

**МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ**

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра „Матеріали і технології виготовлення виробів транспортного
призначення”**

**В.М. Остапчук, Л.А. Тимофєєва,
Г.Л. Комарова, Н.М. Можарова**

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Конспект лекцій

Харків – 2008

Остапчук В.М., Тимофеева Л.А., Комарова Г.Л., Можарова Н.М.
Метрологічне забезпечення якості продукції: Конспект лекцій. – Харків:
УкрДАЗТ, 2008. - 47 с.

У конспекті розглядаються основні принципи організації метрологічного забезпечення якості продукції та послуг, характеристики точності, що нормуються, засоби випробувань.

Рекомендується для магістрів спеціальності „Якість, стандартизація та сертифікація”.

Іл. 10, табл. 2, бібліогр.: 20 назв.

Конспект лекцій для самостійного вивчення дисципліни з курсу „Метрологічне забезпечення якості продукції” розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри “МТВ” 15 грудня 2006 року, протокол № 6.

Рецензент

доц. Л.І. Пуятіна

ВСТУП

Для економіки будь-якої країни є характерними такі загальні тенденції розвитку:

- зростання вимог до точності й достовірності вимірювань, необхідних для вироблення високоякісної продукції;
- вимірювальна інформація супроводжує всі стадії життєвого циклу продукції. Це й довідкові дані про властивості матеріалів, що використовуються на стадіях проектування та виробництва продуктів, вони ж визначають їхню надійність і довговічність; це й результати випробувань, що допомагають удосконалити й довести до належного рівня конструктивні та технологічні рішення; це й результати вимірювань, необхідних для ефективного управління технологічним процесом, і, нарешті, результати контролю, враховуючи які, приймається рішення щодо реальної якості продукції та доцільності її виготовлення.

Відомо, що одержання й використання недостовірних даних вимірювань призводить до порушення виробничого процесу, зниження ефективності виробництва, невиправданих економічних втрат та погіршення якості продукції.

Взаємозв'язок якості вимірювальної інформації (точність, достовірність результатів вимірювань, випробувань, контролю) та якості виготовленої продукції переконливо підтверджується практикою. Там, де добре налагоджено вимірювальну справу та правильно використовують сучасні досягнення метрологічної науки, відповідно вищі культура виробництва і технічний рівень продукції.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ

Метрологія – наука про вимірювання (ДСТУ 2681 – державний стандарт).

Термін „*метрологія*” складений із двох грецьких слів: „*метрон*” – міра та „*логос*” – учення.

Метрологія в сучасному її розумінні – наука про вимірювання, методи та засоби забезпечення їх єдності і способи досягнення потрібної точності.

Єдність вимірювання – такий стан вимірювання, при якому їх результати виявлені в узаконених одиницях та похибки вимірювань відомі з заданою імовірністю. Єдність вимірювання необхідна для того, щоб можливо було порівняти результати вимірювань, що виконані в різних місцях у різний час з використанням різних методів та засобів.

З точки зору змісту метрологія складається з двох частин:

- технічна метрологія;
- метрологічне забезпечення.

Метрологічне забезпечення – встановлення та застосування метрологічних норм та правил, а також розроблення, виготовлення і застосування технічних засобів, необхідних для досягнення єдності та потрібної точності вимірювань.

Основні задачі метрології:

- розвиток загальної теорії вимірювань;
- установлення одиниць фізичної величини;
- розроблення методів та засобів вимірювань;
- забезпечення точності та єдності вимірювань.

1.1 Основоположні поняття метрології

Вимірювання – відшукування значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів.

Основне рівняння вимірювання:

$$X=A \cdot (X_0), \quad (1.1)$$

де X – значення фізичної величини;
 A – число одиниць фізичної величини;
 X_0 – одиниця фізичної величини.

Об'єктами вимірювань є властивості об'єктивних реальностей (тіл, речовин, явищ, процесів). У метрології для усіх об'єктів вимірювання установлене єдине узагальнене поняття – фізична величина.

Фізична величина – це властивість, що є загальною в якісному співвідношенні для багатьох фізичних об'єктів, але у кількісному співвідношенні індивідуальна для кожного об'єкта.

Наприклад, довжина, маса, час, тиск, температура (всього в техніці зараз нараховується близько двох тисяч характеристик, що відповідають поняттю „фізична величина”).

Одиниця фізичної величини – фізична величина, якій за визначенням надане числове значення, що дорівнює одиниці.

Наприклад: маса 1 кг, сила 1 Н, тиск 1 Па, довжина 1 м.

Значення фізичної величини – оцінка (вираження) фізичної величини у вигляді деякого числа прийнятих для неї одиниць.

Наприклад: маса 20 кг, довжина 100 м, діаметр отвору 0,2 м; при використанні різних одиниць довжини – метра, сантиметра та міліметра значення переміщення L на 1 м деякого тіла будуть дорівнювати $L=1 \text{ м}=100 \text{ см}=1000 \text{ мм}$.

У метрології розрізняють істинне та дійсне значення фізичної величини.

Істинне значення фізичної величини – це таке, що ідеальним чином відображає у якісному та кількісному відношеннях відповідну властивість об'єкта.

Наприклад: метр – довжина шляху, що проходить світло у вакуумі за проміжок часу $1/299792458 \text{ с}$.

Дійсне значення фізичної величини – це таке, що знайдене експериментальним шляхом і настільки приближене до істинного значення, що для даної мети може бути використане замість нього.

При технічних вимірюваннях значення фізичної величини, знайдене з заданою похибкою, вважається дійсним значенням.

1.2 Міжнародна система одиниць (СІ)

Як зазначалось раніше, однією із основних задач метрології є установлення одиниць фізичних величин. Спільними зусиллями вчених різних держав була розроблена метрична система мір – міжнародна система одиниць (СІ; SI).

Її основними перевагами є:

- універсальність (охоплює всі галузі вимірювань);
- погодженість (усі похідні одиниці утворені за єдиним правилом, що суттєво спрощує розрахунки);
- можливість утворення нових похідних одиниць на основі існуючих.

Одиниці фізичних величин, що застосовують в Україні, їх найменування, визначення та правила застосування установлені ГОСТ 8417-81. В основі цих документів лежить „Міжнародна система одиниць”, прийнята в 1960 р. XI Генеральною конференцією з мір та вагів.

Основні одиниці СІ (система інтернаціональна) з зазначенням скорочених позначень українськими та латинськими літерами наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Основні одиниці СІ

Величина	Одиниця вимірювання	Скорочене позначення одиниці	
		українське	міжнародне
Довжина	метр	м	m
Маса	кілограм	кг	kg
Час	секунда	с	s
Сила електричного струму	ампер	А	A
Термодинамічна температура	кельвін	К	K
Сила світла	кандела	кд	cd
Кількість речовини	моль	моль	mol

Додаткові одиниці СІ

- плоский кут – радіан – рад – rad ($57^{\circ} 17' 45''$);
- тілесний кут –стерадіан – ср – sr.

Похідні одиниці утворюються через основні за допомогою відповідних співвідношень.

Наприклад:

площа – м^2 ; швидкість – м/с .

Існують одиниці, кратні та дільні одиницям СІ.

Наприклад:

довжина – міліметр (10^{-3} м), сантиметр (10^{-2} м), дециметр (10^{-1} м), кілометр (10^3 м);

маса – грам (10^{-3} кг), центнер (10^2 кг), тонна (10^3 кг);

час – хвилина (60 с), година (3600 с).

1.3 Забезпечення необхідної точності вимірювань

Забезпечення необхідної точності та єдності вимірювань досягається відтворюваністю, зберіганням та передаванням розміру одиниці фізичної величини за допомогою еталонів та зразкових засобів вимірювання.

Передавання розміру одиниці фізичної величини здійснюється по метрологічному ланцюгу. Вищою ланкою в метрологічному ланцюзі є еталони.

Еталон одиниці фізичної величини – засіб вимірювання або комплекс засобів вимірювання, призначений для відтворення та зберігання одиниці фізичної величини з найвищою точністю з метою передачі її розміру нижчепідпорядкованими у метрологічному ланцюзі засобами вимірювання – зразковим, а від них – робочим.

Класифікаційна схема еталонів наведена на рисунку 1.1.

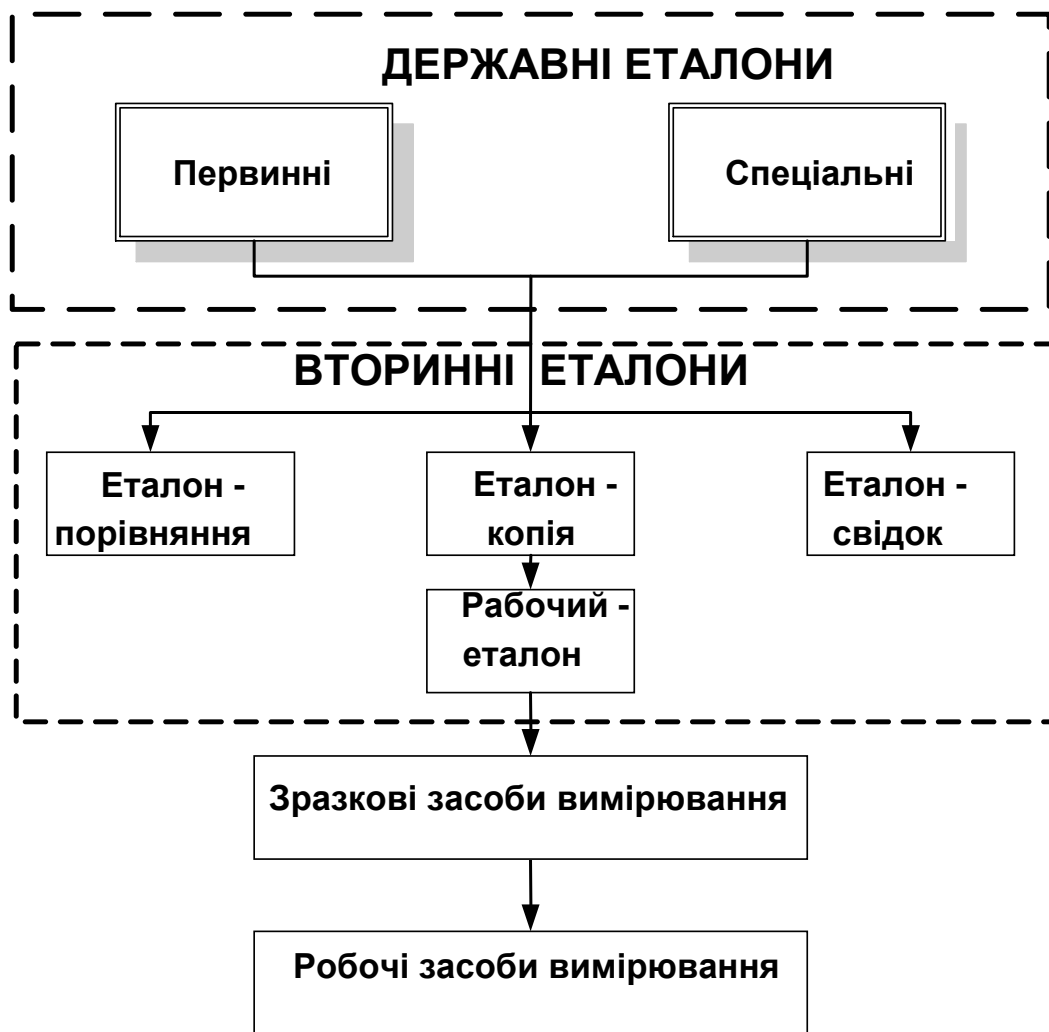


Рисунок 1.1 - Класифікаційна схема еталонів

Еталони, що офіційно затверджені в країні в якості вихідних, називають *державними*. Вони зберігаються в спеціалізованих метрологічних інститутах і за їх станом наглядає відповідальна персона – вчений зберігач.

