

Лекція №1 ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИМІРЮВАННЯ

Термінологія вимірювання

У процесі виконання вимірювання, його аналізу, необхідно знати, розуміти і застосовувати прийнятну термінологію, яка використовується в області знань теорії вимірювання, що є показником високої кваліфікації інженера, який виконує вимірювальні роботи. До основної термінології в теорії вимірювання відносяться наступні визначення і їхня характеристика:

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

Міра (еталон) – засіб вимірювання, що забезпечує зберігання і відтворення одиниці вимірювання.

Первинний еталон – державний еталон.

Вторинний еталон – еталон, значення якого встановлюється по первинному для метрологічних служб.

Робочий еталон – еталон, який використовується у вимірюваннях.

Засоби вимірювання – технічні засоби, які використовуються при вимірюваннях і атестовані державною метрологічною службою.

Вимірювальний прилад – технічний засіб, як правило, що не є мірою, служить для порівняння відомої і величини, яка визначається.

Точність – величина, зворотна відносній похибці.

Однократне вимірювання дає єдиний результат, що приймають за остаточний результат вимірювання шуканої величини. Однократне вимірювання являється достатнім у двох випадках. По-перше, при використанні малочутливого вимірювального приладу, коли всі вимірювання приводять до однакових результатів. По-друге, при вимірюваннях фізичної величини, що змінюється.

Багаторазові вимірювання проводять шляхом повторення однократних вимірювань однієї і тієї ж постійної фізичної величини, це приводить до одержання набору даних. Остаточний результат багаторазового

вимірювання, як правило, знаходять із набору даних у вигляді середнього арифметичного результату всіх окремих вимірювань. Вимірювання, проведені в науці і техніці, звичайно прагнуть виконати як багаторазові, щоб забезпечити підвищення точності результатів вимірювання шуканих величин.

Фізичні величини, які вимірюються, відносять до наступних основних типів:

Випадкова величина - така фізична величина, яка пов'язана з випадковими процесами, тому результат окремого вимірювання не може бути однозначно передбачений заздалегідь. Разом з тим, проведення досить великої кількості вимірювань випадкової величини дозволяє встановити, що результати вимірювання відповідають певним статистичним закономірностям.

Постійна величина - фізичні постійні, наприклад, швидкість світла у вакуумі, заряд електрона, постійна Больцмана і т.п. Можна вважати постійними величинами також деякі фізичні характеристики конкретного об'єкта, що перебуває при фіксованих умовах. Постійна величина найчастіше проявляє себе як випадкова величина, а результати її вимірювання розкривають випадкову природу впливів і відповідають певним статистичним закономірностям

Змінна величина - така величина закономірно міняється із часом внаслідок процесів, що проходять у досліджуваному об'єкті. Вимірювання, проведені в різні моменти часу, фіксують величину в нових умовах. Набір результатів однократних вимірювань являє собою результати принципово неповторних вимірювань, тому що час не можна повернути назад, а вимірювання у цілому не може розцінюватися як багаторазове.

Нестабільна величина - вона безсистемна, тобто під час відсутності яких би те не було статистичних закономірностей, міняється, «пливе» або «дрейфує», із часом. До основної характеристики нестабільної величини варто віднести відсутність у експериментаторів інформації про її залежності від часу. Вимірювання такої величини дають набір даних, що не несуть

скільки-небудь корисних відомостей.

Особливість процесу вимірювання, яку необхідно враховувати при обробці результатів,

пов'язана із впливом точності застосовуваних вимірювальних приладів на визначення типу досліджуваної фізичної величини. Випадковий характер величини може взагалі не виявитися, якщо використані малочутливі прилади.

Види і методи вимірювання

Вимірювання фізичних величин діляться на: *промислові (технічні) і лабораторні*.

Промислові вимірювання мають порівняно невисоку точність, достатню для практичних цілей, і виконуються приладами, пристрій яких відповідає їхньому призначенню і умовам роботи.

Лабораторні вимірювання відрізняються високою точністю завдяки застосуванню більше удосконалених методів і приладів і обліку можливих похибок. Цей вид вимірювання проводиться при виконанні науково-дослідних, налагоджувальних і перевірочних робіт.

Для визначення значень вимірюваної величини служать *прямі і непрямі вимірювання*.

