисел та використанням їх у стандартизації.

Параметричні ряди переважних чисел, або ж параметричні стандарти встановлюють ряди параметрів і розмірів найбільш раціональних типів і видів деталей, вузлів, машин, устаткування та ін. Розробка параметричних рядів – це пошук і встановлення єдиної закономірності у вибраній степені величин, за допомогою яких стандартизуються певні характеристики об'єктів стандартизації: потужність, продуктивність, вантажність, швидкість, місткість

тощо. Завдяки такому підходу промисловість випускає електродвигуни різної потужності, машини різної вантажності та ін.

Стандартизація різних параметрів і розмірів устаткування, транспортних засобів запобігає виготовленню нестандартного устаткування і виникненню різного роду негараздів з їх транспортуванням. Стандартизація засобів вимірювальної техніки й автоматики дала змогу за мінімальної кількості типів приладів, перетворювачів та регуляторів забезпечити промисловість держави засобами автоматизації для розв'язання широкого спектру функціональних завдань автоматичного контролю і регулювання технологічних процесів.

Ряди переважних чисел мають відповідати таким вимогам:

– ряди мають будуватися на основі математичної і раціональної залежностей;

– ряди чисел мають бути нескінченними від 0 до ∞ , включаючи 1,0;

– всі числа мають включати всі десяткові значення будь-якого числа;

– числа мають бути простими і легко запам'ятовуватися.

Історія утворення перших рядів переважних чисел пов'язана з іменем французького інженера Шарля Ренара (1878), який розробив раціональний ряд діаметрів для виготовлення канатів. Враховуючи переваги геометричної прогресії перед арифметичною, Ренар взяв за основу канат і побудував ряд чисел з таким знаменником геометричної прогресії, який забезпечив би десяткове збільшення кожного числа ряду за формулою

$$g = \sqrt[5]{10} = 1.5849 \approx 1.6 \quad (7.1)$$

де g – знаменник прогресії.

Члени геометричної прогресії складають вихідні ряди: R5, R10, R20 і R40 з відповідними знаменниками прогресії: 1,6; 1,25; 1,12 і 1,06 і розміщені в інтервалі від 1 до 10. Ряди R5, R10, R20 і R40 називаються основними, а ряди R80 і R160 – додатковими рядами. Ряд R40 об'єднує числа попередніх основних рядів, і загальна сума чисел ряду дорівнює 20 при мінімальній різниці між числами ряду. Порядковий номер рядів Ренара для одиниці – нуль.

Порядкові номери чисел від 0 до 40 – логарифми чисел рядів Ренара при основі логарифмів, рівній відповідному знаменнику прогресії.

Для спрощення розрахунків значення члену ряду використовуються властивості логарифмів, за яких замість множення та ділення переважних чисел здійснюють складання або віднімання номера порядкових чисел і за результуючим порядковим номером знаходять значення переважного числа.

Арифметичний ряд досить простий, проте має суттєвий недолік – відносну нерівномірність зі зростанням числових значень.

Широко використовуються ряди серії E для вибору вантажопідйомності залізничних вагонів, автомобілів, контейнерів тощо. Побудова цих рядів переважних чисел аналогічна рядам Ренара, проте знаменник геометричної прогресії g відмінний від знаменника рядів Ренара.

8. МІЖНАРОДНА СТАНДАРТИЗАЦІЯ

8.1. Значення міжнародної стандартизації для розвитку промисловості та торговельних зв'язків між державами

Як правило, національна стандартизація відображає у своїх стандартах особливості та рівень промислового розвитку конкретної країни. Ці стандарти часто містять різні вимоги, що є серйозною перешкодою для розвитку міжнародної торгівлі. Розвиток міжнародної торгівлі потребує єдиного підходу до оцінки якості продукції, її характеристик, вимог до маркування, пакування, зберігання та транспортування. У міжнародній стандартизації зацікавлені як індустріально розвинені країни, так і країни, що розвиваються.