Державні еталони бувають первинні та спеціальні.

Первинний еталон відтворює одиницю фізичної величини з найвищою в країні точністю.

Спеціальний еталон має те саме призначення, що і первинний, але відтворює одиницю фізичної величини в особливих умовах (понадвисокі температури, тиск, частота та ін).

Для виконання поточних метрологічних робіт використовують **вторинні еталони**, що поділяють на еталони – копії, еталони – свідки, еталони порівняння та робочі еталони.

Еталон – копія – це копія первинного еталона, з якого відбувається передача розміру робочим еталонам.

Еталон – порівняння – вторинний еталон, що використовують для зіставлення (порівняння) еталонів, тобто контрольний еталон (контреталон).

Еталон – свідок – вторинний еталон, призначений для заміни державного еталона у разі його ушкодження або знищення.

Робочий еталон – вторинний еталон, призначений для передачі одиниці фізичної величини зразковим засобам вимірювання найвищої точності.

Зразкові засоби вимірювання призначені для передачі одиниці фізичної величини від робочого еталона до робочих засобів вимірювання, що безпосередньо використовуються на робочих місцях.

Усі засоби вимірювань, як зразкові, так і робочі, в установлені терміни проходять перевірки.

Перевірка засобів вимірювання – це установлені придатності засобу вимірювання на основі експериментального визначення його похибки та порівняння її з межами похибки, що допускаються для цього засобу.

Метрологічна атестація – це старанне дослідження метрологічних властивостей засобів вимірювання з видачею документа, в якому зазначені їх призначення та метрологічні характеристики.

На рисунку 1.2 наведений метрологічний ланцюг передавання одиниці фізичної величини від еталонів до робочих засобів вимірювання.

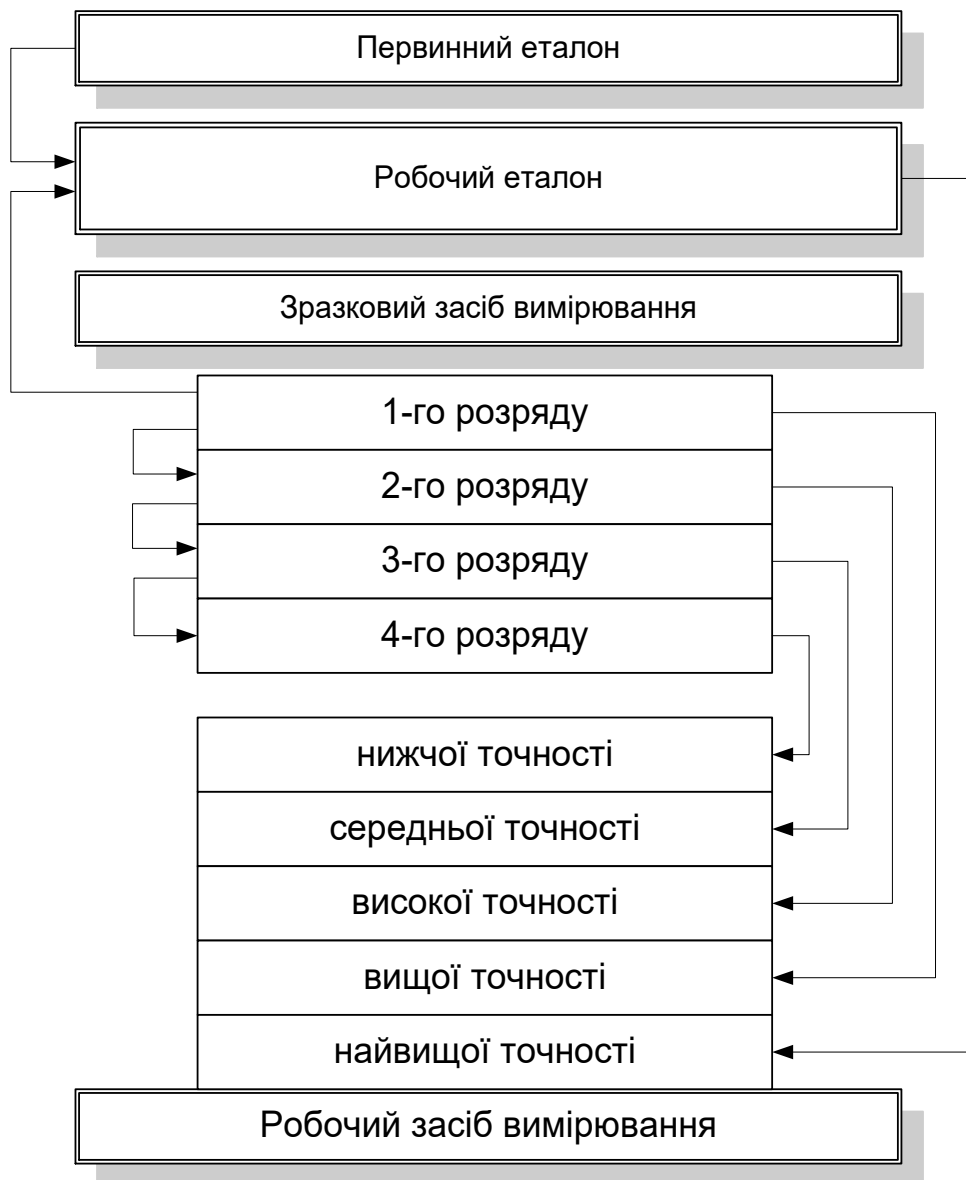


Рисунок 1.2 - Метрологічний ланцюг передавання одиниці фізичної величини

Як видно із рисунка, між розрядами зразкових засобів вимірювання існує підлеглисть: зразкові засоби вимірювання першого розряду повіряються безпосередньо по робочих еталонах; зразкові засоби вимірювання другого та подальших розрядів підлягають перевірці зі зразковими засобами вимірювання безпосередньо наступних розрядів. Окремі робочі міри та вимірювальні прилади можуть повірятись по робочих еталонах, робочі засоби вимірювань найвищої точності – по зразкових мірах та

вимірювальних приладах першого розряду; вищої точності – по зразкових засобах вимірювання другого розряду і т.п.

Категорично забороняється використовувати зразкові засоби вимірювань в якості робочих.

1.4 Засоби вимірювань та їх метрологічні характеристики

Засіб вимірювання – це технічний засіб, що використовують при вимірюваннях та який має нормовані метрологічні характеристики.

1.4.1 Класифікація засобів вимірювання

Класифікаційна схема сучасних засобів вимірювання наведена на рисунку 1.3.

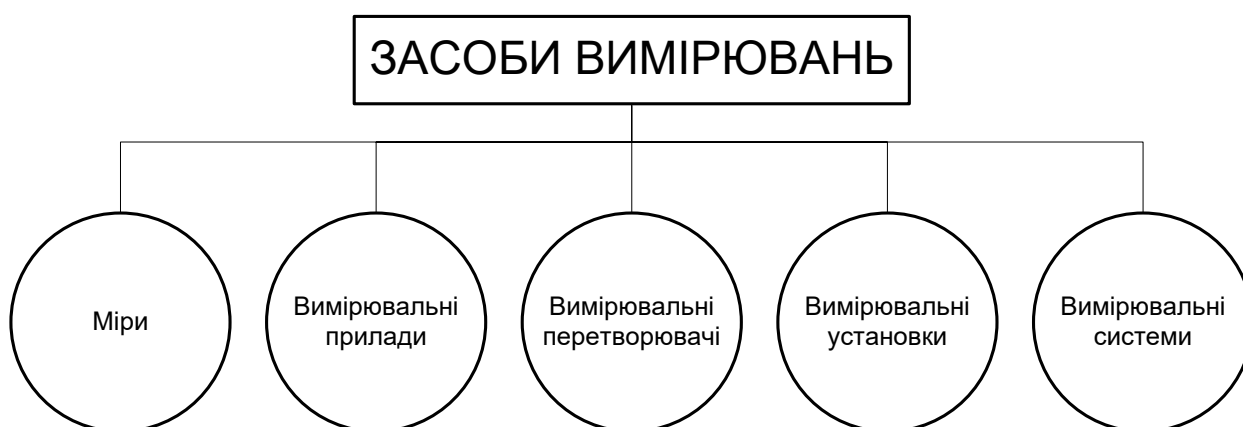


Рисунок 1.3 - Класифікація засобів вимірювання

Міра – це засіб вимірювання, призначений для відтворення фізичної величини заданого розміру.

Міри поділяють на однозначні, багатозначні та набори мір.

Однозначна міра відтворює фізичну величину одного розміру (кінцева міра довжини), а багатозначна міра – ряд однойменних величин різного розміру (штрихова міра довжини).

Набори мір – це комплект мір, що використовують не тільки окремо, але і в сполученні один з одним з метою відтворення ряду однойменних величин різного розміру (набір плоско-паралельних кінцевих мір довжини).

При вимірюваннях з використанням мір величини, що вимірюють, порівнюють з відомими величинами, відтворені мірами.

Вимірювальний прилад – засіб вимірювання, що виробляє сигнал інформації у формі, що є доступною для спостерігача.

Вимірювальні прилади поділяють на цифрові, аналогові, реєструючі, сумуючі, інтегруючі тощо.

До вимірювальних приладів належать штангенциркулі, мікрометри, важільні скоби, довжинометри, великі інструментальні мікроскопи, манометри, амперметри, вольтметри та ін.

Вимірювальні перетворювачі – засоби вимірювання, що призначені для продукування вимірювальної інформації у вигляді, зручному для передачі та подальшого перетворення.

До вимірювальних перетворювачів належать термопари, індуктивні датчики тиску, фотоелементи тощо.