Прямі вимірювання, полягають у безпосередньому порівнянні вимірюваної величини з одиницею вимірювання за допомогою міри або вимірювального приладу зі шкалою, вираженою в цих одиницях. Так, наприклад, до прямих відносяться вимірювання довжини - метром, тиску - манометром, температури - термометром і т.д. Завдяки наочності і простоті прямі вимірювання одержали в техніці велике розповсюдження.

Непрямі вимірювання передбачають визначення шуканої величини не безпосередньо, а шляхом прямого вимірювання однієї або декількох інших величин: A, B, C, \dots , з якими вона зв'язана функціональною залежністю. При цьому обчислення вимірюваної величини виконується по формулі: $Q=f(A, B, C, \dots)$...

Методом вимірювання називається сукупність прийомів використання принципів і засобів вимірювання. Існує ряд методів вимірювання, з яких найпоширенішими є: *метод безпосередньої оцінки, метод порівняння з мірою і нульовий метод.*

Метод безпосередньої оцінки передбачає визначення шуканої величини по відліковому пристрою вимірювального приладу, наприклад по положенню вказівної стрілки манометра щодо його шкали.

Метод порівняння з мірою полягає в тому, що вимірювана величина порівнюється зі значенням, відтвореним мірою для даної величини, наприклад: при вимірюванні довжини каліброваним метром.

Нульовий метод є різновидом методу порівняння з мірою; тут результируючий вплив двох величин (вимірювальною і відтвореною мірою) спрямованих назустріч один одному, доводить до нуля. Прикладом може служити вимірювання маси речовини на важільних вагах зі зрівноважуванням її каліброваними вантажами.

Системи одиниць вимірювання

Побудова систем одиниць вимірювання фізичних величин, що включають основні і похідні від них одиниці, обумовлено практичними потребами науки і техніки. Найменування і число основних одиниць вимірювання розкриває зміст і досконалість фізичних теорій, використовуваних на практиці.

Сучасна фізика вивчає рух і взаємодію мас і зарядів у просторі і часі. Отже, для фізичних вимірювань необхідні і достатні чотири основні, тобто незалежні одне від одного, одиниці вимірювання і чотири еталони для зберігання та відтворення цих одиниць - еталони маси, заряду, довжини і часу.

Діюча в теперішній час і обов'язкова до застосування у всіх країнах Міжнародна система одиниць **SI** як основні одиниці вимірювання використовує одиниці довжини - *метр* (м), маси - *кілограм* (кг), часу -

секунда (с) і сили струму - *амперів* (А). До основних одиниць у системі віднесена також *кандела* (кд) - одиниця сили світла, *моль* (моль) - одиниця кількості речовини і *кельвін* (К) - одиниця температури речовини, що мають специфічне призначення.

Інші одиниці вимірювання є похідними від основних, наприклад: частота - герц (Гц, с⁻¹); сила - ньютон (Н, кг·м/с²); тиск - паскаль (Па, Н/м², кг/м·с²); енергія, робота, кількість теплоти - джоуль (Дж, Н·м, м²·кг/с²); потужність, потік енергії - ватт (Вт, Дж/с, м²·кг/с³).

КЛАСИФІКАЦІЯ І ХАРАКТЕРИСТИКА ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

2.1 Основна класифікація вимірювальних приладів

Залежно від призначення прилади для вимірювання розділяються на ряд груп. Основна класифікація передбачає розподіл приладів по роду вимірюваних величин. Умовно прийняті наступні найменування найпоширеніших приладів, призначених для вимірювання:

температури — термометри і пірометри;

тиску — манометри, вакуумметри, мановакуумметри, тягоміри, напороміри і барометри;

витрати і кількості речовини — витратоміри, лічильники і ваги;

рівня рідини і сипучих тіл — рівнеміри і показчики рівня;

складу газових сумішей і їхньої вологості — газоаналізатори і психрометри;

густини — денсиметри;

в'язкості — віскозиметри;

теплоти згорання — калориметри;

якості води і пари — кондуктометри і вимірювачі кисню.

Додаткова класифікація підрозділяє зазначені прилади на наступні групи:

по призначенню - промислові (технічні), лабораторні, зразкові і

еталонні;

за характером показань — що показують, що реєструють (самописні і друкуючі) і інтегруючі;

за формою представлення показань — аналогові і цифрові;

за принципом дії — механічні, електричні, рідинні, хімічні, радіоізотопні та ін.;

за характером використання — оперативні, облікові і розрахункові;

за місцем розташування — місцеві і з дистанційною передачею показань;

за умовами роботи — стаціонарні (щитові) і переносні.