Міжнародна стандартизація сформувалася на базі міжнародного розподілу праці, поглиблення на цій основі процесів спеціалізації та кооперації виробництва. Економічне і науково-технічне співробітництво між країнами характеризується сьогодні швидкими темпами зростання міжнародної торгівлі, товарообігу, прискореним упровадженням досягнень науково-технічного прогресу в виробництво продукції, підвищенням її якості та надійності. У цих умовах значно зростає роль міжнародної стандартизації як організаційно-технічної основи співробітництва країн у різних галузях науки, техніки, економіки та виробництва.

Використання досвіду міжнародної стандартизації дає змогу швидко розвивати і піднімати виробництво до рівня передових промислових країн і тим самим розвивати та поглиблювати торговельно-економічні відносини між країнами. Міжнародні рекомендації, наведені у стандартах, не є обов'язковими для країн, але відповідність продукції нормам подібних стандартів визначає її вартість і конкурентоспроможність на світовому ринку. Зовнішня торговельна діяльність країн залежить від розвитку національних систем стандартизації, їх відповідності вимогам Генеральної угоди тарифів і торгівлі (ОАТТ) і Кодексу цієї організації, яка об'єднує більше 100 країн.

Головне завдання ОАТТ полягає у лібералізації зовнішньої торгівлі шляхом усунення митних бар'єрів і зниження тарифів. У 1993 р. на Уругвайському раунді було прийнято рішення про перетворення ГАТТ у Світову організацію торгівлі (СОТ), яка офіційно почала функціонувати з 1 січня 1995 р.

СОТ віддає перевагу стандартам, які розробляються Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO), Міжнародною електротехнічною комісією (IEC) та Міжнародним союзом телекомунікацій (ITU). Діяльність цих організацій поширюється на усі галузі стандартизації у світі, а угода СОТ на основі міжнародних стандартів – це фундамент світового ринку.

Україна приділяє велику увагу міжнародному науково-технічному співробітництву в галузі стандартизації з різними організаціями і бере

безпосередню участь у роботі міжнародних і регіональних організацій та їх технічних комітетів. Основними завданнями міжнародного науково-технічного співробітництва в галузі стандартизації є зближення та гармонізація ДСС України з міждержавними та регіональними системами, прогресивними національними системами стандартизації інших країн.

У галузі міжнародної стандартизації Держстандарт України як національний орган зі стандартизації представляє Україну в міжнародних та міждержавних організаціях з питань стандартизації:

- з 1992 р. – в Міждержавній Раді зі стандартизації, метрології та сертифікації країн СНД (в рамках Угоди про проведення узгодженої політики в галузі стандартизації, метрології та сертифікації та ін.);
- з 1993 р. – в Міжнародній організації зі стандартизації (ISO) та Міжнародній електротехнічній комісії (IEC) – найбільш впливових міжнародних організаціях у сфері стандартизації;
- з 1997 р. Україна є членом Європейського комітету зі стандартизації (CEN).

8.2. Міжнародна організація зі стандартизації

Початком міжнародної стандартизації є підписання в 1875 р. в Парижі Міжнародної метричної Конвенції з організації Міжнародної комісії з мір і ваги. Безпосереднє співробітництво різних країн у галузі стандартизації розпочалось у 1921 р., коли було проведено першу конференцію секретарів семи національних комітетів зі стандартизації. На цій конференції було вироблено організаційні принципи, на основі яких у 1926 р. створено Міжнародну федерацію національних асоціацій зі стандартизації, до складу якої увійшли близько 20 національних організацій зі стандартизації, розроблено близько 180 міжнародних рекомендацій зі стандартизації, але з початком Другої світової війни її діяльність було припинено. У 1943 р. при Організації Об'єднаних Націй (ООН) створено Комітет з координації стандартів (ККС), до якого увійшли 18 країв антигітлерівської коаліції. Основним завданням цього Комітету було збереження досвіду міжнародної стандартизації та координація діяльності країн у галузі стандартизації у післявоєнний час.