Вимірювальні установки – комплекс засобів вимірювання та допоміжних пристроїв, об'єднаних єдиним алгоритмом.

Як приклади вимірювальної установки можливо назвати машину для механічних випробувань матеріалу, аеродинамічну трубу, стенд для випробування газотурбінного двигуна та ін.

Вимірювальні системи – комплекс вимірювальних приладів та установок, поєднаних між собою каналами зв'язку.

Наприклад, радіонавігаційна система, система наведення на ціль та ін.

1.4.2 Метрологічні характеристики засобу вимірювання

Метрологічна характеристика засобу вимірювання – це характеристика однієї із властивостей засобу вимірювання, яка впливає на результат вимірювання або його похибку.

Основними метрологічними характеристиками шкальних відлікових пристроїв, котрі дуже широко використовують у засобах вимірювання різного призначення, є:

- довжина поділки шкали;
- ціна поділки шкали;
- початкове та кінцеве значення шкали;
- діапазон вимірювань;
- діапазон показу;
- похибка вимірювань.

Довжина поділки шкали – між осями двох сусідніх відміток (штрихів або точок).

Ціна поділки шкали – модуль різниці значень вимірювальної величини, що відповідає двом сусіднім відміткам шкали.

Початкове та кінцеве значення шкали – вказані на шкалі найменше і найбільше значення вимірювальної величини.

Діапазон показу – різниця значень, обмежених початковим та кінцевим значенням шкали.

Діапазон вимірювань – частина діапазону показу, в якому нормовані границі дозволених похибок засобів вимірювання.

У технічних приладах діапазон вимірювань та діапазон показу, як правило, співпадають.

Основні метрологічні характеристики шкальних відлікових пристроїв наведені на рисунку 1.4.

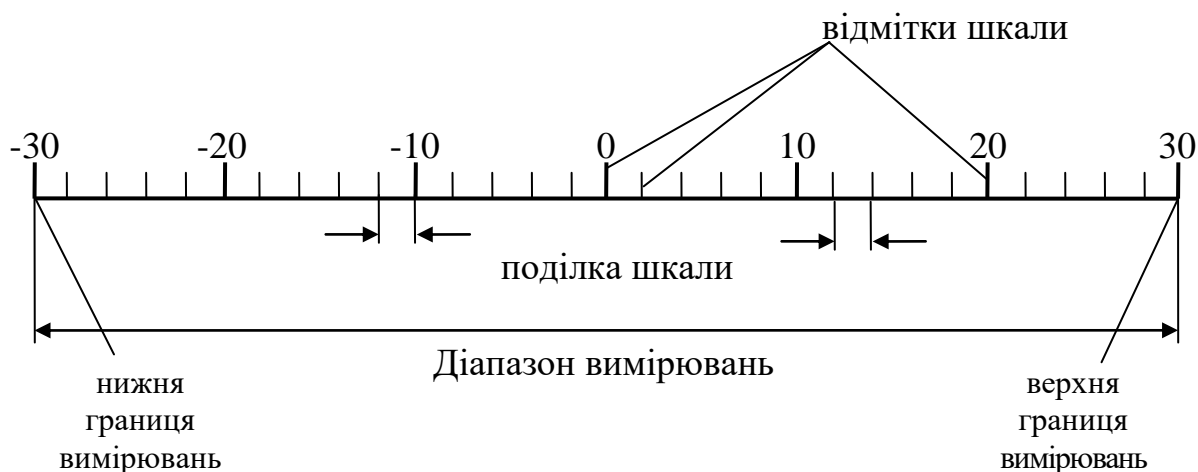


Рисунок 1.4 - Основні метрологічні характеристики шкальних вимірювальних пристроїв

Обов'язковою метрологічною характеристикою, що вказується для приладу є похибка засобу вимірювання або її складові.

Для кожного типу засобів вимірювання установлюють свої характерні для цього типу метрологічні характеристики, які фіксуються у паспорті приладу.

Так, наприклад:

у паспорті на мікрометр МК 25 зазначені такі характеристики:

- | | |
|--------------------------|---------------|
| – границі вимірювань, мм | від 0 до 25; |
| – допустима похибка, мм | $\pm 0,004$; |
| – ціна поділки, мм | – 0,01. |

У паспорті на штангенциркуль ШЦ-II-250 зазначені такі характеристики:

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| – границі вимірювань, мм | від 0 до 250; |
| – величина відліку по ноніусу, мм | від 0,05 або 0,1; |
| – похибка вимірювань, мм | $\pm (0,005 \text{ або } 0,1)$. |

Метрологічні характеристики, встановлені нормативно-технічними документами, називають *нормованими*, а ті, що визначають експериментально, - *дійсними*.

1.5 Види вимірювань

Числове значення величини знаходять шляхом вимірювання, тобто узнають, у скільки разів значення вимірюваної величини більше або менше значення величини, що прийняте рівним одиниці.

За способом отримання числового значення вимірюваної величини вимірювання поділяють на прямі, непрямі, сукупні, сумісні.

Прямим називають вимірювання, при якому величину, що вимірюють, знаходять безпосередньо з дослідних даних.

Рівняння прямого вимірювання має вигляд

$$A=C \cdot X, \quad (1.2)$$

де A – значення величини, що вимірюють;

C – ціна поділки шкали в одиницях величини, що вимірюють;

X – відлік по індикаторному пристрою в поділках шкали.

Приклади: вимірювання маси на вагах, довжини за допомогою лінійних мір, вимірювання тиску манометром, величини електричного струму амперметром.

Непрямим називають вимірювання, результат якого визначають на основі прямих вимірювань величин, що зв'язані з вимірювальною величиною відомо аналітичною залежністю.

Рівняння непрямого вимірювання має вигляд

$$A=f(a_1, a_2 \dots a_n), \quad (1.3)$$

де A – величина, яку шукають і що є функцією аргументів $a_1, a_2 \dots a_n$, виміряних прямим видом вимірювань.

Непрямі вимірювання широко використовують у вимірювальній техніці: при вимірюванні сферичної поверхні лінзи, коли реально існує лише частка цієї поверхні, або в тих випадках, коли виконати прямі вимірювання неможливо, наприклад, при вимірюванні густини твердого тіла, що визначають за результатами вимірювання об'єму та маси.

Сукупні вимірювання – це вимірювання кількох різнойменних величин, а **сумісні** – декількох різнойменних величин одночасно.

Вони проводяться для знаходження залежності між цими величинами, що визначається у результаті розв'язання системи рівнянь.

Прикладом сукупних вимірювань є вимірювання, при яких маси окремих гир набору знаходять по відомій масі однієї із них та за результатами прямих порівнянь мас різних сполучень гир, а сумісного вимірювання - при яких електричний опір при температурі 20^0 С та температурні коефіцієнти вимірювального резистору знаходять за даними прямих вимірювань його опору при різних температурах.

1.6 Методи вимірювань

Метод вимірювань – це сукупність прийомів (заходів) використання принципів та засобів вимірювання для створення вимірювальної інформації.

Принципом вимірювання називають сукупність фізичних явищ, на яких оснований вимірювання.

Основні методи, що використовують для прямих вимірювань, наведені на рисунку 1.5.

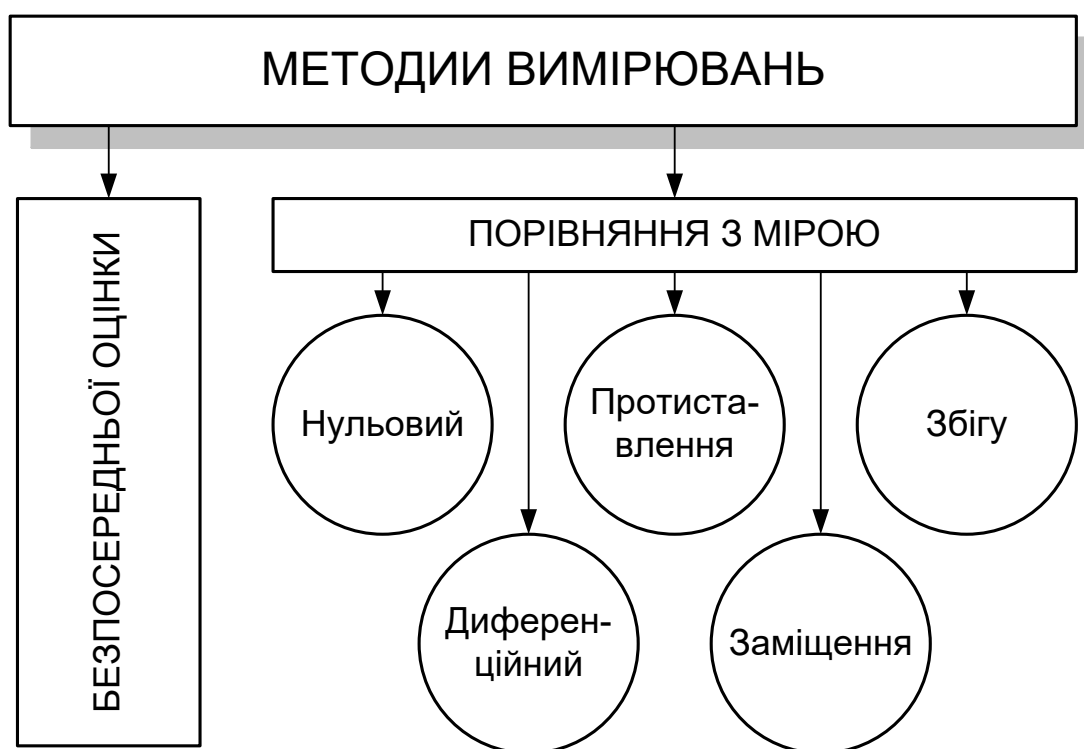


Рисунок 1.5 - Класифікація методів вимірювання

Метод безпосередньої оцінки дає значення вимірюваної величини безпосередньо по відліковому пристрою вимірюваного приладу прямої дії.

Точність вимірювань цим методом буває обмежена, але швидкість досягнення результату робить його незамінним для практичного застосування.

Прикладом прямого вимірювання є вимірювання тиску пружинним манометром, маси на циферблатних вагах, сили електричного струму амперметром.

У випадку виконання особливо точних вимірювань застосовують метод порівняння з мірою.

Метод порівняння з мірою – це метод вимірювання, при якому величину, що вимірюють, порівнюють з величиною, що відтворюється мірою.

Для реалізації методу потрібно мати міри (набори мір) та прилад для порівняння.

Як видно із рисунка 1.5, існує п'ять різновидів методу порівняння з мірою.

Нульовий метод – метод порівняння з мірою, при якому висхідний ефект впливу міри та величини, що вимірюють, доводять до нуля.

Наприклад, вимірювання електричного опору мостом з його повним урівноваженням.