Промислові прилади є найпоширенішими засобами вимірювання, застосовуваними для практичних цілей, і мають порівняно просту і міцну конструкцію і високу надійність дії. Точність цих приладів, призначених для роботи в несприятливих умовах (при наявності пилу, вологи, вібрації і т.п.), порівняно невисока. Показання промислових приладів добре видно на відстані.

Лабораторні прилади служать звичайно для точних вимірювань. Ними користуються, як правило, при дослідницьких і налагоджувальних роботах. Для одержання великої точності вимірювання лабораторні прилади мають ретельне виконання, удосконалені схеми і спеціальні пристосування для відліку показань. При користуванні цими приладами до їхніх показань вводяться виправлення, обумовлені досвідченим або розрахунковим шляхом.

Еталонні і зразкові прилади призначені головним чином для перевірки засобів вимірювання. Еталонами називаються міри і прилади, призначені для зберігання одиниць вимірювання і відтворення їх з найвищою точністю. Еталони бувають первинними і вторинними. Найбільш точними є первинні еталони, які є державними еталонами одиниць вимірювання. Значення вторинних еталонів установлюються по первинним. До вторинних відносяться також робочі еталони, призначені для передачі розмірів одиниць зразковим мірам і приладам. Зразкові прилади використовуються для

передачі шляхом перевірки і градирування правильних значень одиниць вимірювання від еталонів до інших приладів. Зразкові прилади бувають чотирьох розрядів залежно від їхньої точності і способів перевірки. Прилади 1-го розряду повіряються тільки по робочих еталонах, 2-го розряду - по приладах 1-го розряду і т.д.

Прилади що показують, дають миттєве значення вимірюваної величини, відлічуваної по шкалі, а **прилади що реєструють** - записують зміну цього значення в часі на діаграмному папері (самописні прилади) або друкують ці показання в цифровій формі (друкуючі прилади).

Самописні прилади виконуються для запису однієї (одноточечні або одноканальні прилади) або декількох (багатоточечні або багатоканальні прилади) вимірювальних величин.

Інтегруючі прилади (лічильники або інтегратори) дозволяють визначати сумарне значення вимірювальної величини за будь-який проміжок часу. Для цього показання приладу відраховують на початку і кінці виміру, і сумарне значення вимірюваної величини визначається як різниця між кінцевим і початковим відрахуванням.

Аналогові прилади дають показання у вигляді безперервної функції вимірюваної величини. До них ставляться, наприклад стрілочні що показують, і більшість самописних приладів.

Цифрові прилади мають показання у вигляді окремих дискретних сигналів вимірювальної інформації в цифровій формі. У число цих приладів входять показуючі із цифровим відліком, друкуючі, і більшість самописних.

Оперативні прилади є промисловими засобами вимірювання. За показниками їх проводиться керування роботою виробничих установок. Ці прилади мають велике значення для забезпечення корисної експлуатації технологічного встаткування, виконуються показуючими і самописними.

Облікові і розрахункові прилади, служать відповідно для технічного обліку роботи установок і взаємних розрахунків, бувають самописними і інтегруючими.

Місцеві прилади встановлюються безпосередньо в місцях вимірювання. У більшості випадків вони призначаються для менш відповідальних спостережень, а також для періодичних вимірювань при пуску і зупинці агрегатів.

Прилади з дистанційною передачею показань на щити керування є основним видом промислових приладів, що забезпечують централізацію контролю за роботою установок. Промислові вимірювальні прилади звичайно є стаціонарними, тобто призначеними для установки (монтажу) на щитах, стінах, колонах, кронштейнах та ін. Більшість інших приладів (лабораторні, зразкові і ін.) виконуються переносними, установлюваними при вимірюваннях на столах, стендах і т.п.

Характеристика елементів і властивостей вимірювальних приладів

Кожний вимірювальний прилад складається з ряду частин і вузлів і має задані метрологічні властивості. Головними вузлами вимірювального приладу є *вимірювальний і відліковий пристрої*. Перший з них безпосередньо здійснює вимірювання фізичної величини за допомогою чутливого елемента і при необхідності підсилює вхідний сигнал, а другий - показує, записує або інтегрує отримане значення.

Вимірювальний пристрій приладів досить різний і залежить від роду вимірювальної величини (тиск, температура і т.д.) і принципу дії приладу (механічний, електричний та ін.). У більшості випадків вимірювальний пристрій складається з рухливої і нерухомої частин. Переміщення рухливої частини відбувається під впливом вимірювальної величини на чутливий елемент приладу.