У Лондоні в 1946 р. відбулося спільне засідання ККС і делегатів 25 країн, на якому було прийнято рішення про створення Міжнародної організації зі стандартизації (ISO) і затверджено її статут, який визначив неурядовий статус цієї організації, структуру, функції керівних і робочих органів, методи роботи.

Основною метою ISO є забезпечення розвитку стандартизації та суміжних з нею галузей для сприяння міжнародному обміну товарами і послугами, а

також розвитку співробітництва в інтелектуальній, науковій, технічній та економічній діяльності.

ISO як неурядова організація має консультативний статус ООН і є найбільшою міжнародною організацією в галузі стандартизації з широкого кола питань, її членами є 160 країн світу.

Сьогодні ця організація знаходиться у Женеві (Швейцарія). Офіційні мови ISO – англійська, французька, російська. На цих мовах видаються усі матеріали та документи.

ISO складається із керівних і робочих технічних органів.

Вищим органом ISO є Генеральна асамблея, яка скликається один раз на три роки. До керівних органів належать Рада, Технічне бюро та Центральний секретаріат. Вищими керівними особами є президент, який обирається на три роки, і Центральний секретаріат. Рада керує роботою ISO в перервах між сесіями Генеральної асамблеї. До складу Ради входять 18 комітетів-членів. На засіданнях Ради рішення приймаються більшістю голосів присутніх на засіданні комітетів-членів Ради. Поточну адміністративно-технічну роботу здійснює Центральний секретаріат. Технічне бюро з питань управління готує пропозиції щодо планування, організації та координації роботи комітетів.

Технічними органами Ради ISO є комітети, що розробляють питання міжнародної стандартизації, сфери діяльності яких розмежовані.

Результатом діяльності CAPOLCO є періодичне видання переліку національних і міжнародних стандартів, які становлять інтерес для організацій споживачів.

Сфера діяльності ISO розподілена між 214 технічними комітетами (ТК). Кожний ТК має затверджену Радою ISO сферу діяльності. Основним видом роботи ТК є розробка, погодження та подання на затвердження Ради проектів міжнародних стандартів.

Для безпосередньої розробки проектів міжнародних стандартів у межах ТК створюються підкомітети (ПК) і робочі групи (РГ). Сьогодні налічується близько 650 підкомітетів, до 1700 робочих груп.

Україна є повноправним членом ISO з 1993 р. і входить до складу комітетів: CASCO, STACO, INFSCO. Як національний комітет-член входить до складу Комітетів DEVSCO, REMSCO, COPOLCO. 25 ТК Держстандарту України співпрацюють з 96 ТК та ПК ISO. Україна бере активну участь у роботі спільного технічного комітету ISO/IEC і ТК1 «Інформаційні технології», який створено у 1987 р.

Система ISO/IEC є найбільшою з існуючих міжнародних технічних організацій і поширює свою діяльність на всі галузі економіки і науки.

Міжнародна стандартизація з кожним роком набуває все більшого розвитку. Починаючи з 1989 р., щорічно 14 жовтня на честь створення ISO відзначається Міжнародний день стандартизації.

8.3. Міжнародна електротехнічна комісія

Початок міжнародного співробітництва в галузі електрики й електротехніки було покладено у 1881 р. Міжнародним конгресом з електрики.

На Міжнародному електротехнічному конгресі в 1904 р. було прийнято рішення про створення Комісії для розгляду питань стандартизації, термінології в галузі електротехніки і номінальних параметрів електричних машин.

У 1906 р. представники 13 країн на конференції в Лондоні в 1906 р. заснували ІЕС, яка сьогодні є однією з провідних міжнародних організацій з питань стандартизації в галузі електротехніки, радіотехніки та зв'язку. У 1947 р. ІЕС приєдналась до ISO на автономних правах як її електротехнічний відділ, при цьому вона повністю зберегла свою фінансову й організаційну самостійність. Якщо ISO призначена поширювати свою діяльність на цілий ряд галузей виробництва, то ІЕС вирішує завдання з координації й уніфікації національних стандартів у галузі електротехніки, радіоелектроніки та зв'язку.