Диференційний метод – метод порівняння з мірою, який характеризується вимірюванням різниці між значенням величини міри та величини, яку вимірюють.

Наприклад, порівняння міри довжини зі зразковою мірою на компараторі, які виконуються при перевірці мір довжини.

Метод дозволяє проводити вимірювання з високою точністю.

Метод протиставлення – метод порівняння з мірою, при якому величина, що вимірюється, та величина, що відтворюється мірою, однозначно діють на прилад порівняння.

Як приклад можна навести вимірювання на рівноплечих вагах.

Метод заміщення – метод порівняння з мірою, в якому величину, що вимірюють, заміщують відомою величиною, що відтворюється мірою, зберігає всі умови незмінними.

Наприклад: вимірювання діаметра отвору за допомогою нутроміра, що наладжується з допомогою кінцевих мір довжини або еталонних кілець.

Метод збігу - метод порівняння з мірою, в якому різниця між значеннями величини, що вимірюють, та мірою визначається, використовуючи співпадання (збіг) відміток (штрихів) на шкалах або періодичних сигналів.

Як приклад можна навести вимірювання довжини за допомогою штангенциркуля з ноніусом; вимірювання частоти обертання стробоскопом.

1.7 Критерії якості вимірювань

Якість вимірювання – це комплексне поняття, що характеризується точністю, вірогідністю, правильністю, збіжністю, відтворюваністю вимірювань, а також розміром похибок, які допускаються.

Точність – це якість вимірювань, яка відображає близькість їх результатів до істинного значення вимірювальної величини.

Висока точність вимірювань відповідає малим систематичним та випадковим похибкам. Точність кількісно оцінюється зворотною величиною модуля відносної похибки. Наприклад, якщо похибка вимірювань дорівнює 10^{-3} , то точність дорівнює 10^3 .

Вірогідність вимірювань – це сукупність довірчого інтервалу до результатів вимірювання.

Вірогідність оцінки похибок визначають на основі законів теорії імовірностей та математичної статистики.

Правильність – це якість вимірювань, яка відображає близькість до нуля систематичних похибок у результаті вимірювання.

Збіжність – це якість вимірювань, що відображає близькість результатів вимірювання, які виконані в однакових умовах.

Збіжність вимірювання відображає вплив випадкових похибок.

Відтворюваність – це якість вимірювань, яка відображає близькість результатів вимірювань, які виконані у різних місцях, різними методами та засобами.

Похибка вимірювання – це відхилення результатів від істинного (або дійсного) значення величини, яку вимірюють.

Похибка вимірювань є сумою ряду причин, що можуть бути проаналізовані та частково усунені.

1.8 Похибка вимірювань

Класифікація похибок вимірювання наведена на рисунку 1.6.

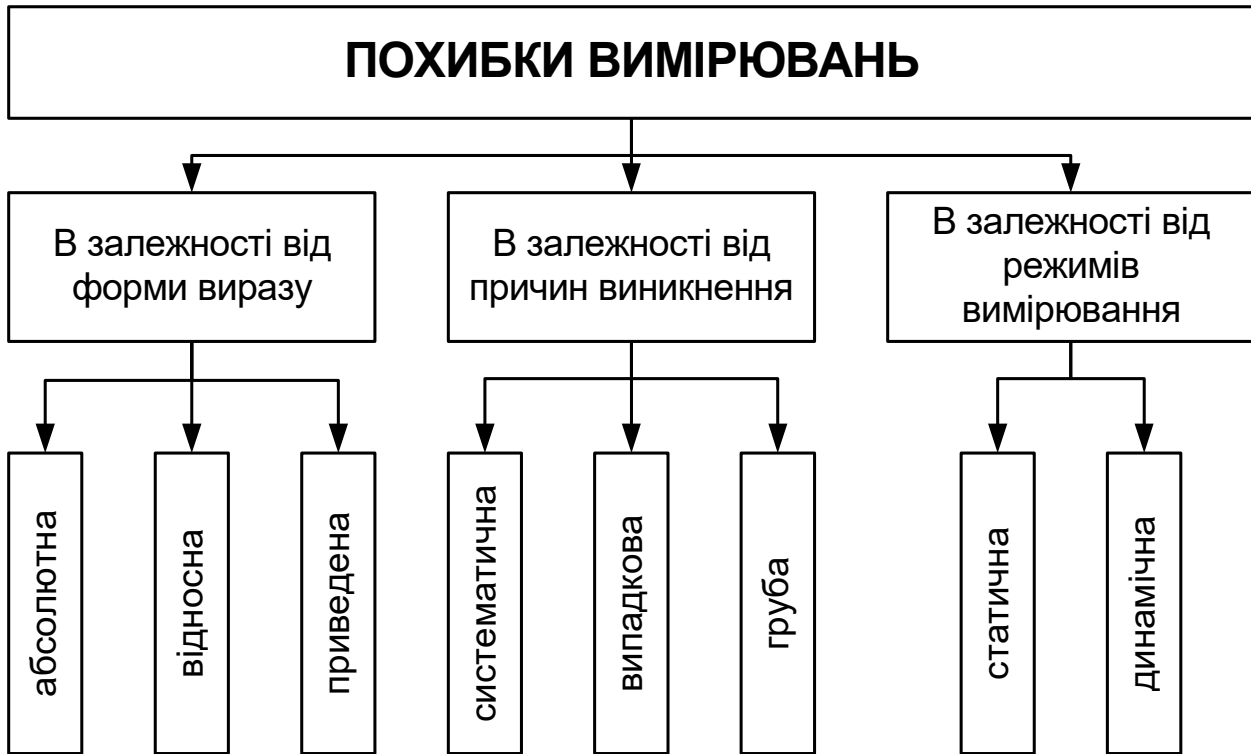


Рисунок 1.6 - Класифікація похибок вимірювання

Абсолютна похибка (Δ) – це похибка, що виражена в одиницях вимірюваної величини згідно з формулою

$$\Delta_x = X - A_{\text{іст}} \approx X - A_{\text{д}}, \quad (1.4)$$

де X – результат вимірювання фізичної величини;

$A_{\text{іст}}$ – істинне значення фізичної величини;

$A_{\text{д}}$ – дійсне значення фізичної величини.

Відносна похибка (δ) – це відношення абсолютної похибки до істинного (дійсного) значення вимірюваної величини:

$$\delta_x = \frac{\Delta_x}{A_{\text{іст}}} \cdot 100 \% \approx \frac{\Delta_x}{A_{\text{іст}}} \cdot 100 \% . \quad (1.5)$$

При вимірюваннях звичайно буває, що $A_d = A_{\text{іст}}$, а $\Delta_x \ll A$, тому відносна похибка може бути записана у вигляді

$$\delta_x = \frac{\Delta_x}{X} \cdot 100 \% . \quad (1.6)$$

Приведена похибка ($\gamma_{\text{пр}}$) – це відношення абсолютної похибки до максимального значення діапазону вимірювань величини X (шкали засобу вимірювань)

$$\gamma_{\text{пр}} = \frac{\Delta_x}{X_k} , \quad (1.7)$$

де X_k - максимальне значення діапазону вимірювань.

Систематична похибка (Δ_c) – це складова загальної похибки, яка залишається постійною або закономірно змінюється при повторенні вимірювань однієї і тієї величини.

Систематичну похибку можна усунути шляхом введення поправки.

Систематичні похибки в свою чергу поділяють на **інструментальні, методичні та суб'єктивні**.

Інструментальна похибка обумовлена недоліками засобу вимірювання (пружна деформація конструкції, зношення елементів конструкції, помилки градування або невеликий зсув шкали та ін.).

Методична похибка обумовлена недосконалістю методу вимірювання або обробки результатів вимірювання.

Суб'єктивна похибка обумовлена недосконалістю, індивідуальністю органів відчуття спостерігача.

Систематичні похибки можна виявити шляхом порівняння робочих засобів вимірювання зі зразковими.

Випадкова похибка (Δ°) – це складова похибки, яка відповідним чином змінюється від вимірювання до вимірювання однієї і тієї ж величини (похибки округлення або відліку показів приладу).

Випадкові похибки неможливо виключити з результатів вимірювань, але їх вплив можна зменшити шляхом багаторазових повторних вимірювань.

Величину випадкових похибок оцінюють при обробці дослідних даних за допомогою теорії імовірності.

Грубі похибки (помилки) – це наслідок неправильних дій оператора (неправильний відлік показань, помилки у записах або розрахунках та ін.).

Статична похибка – це така, яка не залежить від швидкості зміни величини, що вимірюється, від часу; тобто вихідний сигнал засобу вимірювання незмінний при знятті відліку.

Динамічна похибка – це така, яка залежить від швидкості зміни величини, що вимірюється, від часу. У цьому випадку перетворення у вимірювальному ланцюгу мають інерцію і не проходять миттєво, а потребують деякого часу.

Як правило, при виконанні вимірювань випадкові та систематичні похибки проявляються одночасно, тому похибка вимірювань має такий вигляд:

$$\Delta = \overset{\circ}{\Delta} + \Delta_c . \quad (1.8)$$

1.9 Обробка результатів вимірювань

Якщо систематичні похибки можуть бути виявлені та ураховані в результатах вимірювань, то вплив випадкових похибок оцінюють за допомогою **методів теорії імовірності**.

Щоб оцінити вплив випадкових похибок на кінцевий результат, виконують багаторазові вимірювання однієї і тієї ж величини. За дійсне значення цієї величини приймають середньоарифметичне результатів вимірювання, а для істинного значення установлюють інтервал, в якому знаходиться істинна величина з певною вірогідністю. Для цього використовують функції розподілу похибок вимірювання.

Якщо вимірювання величини x провести багато разів, то їх результати можуть бути представлені **гістограмою**, вісь абсцис якої являє собою результат вимірювань, а вісь ординат – частоту попадання цього результату на довільні інтервали, на які поділена (розбита) вісь абсцис (рисунок 1.7).

Після згладжування гістограми одержують плавну криву щільності імовірності $f(x)$ для даної неперервної величини x .

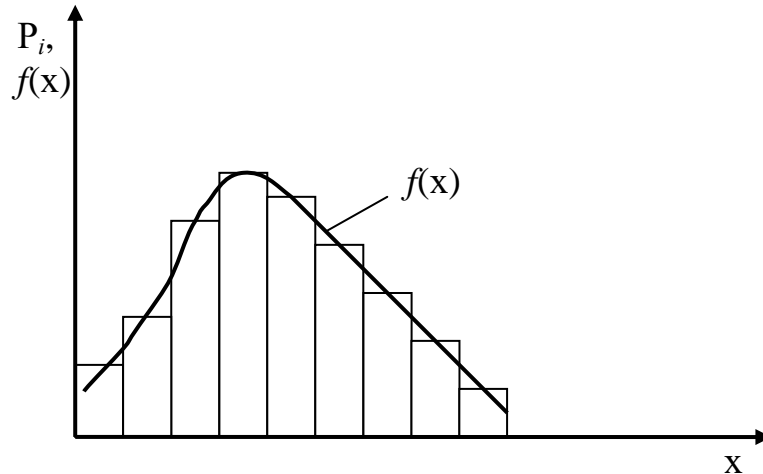


Рисунок 1.7 - Гістограма вимірюваної величини

1.9.1 Функції (закони) розподілу випадкових похибок

Рівняння, що описує криву, називають законом розподілу випадкової величини x .