Відліковий пристрій залежно від характеру показань приладів виконується у вигляді: шкали і покажчика (прилади, які показують), записуючого пристрою і діаграмного паперу (самописні прилади) і

рахункового пристрою (інтегруючі прилади).

Шкала приладу, який показує, складається з ряду послідовно нанесених на плоскому або профільному (циліндричному) циферблаті поділок, що відповідають числовим значенням вимірюваної величини.

Оцінки і числа на циферблаті називаються *градуванням шкали*. Різниця значень, що відповідають двом сусіднім поділкам шкали, виражена в одиницях виміру, називається *ціною поділки шкали*.

Показання приладу, що характеризує значення вимірювальної величини, визначається згідно як число відлічених поділок, помножених на ціну поділки шкали. У деяких випадках показання знаходиться множенням відліку на постійну приладу, що виражається в одиницях виміру, а також по даним градуйованої характеристики приладу, що представляє залежність (синусоїди і т.п.). Точність відліку показань по рівномірній шкалі вище, ніж по нерівномірній.

Якщо шкала приладу починається з нуля, то вона називається *однобічною*, якщо поділки розташовані по обох сторонах від нуля — *двосторонньою*. Іноді вимірювальні прилади виконуються з безнульовою шкалою, що починається не з нуля, а з деякого значення. Вимірювання по приладу з безнульовою шкалою точніше, ніж з однобічною або двосторонньою шкалою, тому що вона має меншу ціну поділки. У деяких вимірювальних приладів циферблат зі шкалою робиться обертовим.

Початкове і кінцеве значення шкали визначають собою діапазон показань (межі шкали) приладу, а область вимірювання, що допускається по шкалі за умовами точності представляє діапазон вимірювання приладу. В окремому випадку діапазони показання і вимірювання можуть бути рівні між собою.

Шкала вимірювальних приладів буває *прямолінійна, дугова і кругова* (рис.2.1). Дугова шкала має центральний кут менше, а кругова — більше 180° . Крім того, шкала може бути рівномірною і нерівномірною (рис.2.2). Рівномірна шкала має однакові відстані між поділками і тому більше зручна

для вимірювання, чим нерівномірна, у якій ці відстані звичайно змінюються за певним законом (параболі).

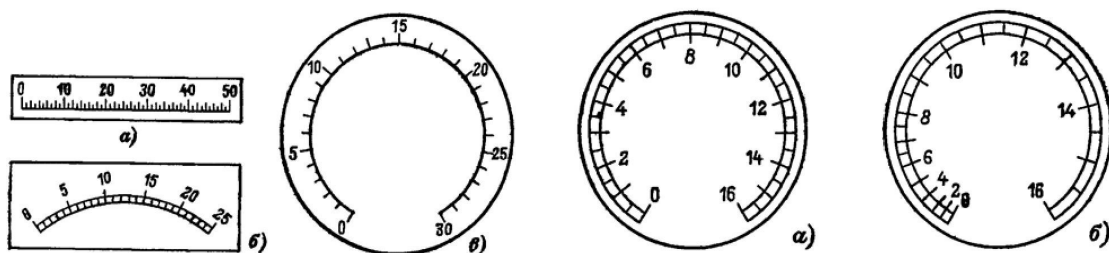


Рисунок 2.1 - Шкали вимірювальних приладів: Рисунок 2.2 - Кругові шкали приладів: а – прямолінійна; б – дугова; в – кругова. а – рівномірна; б – нерівномірна

Показчиком у промислових приладах служить добре помітна на відстані клинова або клинова стрижнева стрілка, тоді як більш точні прилади забезпечуються ножовою стрілкою, кінець якої має вигляд леза, розташованого за нормаллю до площини шкали.

У рідинних скляних приладів показчиком служить видимий рівень (меніск) рідини у вимірювальній трубці. Якщо рідиною є вода або спирт, то із-за гарної змачуємості стінок утвориться ввігнутий меніск і відлік показань проводиться по нижній його границі, а у випадку застосування ртуті - опуклий меніск дозволяє робити відлік по верхній його границі.

Діаграмний диск діаметром 250-300 мм має полярну координатну сітку у вигляді концентричних окружностей, що відповідають значенням вимірюваної величини, і радіальних дуг, що відповідають значенням часу. Частота обертання діаграмного диска - 1 або 2 об/добу.