До складу ІЕС входять 60 членів з усіх регіонів світу. Основна роль у роботі ІЕС відводиться промислово розвиненим країнам. Україна є членом цієї організації з 1993 р. Структура ІЕС аналогічна структурі ISO.

Вищим керівним органом ІЕС є Рада, в якій представлені національні комітети країн. Очолює ІЕС президент, який обирається на три роки. При Раді ІЕС створено Комітет дії, який підпорядкований Раді та подає їй свої рішення на затвердження. Комітет дії розглядає питання з координації роботи окремих технічних комітетів ІЕС або загальні питання щодо діяльності всієї організації. Рада обирає 12 членів комітету строком на шість років.

Основну технічну роботу в ІЕС виконують ТК. Кожний ТК працює над визначеною для нього галуззю техніки. В ІЕС створено 140 ТК, частина яких розробляє стандарти загальнотехнічного та міжгалузевого характеру, а інші – стандарти на конкретні види продукції.

8.4. Міжнародна організація законодавчої метрології

У 1956 р. була підписана міжурядова конвенція про заснування Міжнародної організації законодавчої метрології (ОІНЛ). Основні завдання ОІНЛ визначені конвенцією, ратифікованою урядами країн – членів цієї організації. ОІНЛ покликана забезпечувати єдність вимірювань у міжнародному масштабі, що необхідно для досягнення порівнянних і точних результатів усіх видів вимірювань, які проводяться в різних країнах. Вона уніфікує закони, правила та інструкції у сфері діяльності метрологічних служб.

До складу ОІНЛ входять 54 країни як країни-члени і 41 країна – як члени-кореспонденти. Вищим органом є Міжнародна конференція із законодавчої метрології, яка скликається один раз на шість років.

До складу Міжнародного комітету законодавчої метрології входять представники національних метрологічних служб країн – членів ОІНЛ. Засідання комітету відбуваються один раз на два роки. Виконавчим органом ОІНЛ є Міжнародне бюро законодавчої метрології, яке знаходиться у Парижі. Бюро виконує функції секретаріату організації і є центром, в якому збирається уся документація із законодавчої метрології. Бюро займається організаційними та координаційними питаннями ОІНЛ. Одна з важливих функцій бюро – координація роботи секретарів-доповідачів. В організації функціонують 66 секретарів-доповідачів, які закріплені за метрологічними службами окремих країн і розробляють загальні питання законодавчої метрології та питання з конкретних видів виміральної техніки.

Для розроблення міжнародних рекомендацій з оцінки похибок засобів вимірювань, методів вимірювань, загальних питань технічних вимог на окремі види засобів вимірювань, уніфікації термінів, позначень і визначень та ряду інших проблем створюються робочі групи, в які можуть входити спеціалісти декількох країн. Проект рекомендацій узгоджують з усіма членами ОІНЛ і розглядають у комітетах, а потім подають на затвердження Міжнародній конференції. ОІНЛ співпрацює з іншими міжнародними організаціями, які займаються питаннями метрології та стандартизації. Україна входить до складу ОІНЛ з 1997 р. Представником України в цій організації є Держстандарт України. Україна як член-кореспондент має право призначати своїх спостерігачів, одержувати міжнародні документи та рекомендації, бюлетені, звіти про зустрічі та конференції тощо. Сьогодні Держстандартом України вже отримані всі існуючі станом на 1 січня 2004 р. міжнародні документи та рекомендації ОІНЛ, якими можна користуватись у національному фонді стандартів.

9. ОСНОВИ СЕРТИФІКАЦІЇ

9.1. Розвиток сертифікації

Передові промислово розвинуті країни світу в 20—30-х роках ХХ ст. приступили до сертифікації продукції, що випускається, завойовуючи ринки продукцією відповідної якості та підтвердженою знаком відповідності стандартам.