Площа під кривою $f(x)$ являє собою імовірність появи події x . Очевидно, що імовірність попадання поточного вимірювання (x_i) в інтервал від мінус нескінченності до плюс нескінченності дорівнює одиниці, тому

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1. \quad (1.9)$$

Крива розподілу чинності імовірності може мати різну форму (рисунок 1.8).

Прямокутник (рисунок 1.8,1) відображає **закон рівномірної щільності**, коли можливі значення випадкових похибок однаково імовірні.

Трикутник (рисунок 1.8,3) вказує, що ці похибки розподіляються за **законом Сімсона**, або „**законом трикутника**”.

Нормальний закон розподілу (з-н Гауса) випадкових похибок (рисунок 1.8,2) – найбільш поширений розподіл сукупності безперервних випадкових величин. Його використання може бути рекомендовано для обробки кінцевих сукупностей випадкових величин при числі вимірювань більше, ніж тридцять ($n \geq 30$).

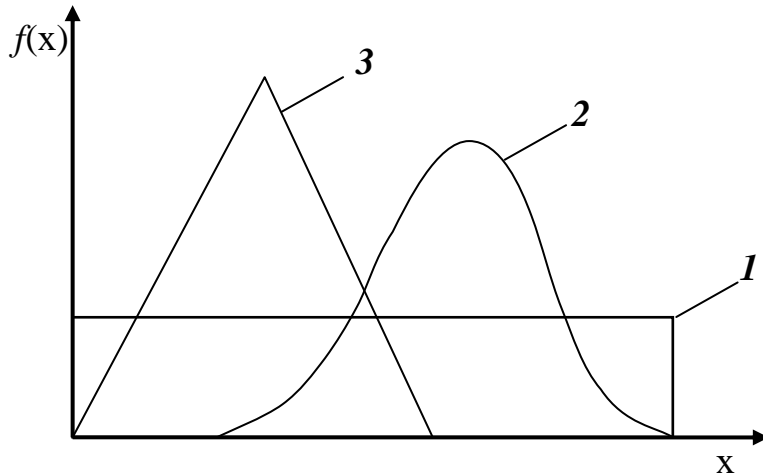
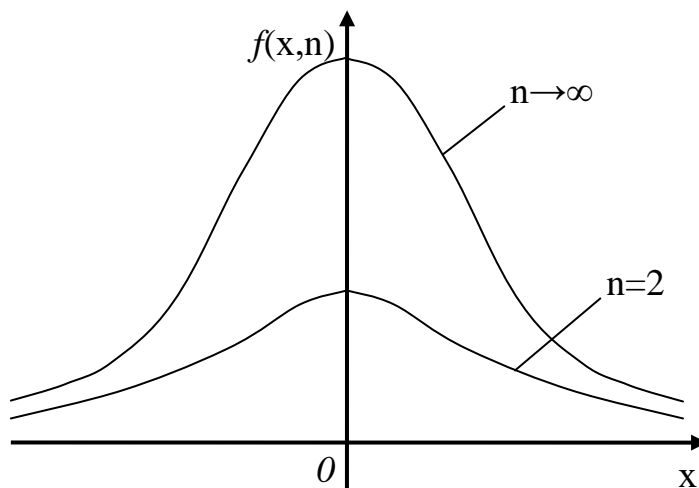


Рисунок 1.8 - Форми кривих розподілу щільності імовірності

У статистиці малих вибірок, коли число вимірювань менше тридцяти ($n \leq 30$), велику роль відіграє *розподіл Стьюдента*.

Розподіл Стьюдента за формулою нагадує нормальний розподіл, до якого він наближається при кількості вимірювань, що прямують до нескінченності ($n \rightarrow \infty$). Отже, розподіл Стьюдента є функцією, яка ще залежить від кількості вимірювань, тобто $f(x, n)$ (рисунок 1.9).



$n \rightarrow \infty$ - нормальний розподіл;
 $n=2$ - розподіл Стьюдента

Рисунок 1.9 - Криві розподілу щільності імовірності

Усі види розподілу випадкової величини є симетричними функціями відносно точки, що відповідає істинному (середньоарифметичному) значенню величини, яку вимірюють. Тоді відхилення від середньоарифметичного значення на цих кривих будуть характеризувати випадкові похибки при вимірюванні.

Для практичних цілей зручно, щоб значення x_1 і x_2 були симетричні відносно центра розподілу випадкової величини.

Імовірність того, що результати вимірювань не вийдуть за границі якого-небудь інтервалу похибок, визначають по площі, котра обмежена кривою розподілу і границями цього інтервалу, який викладений по осі абсцис. Такий інтервал (рисунок 1.10) називають довірчим, а відповідно йому імовірність появи випадкової похибки (заштрихована площа) – довірча імовірність.

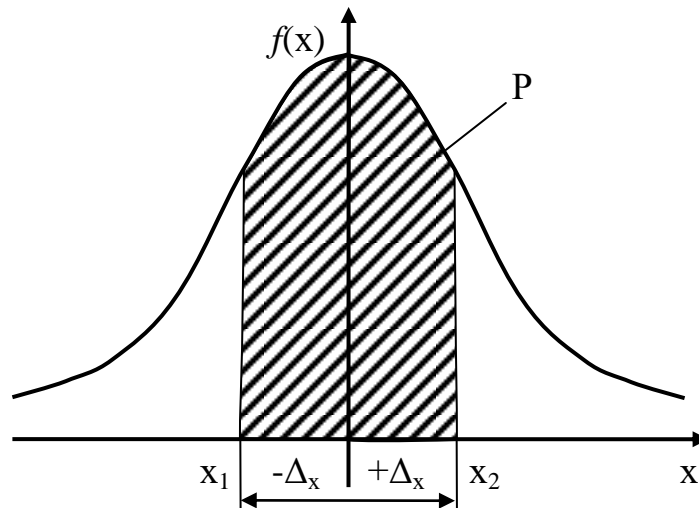


Рисунок 1.10 - Довірчий інтервал та довірча імовірність

Довірча імовірність (P) – це імовірність того, що істинне значення виміряної величини знаходиться в довірчому інтервалі.

Довірчий інтервал похибки результату вимірювання (ϵ) – це інтервал, у середині якого з заданою імовірністю P знаходиться значення істинного розміру.

Підібравши значення x_1 і x_2 (рисунок 1.10), можна домогтися того, щоб імовірність дорівнювала будь-якій наперед заданій величині ($P=0,5; 0,8; 0,9; 0,95, 0,98$ і т.д.), і навпаки, задаючись величиною P , можна визначити границі довірчого інтервалу.

Визначення довірчого інтервалу являє собою дуже складну математичну задачу, тому в інженерній практиці використовують виконані результати розрахунків, зведені в спеціальні таблиці, так звані *коефіцієнти Стьюдента t* (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Залежність довірчого інтервалу (ϵ) та довірчої імовірності (P) від числа вимірювань (n)

Число вимірювань, n	Значення t при p				
	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999
1	6,31	12,71	31,8	63,7	-
4	2,35	3,182	4,54	5,84	12,94
5	2,13	2,78	3,75	4,60	8,61
6	2,02	2,57	3,36	4,03	6,86
10	1,83	2,26	2,82	3,25	4,78
12	1,196	2,20	2,12	3,11	4,49
20	1,729	2,09	2,54	2,86	3,38

Результат вимірювання за допомогою довірчого інтервалу може бути записаний у вигляді

$$x = \bar{x} \pm \Delta x; \quad P = P_{\text{зад}}, \quad (1.10)$$

де \bar{x} - середнє арифметичне значення вимірюваної величини;

Δx - довірчий інтервал похибки вимірювання;

P - довірна імовірність результату вимірювання.

У випадку коли довірна імовірність дорівнює 0,95 ($P=0,95$), то дозволяється запис

$$x = \tilde{x} \pm \Delta x. \quad (1.11)$$

У випадку одиночного вимірювання підрахувати похибку результату вимірювання неможливо, тому у похибці результату вимірювання судять за метрологічними характеристиками засобу вимірювання.

1.9.2 Методика обробки результатів прямих вимірювань

1 Визначення середнього арифметичного вибірки (\bar{x}):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1.12)$$

де n – число вимірювань;
 x_i – результати вимірювань.

2 Визначення середньоарифметичного відхилення $\tilde{\sigma}$:

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (1.13)$$

3 Оцінка середнього квадратичного відхилення результату вимірювання $\sigma_{\bar{x}}$:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\tilde{\sigma}}{\sqrt{n}} \quad (1.14)$$

4 Визначення довірчого інтервалу Δx :

$$\Delta x = t \cdot \sigma_{\bar{x}} = t \cdot \frac{\tilde{\sigma}}{\sqrt{n}}, \quad (1.15)$$

де t – коефіцієнт Стюдента.

5 Представлення результату вимірювання з використанням довірчого інтервалу:

$$x = \bar{x} \pm \Delta x; \quad P = P_{\text{зад}}. \quad (1.16)$$

6 Визначення відносної похибки δ_x :

$$\delta_x = \pm \frac{\Delta x}{\bar{x}} \cdot 100\%. \quad (1.17)$$

1.10 Засоби вимірювальної техніки і їх вибір

При контролі якості металів, напівфабрикатів, комплектуючих виробів, технологічного процесу та готових виробів найчастіше використовуються такі *засоби вимірювання*:

- *для вимірювання лінійних величин* - лінійка вимірювальна металева, мікрометр, штангенрейсмус, штангенциркуль, товщиномір індикаторний, курвіметр, мікроскоп;
- *для вимірювання куткових величин* - кутомір з ноніусом, мікроскоп;
- *для вимірювання маси* - ваги технічні та лабораторні;
- *для вимірювання сили* - розривні машини і динамометри різних конструкцій;
- *для вимірювання тиску* - манометри різних конструкцій;
- *для вимірювання температури* - термометри ртутні скляні лабораторні, термометри біметалеві, потенціометри автоматичні самозаписуючі різних конструкцій, терморпари, термофарби;
- *для вимірювання часу* - секундоміри різних конструкцій, годинники пісочні, настільні тощо;
- *для вимірювання вологості повітря* - гігрометри, гігрофари, психрометри різних конструкцій;
- *для вимірювання швидкості переміщення повітря* - анемометри різних конструкцій;
- *для вимірювання електричних величин* - амперметри, вольтметри тощо.