Вимірювальний прилад може бути конструктивно виконаний як одне ціле (у загальному корпусі) або складатися з декількох частин (в окремих корпусах), що самостійно беруть участь у процесі вимірювання і представляють собою вимірювальний комплект.

Прилад, що має один корпус, найчастіше є місцевим, а який складається з декількох корпусів - дистанційним. В обох випадках прилад зв'язується з місцем вимірювання за допомогою сполучної лінії (проводів або

трубок), яка передає йому значення вимірюваної величини.

Більшість вимірювальних приладів з дистанційною передачею показань містять у собі дві самостійні частини: *первинний вимірювальний перетворювач (датчик) і вторинний прилад.*

Первинний перетворювач - є сприймаючою і передавальною частиною комплексу, чутливий елемент розташовується, як правило, у місці вимірювання і піддається безпосередньому впливу вимірювальної величини.

Вторинний прилад, або частина, що вимірює, видає показання вимірювальної величини, перетворюючи за допомогою вимірювального пристрою одержуваний їм сигнал.

Сигнал виходу надходить від первинного перетворювача у відповідне переміщення відлікового пристрою. Вторинний прилад зв'язується з первинним перетворювачем сполучною лінією і встановлюється звичайно на щиті управління агрегату.

Практичні аспекти при виконанні вимірювальних робіт

При виборі конкретних видів вимірювального приладу користувач повинен брати до уваги три наступні аспекти:

1. **Технічні аспекти** (діапазон вимірювання, похибка, відтворюваність результатів).

Необхідний діапазон буде залежати від знання користувачем очікуваних величин вимірювання. Якщо відсутні переносні для експрес-аналізу вимірювальні прилади, діапазон вимірювання необхідно оцінювати або розраховувати на основі власного досвіду користувача. Максимальне навантаження може бути розраховано, наприклад, на основі максимального навантаження технологічного процесу. Максимальні величини вимірювання попередньо можуть бути встановлені з технічних паспортів обстежуваних систем або механізмів. Ціль полягає в тому, щоб максимально припустима величина по шкалі вимірювального приладу перевищувала максимально

можливу величину вимірюваного параметра в досліджуваній системі. Крім того, вимірювальний прилад повинен забезпечити корисний робочий діапазон вимірюваної змінної величини із прийнятною точністю (мінімальною похибкою). При проведенні робіт з енергообстеження енергетичних систем і механізмів дуже часто доводиться перевіряти ще раз вимірювальні величини у відповідних режимах експлуатації обстежуваних технологічних процесів, з метою уточнення проведених результатів аналізу їхньої роботи. Тому обраний вимірювальний прилад повинен мати максимальну можливість відтворювати величини повторюваних вимірювань.

2. Практичні аспекти (обмеження по установці, вимоги до технічного обслуговування). При виборі вимірювального приладу варто брати до уваги вимоги до його механічної надійності і вимоги до корисного технічного обслуговування, можливості переградирування. У технологічній системі при її роботі можуть виникати часті і різкі коливання вимірювального параметра, тому необхідно вибрати такий прилад, що не вийде з ладу при такому динамічному режимі вимірювання, особливо, якщо прилад відноситься до контактних видів вимірювальних пристроїв.

3. Врахування властивості рідини і газу (коливання тиску і температури, ступінь сухості). Якщо існують умови перегріву, нестабільного тиску в системах або техпроцесах, на яких проводяться вимірювання, то вимірювальний прилад повинен бути додатково оснащений компенсаторами тиску, контрольного датчика температури і вологості, або мати можливість коректувати показання із введенням поправочних коефіцієнтів.

Лекція №2 Принципи, методи та методика вимірювань

Для точних вимірювань фізичних величин у метрології розроблені способи використання принципів і засобів вимірювальної техніки, застосування яких дозволяє вилучити із результатів вимірювань ряд

систематичних і випадкових похибок, і позбавити експериментатора необхідності вводити поправки для їх компенсації, а в деяких випадках взагалі одержувати вірогідні результати. Багато способів використання так і залишаються лише способами, їх застосовують лише в окремих, небагатьох випадках. Проте є й такі способи використання, які необхідні при численних вимірюваннях багатьох величин. Коли вони стають загальними, їх називають методами вимірювань.

Принцип вимірювання — фізичне явище або сукупність фізичних явищ, які покладені в основу вимірювання певної величини. Наприклад, вимірювання температури за допомогою використання термоелектричного ефекту, зміни електричного опору терморезисторного перетворювача чи зміни тиску термометричної речовини газового термометра та ін. Засіб вимірювальної техніки — технічний засіб, який застосовується під час вимірювань і має нормовані метрологічні характеристики.