У 1920 р. Німецький інститут стандартів (DIN) застосував у Німеччині знак відповідності стандартам DIN, який поширюється майже на всі види продукції, для якої передбачено спеціальний порядок проведення випробувань зразків та нагляду за виробництвом продукції. Знак DIN зареєстрований в державі відповідно до закону про захист торгових знаків.

Німецька електротехнічна асоціація (VDE) розробила одну з перших систем сертифікації електротехнічного та електронного обладнання, яка організує розробку національних стандартів в електротехніці, електроніці та зв'язку і здійснює управління системою сертифікації відповідного обладнання. До складу VDE входить Інститут випробувань і приймань, який має свої випробувальні підрозділи та виконує функції національного органу перевірки засобів вимірювань. Інститут випробувань і приймань є тією третьою стороною між підприємством-виробником та споживачем, яка розглядає і приймає рішення про вжиття необхідних заходів, запропонованих як виробником, так і випробувальними лабораторіями та органами нагляду, що дає змогу гарантувати належний рівень якості продукції.

У Великій Британії сертифікація охоплює основні галузі промисловості, але там діють декілька систем сертифікації як для окремих видів продукції, так і для однотипної продукції, що випускається різними компаніями та фірмами. Для продукції, яка сертифікується в системі, затверджено спеціальний знак відповідності британським стандартам, який зареєстрований і охороняється законом.

У Франції у 1938 р. відповідним декретом було створено систему сертифікації із супроводжувальним знаком NF, а відповідальність за спільну організацію управління системою покладено на Французьку асоціацію зі стандартизації (AFNOR). Система сертифікації зі знаком NF означає, що продукція повністю відповідає лише національним стандартам. У кінці ХХ ст. у Франції діяли близько 75 систем сертифікації на різні види продукції та послуги за національними стандартами.

Наявність великої кількості національних систем сертифікації призвело до того, що одна і та сама за призначенням продукція в різних державах сертифікувалась різними методами, за різними показниками і за різними національними стандартами, що певною мірою стримувало торговельні відносини між державами.

9.2. Міжнародна система сертифікації

Неузгодженість національних систем сертифікації стала перешкодою в торгівлі між країнами – членами Європейського Союзу (ЄС) і заважало реалізації ідей вільного простору, в якому б забезпечувалася вільна торгівля, переміщення людей, товарів та послуг. Відмінність у сертифікації стосувалась також і адміністративних аспектів. Необхідно було долати різні технічні бар'єри, обумовлені різними нормативними документами.

У 1989 р. на Раді Європейського Союзу було прийнято важливий документ «Глобальна концепція зі сертифікації і досліджень». Основна ідея цього документа полягає у формуванні довіри до товарів та послуг шляхом використання таких інструментів, як сертифікація та акредитація, що спираються на єдині європейські норми.

Основні рекомендації Глобальної концепції ЄС можна сформулювати так:

1. Заохочення загального застосування стандартів із забезпечення якості серії EN 29000 і сертифікація на відповідність цим стандартам.

2. Застосування стандартів серії EN 45000, які встановлюють вимоги до органів зі стандартизації та випробувальних лабораторій при їх акредитації.

3. Заохочення до створення централізованих національних систем акредитації.

4. Застосування організації з досліджень та сертифікацій галузі, яка не регулюється стандартами.

5. Гармонізація інфраструктури випробувань і сертифікації в країнах ЄС.

6. Укладення договорів з третіми країнами (не членами ЄС) про взаємне визнання випробувань та сертифікатів.

Якщо сьогодні в країнах Західної Європи дотримуються єдиних правил сертифікації, випробувань з використанням міжнародних стандартів, то в СІЛА сертифікація гарантується лише на національному рівні.