Особливу групу засобів вимірювальної техніки складають еталони.

Державні еталони зберігаються в метрологічних інститутах та інших органах державної метрологічної служби країни. З дозволу Держстандарту допускається їх зберігання і використання в органах відомчої метрологічної служби.

Крім національних еталонів одиниць фізичних величин, існують міжнародні еталони, що зберігаються в Міжнародному бюро мір і ваг. Програмою діяльності Міжнародного бюро передбачено систематичні міжнародні звірення національних еталонів

найбільших метрологічних лабораторій різних країн з міжнародними еталонами та між собою.

При виборі засобів вимірювальної техніки враховуються їхні метрологічні параметри, експлуатаційні фактори (організаційна форма контролю, особливості конструкції і розміри виробів, продуктивність обладнання і т. ін.), а також економічні міркування. Важливе значення має правильний вибір допустимих похибок: недостатня точність призводить до зниження якості продукції і підвищення її собівартості, висока точність підвищує трудомісткість і вартість вимірювань, веде до збільшення витрат на виробництво.

Вибір засобів вимірювальної техніки проводиться у відповідності до державних стандартів, які встановлюють припустиму похибку вимірювань у залежності від граничних відхилень контрольованого параметра.

2 МЕТРОЛОГІЧНА СЛУЖБА УКРАЇНИ

Метрологічна служба України - одна з ланок державного управління, основними завданнями якої є:

- державний метрологічний контроль і нагляд;
- державні випробування засобів вимірювання;
- повірка засобів вимірювання;
- калібрування засобів вимірювання;
- європейська і міжнародна співпраця;
- метрологічне забезпечення підготовки виробництва;
- метрологічне забезпечення і атестація нестандартизованих засобів вимірювання.

На сьогодні нормативна база національної метрологічної системи складається зі 132 національних нормативних документів (ДСТУ) і 630 міждержавних стандартів (ГОСТ). Національна еталонна база України включає 35 національних і 56 вихідних еталонів.

Метрологічна служба залежно від функцій, що вона виконує, поділяється на державну і відомчу.

До державної метрологічної служби належать:

- Держстандарт України;
- Державна служба законодавчої метрології;
- Державна служба єдиного часу та еталонних частот;
- Державна служба стандартних зразків складу і властивостей речовин та матеріалів;
- Державна служба стандартних довідкових даних про фізичні константи і властивості речовин та матеріалів;
- Державні наукові метрологічні центри;
- Територіальні органи Держстандарту.

Держстандарт України через управління метрології координує діяльність метрологічної служби країни, відповідає за забезпечення проведення єдиної технічної політики, яка передбачає:

- організацію роботи державної системи, що забезпечує єдність вимірювань, виконання фундаментальних досліджень у галузі метрології, створення та удосконалення еталонної бази;
- координацію діяльності метрологічних служб;
- визначення загальних вимог до засобів вимірювання, методів та результатів вимірювання;
- організацію та проведення державного метрологічного контролю та нагляду;
- розроблення або участь у розробленні національних, державних та багатогалузевих програм, що стосуються забезпечення єдності вимірювань;
- участь у метрологічній діяльності міжнародних метрологічних організацій.

Державна служба законодавчої метрології організовує роботи, спрямовані на забезпечення єдності вимірювання у країні, а також здійснює нагляд за дотриманням вимог законів, інших законодавчих актів і нормативних документів з метрології.

Державна служба єдиного часу та еталонних частот забезпечує міжрегіональну та міжвідомчу координацію, виконує роботу із забезпечення єдності вимірювань часу та частоти, а також визначає параметри обертання Землі.

Державна служба стандартних зразків складу і властивостей речовин та металів забезпечує міжрегіональну та міжвідомчу координацію, а також розробляє і впроваджує стандартні зразки складу та властивостей речовин і матеріалів.

Державна служба стандартних довідкових даних про фізичні константи і властивості речовин та матеріалів виконує функції, подібні до попередньої служби, та здійснює роботу з довідковими стандартними даними фізичних констант і властивостей речовин.

До державних наукових метрологічних центрів належать:

- Державне науково-виробниче об'єднання “Метрологія” (ДНВО “Метрологія”, м. Харків) - Національний метрологічний центр, який спеціалізується на забезпеченні простежуваності вимірювань та працює зі стандартними зразками складу і властивостей матеріалів, що охоплюють одиниці маси, сили, твердості, часу та частоти, радіотехнічні величини. Він веде Реєстр стандартних зразків;

- Державний науково-дослідний інститут “Система” (ДНДІ “Система”, м. Львів) - головний метрологічний центр з акустичних, гідроакустичних вимірювань, який спеціалізується в галузі метрологічного забезпечення інформаційно-вимірювальних систем, атестації аналітичних, вимірювальних і випробувальних лабораторій;

- Український науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації (УкрЦСМС, м. Київ) - головний метрологічний центр з вимірювання таких величин, як тиск, магнітні величини тощо. Він веде Державний реєстр засобів вимірювання, застосування яких дозволено на території України, а також до його складу входить Національний фонд стандартних додаткових даних.

Територіальні органи (центри) Держстандарту розташовані в Автономній Республіці Крим, в обласних центрах, містах Київ і Севастополь та у містах обласного підпорядкування. На них покладено виконання таких функцій:

- проведення державних випробувань і повірок засобів вимірювання;

- метрологічна атестація вимірювальних та аналітичних лабораторій, випробувальних центрів і служб, вимірювальних стендів, систем та обладнання;
- державний метрологічний нагляд за станом метрологічного забезпечення в країні;
- реалізація потреб країни в метрологічному забезпеченні, включаючи прокат засобів вимірювання, проведення за заявками підприємств та організацій особливо точних вимірювань;
- методичне керівництво діяльністю відомчої метрології служби, координація цієї діяльності;
- державний нагляд за своєчасним зняттям із виробництва застарілих типів засобів вимірювання, розроблення комплексних програм метрологічного забезпечення країни;
- техніко-економічний аналіз стану та результатів роботи з метрологічного забезпечення країни;
- розроблення пропозицій та реалізація заходів щодо удосконалення організації та підвищення метрологічного забезпечення країни;
 - удосконалення державних повірочних схем;
 - підвищення технічного рівня методів і засобів повірки;
 - механізація й автоматизація повірочних робіт;
 - систематичне інформування Держстандарту, його метрологічних служб, місцевих органів про стан метрологічного забезпечення країни;
- підготовка кадрів метрологів та розповсюдження передового досвіду роботи з метрологічного забезпечення.

Виробниче об'єднання “Еталон”, до складу якого входять промислові підприємства і майстерні, проводить виготовлення робочих еталонів та повірочного устаткування, необхідних для обладнання метрологічних служб, а також проводить ремонт і юстирування засобів вимірювання, їхній гарантійний ремонт та технічне обслуговування.

До **відомчої метрологічної служби** належать:

1 *Служба головного метролога відомства*, що здійснює організаційно-методичне керівництво діяльністю всіх ланок метрологічної служби та контроль за виконанням робіт щодо:

- визначення основних напрямків і розроблення програм діяльності відомства з метрологічного забезпечення;
- перспективного і поточного планування заходів із метрологічного забезпечення діяльності відомства;
- розроблення пропозицій до планів державної і відомчої стандартизації з урахуванням науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт інших відомств;
- проведення аналізу стану вимірювань та метрологічного забезпечення діяльності відомства;
- перевірки, ремонту, метрологічної атестації, прокату засобів вимірювань;
- проведення точних та спеціальних вимірювань;
- збирання матеріалів про технічний рівень і якість засобів вимірювання;
- обліку парку засобів вимірювання;
- розроблення пропозицій зі створення нових засобів і методів вимірювань, у тому числі повірочного устаткування і розроблення технічного завдання з його проектування;
- створення метрологічної служби на підприємствах і в організаціях;
- збирання та обробки матеріалів про стан метрологічного забезпечення в системі відомства, підготовки їх до розгляду керівництвом відомства і забезпечення ними зацікавлених організацій;
- впровадження державних стандартів державної системи вимірювань, галузевих стандартів і нормативних документів на підприємствах і організаціях та контролю за їх впровадженням і виконанням;
- підготовки і підвищення кваліфікації працівників метрологічної служби відомства.

2 Метрологічна служба підприємства і організації, на яку покладено:

- координацію і керівництво роботою різних підрозділів підприємства, що спрямовані на забезпечення єдності і необхідної точності вимірювань;
- впровадження сучасних засобів і методів вимірювання, стандартів та інших нормативних документів, що регламентують норми точності вимірювань, метрологічні характеристики засобів вимірювання, методики виконання вимірювань, методи і засоби повірки, вимоги до метрологічного забезпечення підготовки виробництва і випуску нових видів продукції;
- розроблення перспективних і річних планів робіт метрологічної служби, складання заявок та придбання засобів вимірювання, укладання договорів на розроблення і впровадження нової вимірювальної техніки та здійснення контролю за їхнім виконанням;
- проведення метрологічної експертизи технічної документації розроблюваних виробів, вибір за даними експертизи засобів вимірювання і методик виконання вимірювань, що забезпечують достовірний контроль технологічних процесів і якості продукції;
- розроблення разом із проектно-конструкторськими, конструкторськими і технологічними організаціями технічних завдань на проектування засобів вимірювань для цього підприємства;
- здійснення метрологічного забезпечення при створенні та випробовуванні нових видів продукції;
- здійснення контролю за станом і зберіганням засобів вимірювання, що знаходяться в усіх підрозділах підприємства, правильним використанням методик вимірювання, аналіз якості сировини, матеріалів, напівфабрикатів, правильності монтажу налагодження засобів вимірювань;
- складання планів, календарних графіків ремонту і повірки засобів вимірювання, що підлягають обов'язковій державній або відомчій повірці в організаціях державної або відомчої метрологічної служби, контроль за їхнім виконанням;

- організацію ремонту засобів вимірювання силами підприємства, використання прокатного й обмінного фондів засобів вимірювання;
- визначення потреби підприємства у зразкових і робочих засобах вимірювань, стандартних зразках складу та властивостей речовин і матеріалів;
- проведення метрологічних випробовувань нестандартизованих засобів вимірювання, виготовлених в одиничних екземплярах або разовими партіями для потреб підприємства;
- організацію підготовки та підвищення кваліфікації працівників підприємства з метрологічного забезпечення виготовлення продукції;
- подання у вищі організації і територіальні органи Держстандарту України відомостей про діяльність метрологічної служби підприємства;
- сприяння органам Держстандарту України, відповідним організаціям міністерств та відомств при здійсненні ними державного нагляду і відомчого контролю за метрологічним забезпеченням розроблення, видавництва, випробовувань продукції і діяльності метрологічної служби підприємства.