Метод вимірювання — сукупність способів використання засобів вимірювальної техніки та принципів вимірювань для створення вимірювальної інформації.

Вимірювальна інформація — інформація про вимірювані величини та залежності між ними у вигляді сукупності їх значень.

У метрології у процесі вимірювань найширше застосовуються прямі методи вимірювання, що забезпечують визначення шуканої величини за експериментальними даними.

До прямих методів вимірювання відносяться: метод безпосередньої оцінки, метод порівняння з мірою, метод протиставлення, нульовий (компенсаційний), диференційний та ін.

Метод безпосередньої оцінки полягає в тому, що вимірювана величина визначається безпосередньо за показниками шкали вимірювального приладу (наприклад, зважування на циферблатних вагах, вимірювання тиску пружинним манометром).

Вимірювання цим методом проводяться дуже швидко, просто і не

вимагають високої кваліфікації, оскільки не потрібно ускладнювати вимірювальний прилад і виконувати складні обчислення. Проте точність таких вимірювань невисока через вплив зовнішнього середовища та розмірів шкали приладу. При проведенні точніших вимірювань слід користуватися методом порівняння з мірою, який полягає в тому, що вимірювана величина порівнюється з величиною, відтвореною мірою. Результат вимірювання визначається як сума значень порівняльної міри та показів вимірювального приладу або приймається рівним значенню міри (наприклад, аналітичні ваги).

Метод протиставлення — це метод порівняння з мірою, коли вимірювана і відтворена мірою величини одночасно діють на прилад порівняння, за допомогою якого визначається співвідношення між цими величинами. Значення шуканої величини визначається після досягнення рівноваги за значенням зрівноважуючої величини. Наприклад, на важільних вагах маса зваженого вантажу визначається за масою поставлених ваг.

Нульовий (компенсаційний) метод полягає у порівнянні вимірюваної величини з мірою, а результуючий ефект дії величин на прилад доводиться до нуля. Цей метод широко використовується в автоматичних вимірювальних приладах: автоматичних мостах, потенціометрах, аналізаторах рідин, газів та ін. На результати вимірювань, як правило, майже не впливають зовнішні чинники і джерело живлення вимірювальних електричних схем.

Диференціальний (різницевий) метод (ДМ) полягає в тому, що вимірювальним приладом визначається різниця між вимірюваною величиною і величиною-мірою. Наприклад, вимірювання надмірного тиску в апаратах відносно атмосферного тиску за допомогою диференціального манометра типу ДМ.

Метод збіжності є різновидом методу порівняння з мірою і полягає в тому, що різниця між шуканою і відтвореною мірою величинами вимірюється за збігом шкал або періодичних сигналів. Цей метод

використовується при вимірюванні точних сигналів часу, частоти обертання тощо. Крім перелічених методів, у метрологічній практиці використовуються багато інших: інтерферентний — для точних вимірювань лінійних величин, фотоелектричний — у машинобудуванні та ін.

Види вимірювань та їх класифікація

На результати вимірювань впливає досить багато чинників: зовнішні умови, методи, технічні засоби вимірювання, вид експериментів та ін. Зважаючи на численність різних чинників та умови проведення експерименту, вимірювання можна класифікувати за характером зміни вимірюваної величини в часі, за способом одержання числового значення, точністю та ін.

За характером зміни вимірюваної величини в часі вимірювання можна розподілити на статистичні, статичні та динамічні.

Статистичні вимірювання пов'язані з визначенням характеристик випадкових процесів, звукових сигналів, рівнів шумів і. т. д.

Статичні вимірювання - це вимірювання, при яких протягом певного проміжку часу вимірювана величина майже не змінюється або ж її значення змінюється поступово відповідно до процесу виробництва. Статичні вимірювання (рис. 3.2) використовуються, як правило, для встановлення взаємозв'язку між ФВ одного і того ж самого об'єкта дослідження. Вони застосовуються у пасивних експериментах і забезпечують задовільний рівень наочності при зміні вимірюваних величин за певний проміжок часу (годину, зміну, добу). Таким, наприклад, є проведення пасивного експерименту на випарній установці для вимірювання основних її параметрів: температури, рівня, тиску, витрати пари тощо.