Країни Східної Європи проводять сертифікацію аналогічно до західноєвропейських держав, визнають міжнародні стандарти, а процеси інтеграції щодо питань стандартизації, сертифікації та випробувань розпочались наприкінці 70-х років ХХ ст. Радою економічної взаємодопомоги (РЕВ) були розроблені Основні принципи взаємного визнання результатів і контролю якості продукції та методичні матеріали. У 1980 р. Інститут РЕВ зі стандартизації розробив Загальні умови взаємного визнання результатів випробувань продукції, відповідно до яких передбачено організацію мережі керівних структур для взаємного визнання результатів випробувань у всіх країнах – учасницях угоди.

Система сертифікації стала ефективним фактором захисту внутрішнього ринку від небезпечної зарубіжної продукції і захисту наших виробників від недобросовісних конкурентів. Нормативні документи УкрСЕПРО

відповідають рекомендаціям ISO/IEC і враховують вимоги європейських стандартів EN 45000.

Надійним інструментом захисту і регулювання ринку є державна система сертифікації УкрСЕПРО, в якій акредитовано більше 140 органів із сертифікації, близько 700 випробувальних лабораторій, підготовлено та записано до реєстру 230 аудиторів. Система сертифікації України побудована за дворівневою схемою: верхній рівень створює державна система сертифікації, а нижній утворюють органи сертифікації за видами продукції та центри випробувань (лабораторії).

Органи сертифікації системи УкрСЕПРО, спеціалізовані за видами продукції, незалежні ні від виробника продукції, ні від споживача, тому їх рішення є об'єктивними, незалежними і справедливими. Органи сертифікації проводять сертифікацію конкретної продукції, акредитують випробувальні центри (лабораторії), співробітничать з Держстандартом України з питань організації роботи і вдосконалення системи сертифікації, видають виробникам продукції сертифікати відповідності і висновки про відповідність продукції чи зауваження стосовно продукції та її якості. За дотримання правил і порядку сертифікації продукції та послуг несе відповідальність Держстандарт України в межах своєї компетенції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основи стандартизації та сертифікації : підручник для студентів вищ. навч. закл. / О. М. Величко, В. Ю. Кучерук, Т. Б. Гордієнко, В. М. Севастьянов. За заг. ред. О. М. Величка. – Херсон : Олді-плюс, 2013. – 364 с. – Библиогр.: с. 315. – ISBN 978-966-2393-82-8.
2. Бичківський Р. В., Столярчук П. Г., Гамула П. Р. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація. – Львів : НТУ «Львівська політехніка», 2002. – 560 с.
3. Шишов Н. Н. Правила выполнения и оформления текстовых научных документов. – Х. : ВИРТА, 1993. – 296 с.
4. Козлов В. Є., Крюков О. М., Рудаков С. В., Стаднік В. В. Ідентифікація законів розподілу результатів вимірювального експерименту: Навчально-методичний посібник. – Х. : ХВУ, 2002. – 16 с.
5. Стандартизація і сертифікація продукції та послуг : навч. посіб. / Н. А. Медведєва, О. В. Радько, О. Д. Близнюк, М. М. Регульський. – К. : НАУ, 2013. – 400 с.
6. Алексей Кирилеско, Василий Строяновский. Основи метрології, стандартизації, сертифікації та управління якістю. Київ. 2016. С. 480. ISBN 978-617-681-126-8.

Навчально-методичне видання

С. В. Рудаков, О. М. Семків

СТАНДАРТИЗАЦІЯ, МЕТРОЛОГІЯ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ У СФЕРІ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

Курс лекцій

Тех. редактор – Гобельовська Л. П.
Коректор Сільченко Г. В.
Дизайн обкладинки Кончицька Ю. Г.

Підписано до друку 15.12.2021 р. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Гарнітура шкільна. Друк цифровий.
Ум. друк. арк. 3,5. Тираж 50 прим. Зам. № 3564.



Видавець та виготовлювач ТОВ «Друкарня Мадрид»
61024, м. Харків, вул. Гуданова, 18. Тел.: 0800-33-67-62
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
Серія ДК № 4399 від 27.08.12 р.
www.madrid.in.ua info@madrid.in.ua