2.1 Діяльність державної метрологічної служби України

2.1.1 Державний метрологічний контроль і нагляд

Державний метрологічний контроль і нагляд здійснюється державною службою законодавчої метрології згідно із процедурами, встановленими Держстандартом, з тим, щоб забезпечити дотримання вимог законів щодо метрології, інших законодавчих актів та нормативних документів. Головні напрямки діяльності та основні цілі державного метрологічного контролю і нагляду є такими:

- ведення супровідних засобів вимірювальної техніки та систем одержання даних вимірювань;
- метрологія вимірювання, підготовка нормативних документів, які визначають вимоги до проведення вимірювань;

- інші напрямки, передбачені метрологічними регламентами.

Державний нагляд охоплює вимірювання, які проводяться під час:

- діагностики та лікування захворювань людини;
- контролю якості ліків;
- забезпечення безпеки праці;
- геодезичних та гідрометеорологічних робіт;
- здійснення торговельних і комерційних операцій та вирішення проблем, які вирішуються персональними і громадськими службами;
- проведення фіскальних, банківських та митних операцій;
- обліку енергії та матеріальних ресурсів (електрики, газу, води, нафти тощо), за виключенням внутрішньої реєстрації, яка ведеться підприємствами, організаціями та громадянами як суб'єктами підприємництва;
- інструктування судів, адвокатських контор та інших громадських органів;
- обов'язкової сертифікації продуктів;
- реєстрації національного і міжнародного реєстрів.

На сьогодні створено такі типи державного метрологічного контролю та нагляду за засобами вимірювальної техніки:

- державні випробування та схвалення типів;
- метрологічна сертифікація;
- повірка;
- акредитація на право проводити державні випробування, повіряти засоби вимірювань, проводити вимірювання та атестування процедур вимірювань тощо.

Державний метрологічний нагляд спрямований на:

- дотримання метрологічних законів, інших законодавчих актів та нормативних документів, які стосуються діяльності міністерств, відомств, підприємств, організацій та громадян як суб'єктів підприємницької діяльності;

- контроль кількості розфасованих продуктів під час фасування у пакети, упаковку будь-якого типу, зберігання та продажу цих пакетів у тих випадках, коли їхня маса не може бути змінена без відкриття або розриву. Номінальна кількість продуктів, а також межі відхилення, що дозволяються від номінальної кількості, мають бути зазначені на пакеті або повинно бути посилення на нормативний документ, яким буде визначено ці відхилення.

Службовці Держстандарту та його територіальних органів, які здійснюють метрологічний нагляд, повинні бути атестовані згідно із процедурою, встановленою Держстандартом, та мати статус державного повірника з метрологічного нагляду.

2.1.2 Державні випробування засобів вимірювальної техніки

Державні випробування засобів вимірювальної техніки сприяють забезпеченню єдності й точності вимірювань у країні, а також необхідного рівня якості засобів вимірювальної техніки, підвищенню їхньої надійності, точності та ефективності використання, встановленню раціональної номенклатури, розробленню та впровадженню її у виробництво, що відповідає сучасним технічним, експлуатаційним та естетичним вимогам.

Випробуванням підлягають зразки засобів вимірювальної техніки, запропоновані до серійного виробництва, ввезення з-за кордону чи випуску в обіг всередині країни; зразки засобів контролю якості матеріалів і виробів, засобів вимірювальної техніки для контролю, регулювання й управління технологічними процесами, режимами роботи машини й устаткування і т. ін.

При проведенні випробувань визначається доцільність серійного виробництва засобів вимірювальної техніки або закупівлі імпорتنих аналогів, перевіряється забезпеченість розроблення і виготовлення засобів вимірювальної техніки методами і засобами повірки, правильність їхнього вибору, можливість ремонту при експлуатації, відповідність виготовлених та імпорتنих засобів вимірювальної техніки типу, затвердженому Держстандартом, і вимогам нормативної документації.

Відповідно до стадії розроблення, поставлення на виробництво і виробництва засобів вимірювальної техніки встановлено два види випробувань – приймальні та контрольні.

Державні приймальні випробування проводяться для експериментальних зразків засобів вимірювальної техніки нових типів, запропонованих для серійного виготовлення, і зразків, що постачаються з-за кордону.

Під час випробовування засобів вимірювальної техніки перевіряють відповідність їхнього технічного рівня та призначення технічному завданню на розроблення проекту технічних умов або стандарту на засоби вимірювальної техніки цього типу. Так само перевіряються правильність нормування метрологічних характеристик і можливість їхнього контролю при виробництві, після ремонту і у процесі експлуатації; ремонтпридатність; відповідність нормованих показників надійності і методів їхнього контролю, зазначених у проекті технічних умов до вимог нормативної документації; результати розрахунку і рекомендовану періодичність повірки; можливість проведення повірки відповідно до нормативної документації на методи й засоби повірки або до їхніх проектів.

Державні випробовування мають право проводити акредитовані організації.

Засоби вимірювальної техніки, які не підлягають державним випробовуванням, але підлягають державному метрологічному нагляду, повинні проходити метрологічну сертифікацію, що здійснюється акредитованими регіональними службами підприємств і організацій.

Державним контрольним випробуванням підлягають зразки з установчої серії, а також засоби вимірювальної техніки, що серійно виготовляються або ввозяться з-за кордону партіями. Контрольні випробування проводять після закінчення терміну дії дозволу на серійне виробництво і випуск в обіг у країні; при внесенні до конституції засобів або технології їхнього виготовлення змін, що впливають на нормування метрологічних характеристик; при перевезенні відповідності засобів, які виготовляються або періодично ввозяться з-за кордону, типам і вимогам експлуатаційної документації, зокрема при наявності відомостей про погіршення їхньої якості.

Контрольні випробування засобів вимірювальної техніки проводять територіальні органи Держстандарту, які можуть залучати різні організації метрологічної служби та інші зацікавлені відомства.

Під час контрольних випробувань перевіряють відповідність виготовлення засобів вимірювальної техніки до затвердженого Держстандартом типу, вимог технічних умов та стандартів або документації фірми-виробника, а також стану метрологічного забезпечення виробництва й обслуговування засобів вимірювальної техніки при експлуатації.

Результати контрольних випробувань є підставою для прийняття рішення про їх виробництво і випуск в обіг у країні.

2.1.3 Калібрування засобів вимірювальної техніки

Система служби калібрування в Україні знаходиться на стадії створення. Засоби вимірювальної техніки, що не підлягають державному метрологічному нагляду, які вироблені, ремонтуються, продаються, здаються в оренду та імпортуються в Україну, повинні пройти калібрування як засоби, що знаходяться в експлуатації.

До служби калібрування належать:

- калібрувальні лабораторії підприємства та організації, що мають право виконувати калібрування засобів вимірювальної техніки за замовленням цих підприємств;
- вимірювальні лабораторії підприємств та організацій, що мають право виконувати вимірювання.

Лабораторії калібрування і вимірювання повинні пройти акредитацію.

2.1.4 Європейське і міжнародне співробітництво

Україна бере активну участь у роботі міжнародних і європейських організацій з метрології.

З 1992 р. вона є членом регіональної Організації державних метрологічних установ країн Центральної та Східної Європи (COOMET). У межах діяльності цієї організації Україна бере участь у розробленні 30 тем.

З 1997 р. Україна стала членом - кореспондентом Міжнародної організації законодавчої метрології (OIML), а з 1998 р. - членом - кореспондентом Організації національних метрологічних установ держав Європи – EUROMET.

У рамках членства в цих організаціях Україна отримує всі необхідні документи й використовує їх для гармонізації норм національного законодавства з міжнародними нормами, проводить звірення державних еталонів з національними еталонами інших країн, що необхідно для визнання результатів вимірювань і випробувань, які проводяться в Україні.

Науковими метрологічними центрами України проведено звірення національних еталонів з національними еталонами Німеччини, США, Російської Федерації, Болгарії та інших держав.

Двосторонні угоди про співпрацю укладено з національними метрологічними службами Великої Британії, Нідерландів, Німеччини, Франції, Литви, Болгарії.

Також Україна працює за програмою у рамках п'яти міждержавних метрологічних угод із країнами СНД.

2.2 Діяльність із метрологічного забезпечення на підприємстві

Метрологічне забезпечення – встановлення та застосування метрологічних норм та правил, а також розроблення, виготовлення і застосування технічних засобів, необхідних для досягнення єдності і потрібної точності вимірювань (ДСТУ 2681).

2.2.1 Метрологічне забезпечення підготовки виробництва

Метрологічне забезпечення підготовки виробництва (МЗПВ) - це комплекс організаційно-технічних заходів, що забезпечують визначення з необхідною точністю характеристик

виробів, напівфабрикатів, вузлів, матеріалів, сировини, параметрів технологічного процесу та обладнання, що дозволяє досягти значного підвищення якості виготовлюваної продукції, зниження непродуктивних витрат на її розроблення та виробництво.

Нормативною базою МЗПВ є стандарти державної системи вимірювань, єдиної системи технологічної підготовки виробництва, галузеві стандарти, стандарти підприємства, організаційно-методична та інструктивна документація, що регламентує такі правила і положення МЗПВ:

- встановлення раціональної номенклатури вимірюваних параметрів та норм точності вимірювань, що забезпечують достовірність вхідного й приймального контролю виробів, вузлів та матеріалів, а також контролю характеристик технологічних процесів та обладнання;

- забезпечення технологічних процесів найсучаснішими методиками виконання вимірювань, що гарантують необхідну точність вимірювань; атестація і стандартизація цих методик;

- забезпечення (постачання, розроблення, виготовлення) виробництва засобами вимірювання, в тому числі і вузькогалузевого призначення, а також нестандартизованих засобів вимірювання, засобів обробки і подання інформації за результатами вимірювання;

- забезпечення метрологічного обслуговування і, в першу чергу, перевірка засобів вимірювання у відповідності до ДСТУ 2708-99;

- забезпечення умов виконання вимірювань, встановлених нормативною документацією;

- підготовка виробничого персоналу і працівників відповідних служб підприємства до виконання контрольних-вимірювальних операцій, перевірки, ремонту і юстування;

- організація і проведення метрологічного контролю або експертизи технічної документації у відповідності до ДСТУ 2708-99.

Метрологічний контроль проводять за наявності необхідної документації, що встановлює вимоги до метрологічного забезпечення. Якщо такої документації немає, то необхідно провести метрологічну експертизу, котру рекомендується проводити одночасно з нормоконтролем технічної документації.

Метрологічною експертизою технічної (конструкторської і технологічної) документації називають аналіз та оцінку технічних рішень з вибору параметрів, що підлягають вимірюванню, встановленню норм точності та забезпеченню процесів розроблення, виготовлення, випробування, експлуатації та ремонту виробів методами і засобами вимірювання.