Динамічні вимірювання - вимірювання, які показують зміну вимірюваної величини в часі при різних збуреннях, що впливають на об'єкт дослідження або ж на ЗВ. Динамічні вимірювання дають можливість вивчати

динамічні властивості об'єкта і засобу вимірювальної техніки (ЗВТ), особливо первинних перетворювачів (датчиків).

Статичні та динамічні вимірювання в ідеальному вигляді на практиці зустрічаються рідко.

За способом одержання числового значення вимірюваної величини вимірювання поділяються на прямі, посередні, сукупні та сумісні.

Прямими називаються такі вимірювання, за яких значення вимірюваної величини визначається безпосередньо за експериментальними даними (вимірювання довжини метром, вимірювання температури термометром, тиску - манометром та ін.). Прямі вимірювання найпростіші і найпоширеніші у промисловості.

Посередніми називаються такі вимірювання, за яких значення вимірюваної величини вираховується за допомогою відомих математичних залежностей між цією величиною і величиною, яка визначається прямими вимірюваннями.

При сукупних вимірюваннях числове значення вимірюваної величини визначається розв'язком системи рівнянь, одержаних шляхом сукупних прямих вимірювань однієї або декількох однойменних величин (наприклад, визначення температурного коефіцієнта лінійного розширення).

При сумісних вимірюваннях одночасно вимірюють дві або декілька різнойменних величин для виявлення залежностей між ними. Як правило, результати таких вимірювань використовуються в наукових дослідженнях.

За точністю вимірювання числових значень вимірюваної величини вимірювання поділяються на три групи:

- вимірювання з максимально можливою точністю відповідно до наявного технічного рівня. Це вимірювання за допомогою еталонів, спрямовані насамперед на відтворення встановлених одиниць ФВ або ж фізичних констант. Крім того, такі вимірювання необхідні під час наукових досліджень високого рівня та розробок сучасних технологій в електроніці, атомній енергетиці тощо.

- контрольно-повірочні вимірювання, похибки яких не перевищують деяких наперед заданих значень. До них відносять лабораторні вимірювання ФВ за допомогою зразкових і технічних засобів високих класів точності. Такі вимірювання проводяться у метрологічних лабораторіях Держстандарту України та науково-дослідних інститутах.
- технічні вимірювання - вимірювання, які проводяться у промисловості і визначаються невисоким класом точності засобів вимірювання.

Залежно від одиниць вимірювання значення вимірювальних величин можна розподілити на абсолютні, відносні та приведені.

Абсолютними називаються вимірювання, значення яких подані в абсолютних одиницях ФВ (наприклад, тиск - у паскалях, довжина - в метрах, час - у секундах та ін.).

Відносними називаються вимірювання, значення яких подані як відношення вимірюваної величини до однойменної, умовно прийнятої за одиницю, або ж у відсотках (наприклад, вологість повітря).

За кількістю вимірювальної інформації розрізняють однократні (одноразові) і багатократні вимірювання.

Одноразові вимірювання - це один вимір однієї величини, тобто число вимірювань дорівнює числу вимірюваних величин. Практичне застосування такого виду вимірювань завжди пов'язане з великими похибками, тому слід проводити не менше трьох одноразових вимірювань і знаходити кінцевий результат як середнє арифметичне значення.

Багаторазові вимірювання характеризуються перевищенням числа вимірювань кількості вимірюваних величин. Зазвичай мінімальне число вимірів у даному випадку більше трьох. Перевага багаторазових вимірювань - у значному зниженні впливів випадкових факторів на похибку вимірювання.

Засоби вимірювальної техніки та їх характеристика

Засіб вимірювальної техніки - технічний засіб, який застосовується під час вимірювань і має нормовані метрологічні характеристики.

До засобів вимірювальної техніки відносяться:

- засоби вимірювань
- вимірювальні пристрої

Засіб вимірювання — засіб вимірювальної техніки, який реалізує процедуру вимірювань. До засобів вимірювань відносяться:

- кодові засоби вимірювань
- реєструвальні засоби вимірювань
- вимірювальні прилади
- вимірювальні канали
- вимірювальні системи

Засіб вимірювань реалізує в ідеальному випадку лінійну залежність між значеннями вимірювальної величини та її відповідними розмірами.



Вимірювальний прилад - це засіб вимірювання, в якому створюється візуальний сигнал вимірювальної інформації.