Конкретні види технічних документів, що підлягають метрологічній експертизі, порядок представлення документації на експертизу, методи проведення експертизи окремих видів документів, підрозділи підприємства, яке проводить експертизу, та термін її проведення регламентуються в залежності від виду виробів і характеру виробництва стандартами, іншими нормативними документами та наказами по підприємству.

Відповідно до цих документів, метою метрологічної експертизи є забезпечення достовірності та техніко-економічної ефективності вимірювань, використання сучасних методів, засобів та методик виконання вимірювань.

Завдання метрологічної експертизи визначаються таким чином:

- приведення документації у відповідність до метрологічних правил і норм, що закладено у стандарти державної системи технологічної документації, єдиної системи конструкторської документації, єдиної системи технологічної підготовки виробництва;
- контроль відповідності методик виконання вимірювань вимог метрологічного забезпечення процесів виробництва і контролю якості продукції;
- використання сучасних і прогресивних методів та засобів вимірювання, що забезпечують задану точність, зниження трудомісткості та собівартості контрольних операцій;
- контроль правильності використання фізичних величин та їхніх позначень; округлення числових значень відповідно до точності вимірювань; відповідність використаної термінології чинним стандартам.

2.2.2 Повірка засобів вимірювальної техніки

Повірці не підлягають засоби вимірювальної техніки, що використовуються тільки для встановлення факту зміни значення фізичної величини без якісної оцінки цієї зміни. Вони можуть бути віднесені до індикаторів. На чільному їх боці наносять позначку “I” (індикатор).

Можуть не підлягати періодичній повірці засоби вимірювальної техніки, що використовуються для навчальних чи демонстраційних цілей. На них наносяться чіткі позначки “У” (учбовий). Для інших цілей ці засоби не можуть бути використані. Контроль за їх справністю повинен здійснюватись у порядку, встановленому правилами експлуатації, і відповідати вимогам навчального процесу.

Всі інші засоби вимірювальної техніки підлягають повірці. Вид повірки залежить від того, якою метрологічною службою вона проводиться (державною чи відомчою), на якому етапі роботи засобів вимірювання це робиться (первинне, періодичне, позачергове), від характеру повірки (інспекційне, експертне). Організація і проведення повірки засобів вимірювання регламентується державним стандартом ДСТУ 2708-99.

Державну повірку проводять територіальні органи Держстандарту. Державній повірці підлягають засоби вимірювання, що використовуються як вихідні зразкових при проведенні державних випробувань і метрологічної атестації, градування та повірки на підприємствах та організаціях і т. ін. Конкретна номенклатура робочих засобів вимірювання, які повинні проходити обов'язкову державну повірку, регулярно переглядається і публікується Держстандартом.

Відомчій повірці підлягають засоби контролю режимів технологічного процесу, якості матеріалів, напівфабрикатів, готових виробів; засоби вимірювання, що використовуються для проведення хімічного аналізу матеріалів, і т. ін.

Первинна повірка проводиться під час випуску засобів вимірювання з виробництва і після ремонту.

Періодична повірка проводиться для всіх засобів вимірювання. Для цього метрологічною службою підприємства або організації складається річний план-графік проведення повірки засобів вимірювання, який затверджується керівником підприємства. При

значній кількості засобів вимірювання замість річних планів-графіків складається календарний графік у вигляді переліку засобів вимірювання з зазначенням періодичності та термінів їхнього звірення.

Позачергова повірка проводиться при експлуатації та зберіганні засобів вимірювання незалежно від термінів їхньої періодичної повірки. Вона проводиться за таких умов:

- встановлення засобів вимірювання, що є комплектуючими виробами, після того, як пройшла половина гарантійного терміну, якщо термін їхньої повірки настає раніше терміну повірки засобів вимірювання, в комплект яких вони входять;
- пошкодження повірочного клейма, пломби або втрата документів, що підтверджують проходження засобом вимірювання періодичної або первинної повірки;
- використання засобів вимірювання після довгого зберігання, упродовж якого вони не проходили періодичної повірки;
- необхідності переконатися у справності засобів вимірювання при проведенні вхідного контролю на підприємстві та поверненні на зберігання після експлуатації.

Експертна повірка проводиться органами державної метрологічної служби при метрологічній експертизі засобів вимірювання за вимогою суду, прокуратури, держарбітражу, а також окремих громадян, коли виникають спірні питання.

Інспекційна повірка проводиться при здійсненні на підприємствах і організаціях метрологічного нагляду або контролю за станом і використанням засобів вимірювання для встановлення факту їхньої справності, правильності результатів останньої повірки, відповідності прийнятих міжповірочних інтервалів умовам експлуатації.

Якщо результати повірки показали незадовільний стан засобів вимірювання, то повірочні клейма погашають, свідоцтва про повірку анулюють, а в паспортах або інших документах, що їх замінюють, роблять запис про їх непридатність до використання.

Повірку можуть здійснювати тільки органи, що пройшли акредитацію.

2.2.3 Метрологічне забезпечення і атестація нестандартизованих засобів вимірювальної техніки

На підприємствах і в організаціях для забезпечення виробничих процесів виготовлення деталей і виробів, випробування, контролю режимів технологічного процесу, проведення експериментальних і науково-дослідних робіт використовують засоби вимірювальної техніки спеціального призначення. Як правило, такі засоби виготовляють самі підприємства та організації або за їхньою заявкою сторонні організації одиничними екземплярами чи окремою партією без наступного відтворення.

Група таких засобів вимірювальної техніки одержала назву – нестандартизовані засоби вимірювальної техніки (НЗВТ).

З метою забезпечення єдності та достовірності вимірювань, що виконуються за допомогою НЗВТ, Держстандартом встановлено єдині вимоги до метрологічного забезпечення їхнього виробництва та експлуатації:

- виготовлення у відповідності до технічних завдань і технічних умов;
- забезпечення нормативною документацією і технічними засобами, необхідними для повірки і технічного обслуговування при виготовленні та експлуатації, постійної придатності для виконання вимірювань з нормованою для них точністю і своєчасним вилученням із обігу непридатних до використання;
- встановлення раціональної номенклатури;
- включення до державної повірочної схеми або встановлення іншого порядку їхнього зв'язку з державним еталоном;
- впорядкування метрологічного нагляду (контролю);
- проведення метрологічної експертизи технічного завдання, технічної документації, метрологічної атестації та повірки.

Порядок проведення державної метрологічної атестації регламентується ДСТУ 3215-95, а відомчої – галузевим документом, погодженим з Держстандартом.

Використання НЗВТ допускається тільки після метрологічної атестації, яку проводять з метою встановлення метрологічних

характеристик, перевірки їхньої відповідності до вимог технічного завдання, технічних умов і стандартів державної системи вимірювань, визначення метрологічних характеристик, що підлягають контролю при експлуатації, а також придатності НЗВТ для використання відповідно до призначення.

Метрологічна атестація може бути державною, що проводиться органами Держстандарту, і відомчою, що проводиться метрологічними службами відомств і підприємств.

Державній метрологічній атестації підлягають НЗВТ, призначені для використання в системі Держстандарту або розроблені його органами як вихідні, зразкові для перевірки засобів вимірювальної техніки, що використовуються при проведенні державних випробувань засобів вимірювальної техніки.

Відомчій метрологічній атестації підлягають НЗВТ, призначені для:

- проведення якості продукції і технологічних процесів;
- використання як підпорядкованих зразкових засобів вимірювання.

Метрологічна атестація імпортованих засобів вимірювання передбачає:

- встановлення первісних метрологічних характеристик;
- визначення співвідношення значень, отриманих при використанні засобів вимірювання в країні, що їх виготовляє, і в нашій країні, а також можливості метрологічного обслуговування у процесі їхньої експлуатації.

У процесі експлуатації НЗВТ, в тому числі й імпортовані, що пройшли метрологічну атестацію, підлягають повірці; на них розповсюджуються вимоги державних стандартів і нормативної документації, що регламентують проведення метрологічного нагляду за станом і використанням засобів вимірювальної техніки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Основна література

- 1 Саранча Г.А. Метрологія і стандартизація: Підручник. - К.: Либідь, 1997. - 192 с.
- 2 Кардаш В.Я. Стандартизація и управление качеством продукции: Учеб. пособие для студентов экономических вузов. - К.: Вища школа, 1985. - 128 с.
- 3 Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии: Учеб. пособие для вузов. – 3-е изд., перераб. – М.: Изд-во стандартов, 1985. - 256 с.
- 4 ДСТУ 3410-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Основні положення.
- 5 Лифиц Й.М. Основы стандартизации, метрологии, сертификации: Учебник. – М.: Юрайт, 2000. – 285 с.
- 6 Васильев А.С. Основы метрологии и технические измерения: Учеб. пособие для технических училищ. – М.: Машиностроение, 1980. – 192 с.
- 7 Земельман А.С. Метрологические основы технических измерений. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 227 с.
- 8 Исаев Л.К., Малинский В.Д. Метрология и стандартизация в сертификации. - М.: Изд-во стандартов, 1996. - 172 с.
- 9 Артемьев Б.Г., Голубев С.М. Справочное пособие для работников метрологических служб: [В 2 кн.] – 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во стандартов, 1990. – 961 с.
- 10 Бичківський Р.В., Столярчук П.Г., Гамула П.Р. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація. - Львів: Львівська політехніка, 2004. – 560 с.

Додаткова література

- 1 Закон України № 113/98 “Про метрологію та метрологічну діяльність” від 11.02.1998 р.
- 2 Закон України № 2406-Ш “Про підтвердження відповідності” від 17 травня 2001 року.
- 3 РМГ 29-99. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. – К.: Держстандарт України, 2002. – 52 с.
- 4 ГОСТ 8.009-84. ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
- 5 Кузнецов В.А., Ялунина Г.В. Метрология: Теоретические, прикладные и законодательные основы: Учеб. пособие. - М.: Изд-во стандартов, 1998. – 336 с.
- 6 Шаповал М.І. Менеджмент якості: Підручник. - К.: Знання, 2003. - 476 с.
- 7 ДСТУ EN 45012-2001. Орган по сертифікації систем якості, систем управління якістю.
- 8 ДСТУ ISO / ІЕС 17020-2001. Орган контролю.
- 9 ДСТУ ISO / ІЕС 17025-2001. Випробувальна та калібрувальна лабораторія.

В.М. Остапчук, Л.А. Тимофєєва,
Г.Л. Комарова, Н.М. Можарова

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Відповідальний за випуск Комарова Г.Л.

Редактор Губарева К.А.

Підписано до друку 27.04.07 р.
Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 3,0. Обл.-вид.арк. 3,25.
Замовлення № Тираж 50 Ціна

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК 2874 від 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу,
61050, Харків - 50, пл. Фейєрбаха, 7