Залежно від способу відліку інформації поділяються

- аналогові
- цифрові
- реєструвальні

Аналоговий вимірювальний прилад - вимірювальний прилад, у якому візуальний сигнал вимірювальної інформації представляється за допомогою шкали й покажчика (Рисунок 1)



Рисунок 1 –Аналогові вимірювальні прилади

Цифровий вимірювальний прилад – візуальний сигнал вимірювальної інформації представляється у вигляді цифр або символів на пристрої, що показує результати (Рисунок 2)



Рисунок 2 – Цифрові вимірювальні прилади

Реєструючий засіб вимірювання - засіб вимірювання для вимірювання й автоматичного запису значень вимірюваних величин, які можуть змінюватись у часі (Рисунок 3).



Рисунок 3 – Реєструючі засоби

Вимірювальний канал – сукупність засобів вимірювальної техніки, засобів зв'язку та інших технічних засобів, призначена для створення сигналу

вимірювальної інформації про одну вимірювану фізичну величину.

Вимірювальна система – сукупність вимірювальних каналів, вимірювальних пристроїв та інших технічних засобів, об'єднаних для створення сигналів вимірювальної інформації про декілька фізичних величин (Рисунок 4)

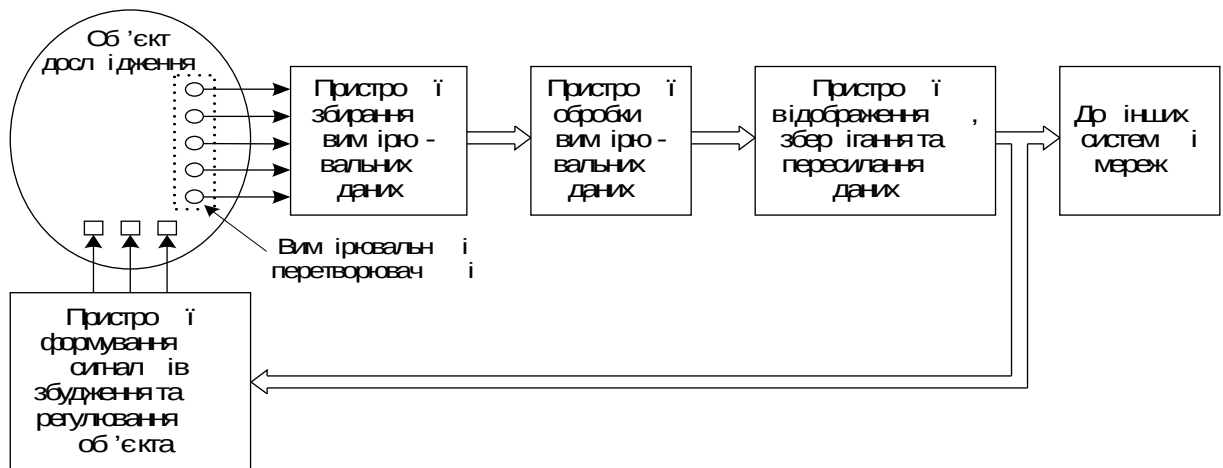


Рисунок 4 – Блок-схема вимірювальної системи
Вимірювальні пристрої

Диференціація вимірювань на окремі вимірювальні операції і детальний розгляд особливостей засобів вимірювальних операцій відкриває можливість аналізу і синтезу методів вимірювання в тісному зв'язку зі структурами засобів вимірювань.

Вимірювальний пристрій - засіб вимірювальної техніки, в якому виконується лише одна із складових частин процедури вимірювань (вимірювальна операція).

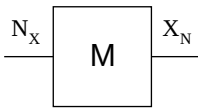
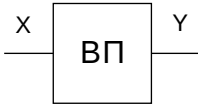

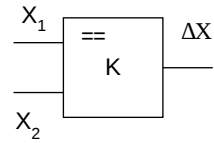
Виділяють такі вимірювальні пристрої:

- міра
- вимірювальний перетворювач
- масштабний перетворювач
- компаратор

- числовий вимірювальний перетворювач (обчислювальний компонент).

Вимірювальні пристрої не забезпечують можливості здійснювати відлік інформації.

Таблиця 1 – Типи вимірювальних пристроїв

Вимірювальні пристрої	Вимірювальні операції	Умовне позначення	Рівняння перетворення
Міра	Відтворення фізичних величин		$X_N = N_X * q_X$
Вимірювальний перетворювач	Вимірювальне перетворення		$Y = F(X)$ $Y = K_{VP} * X$
Масштабний перетворювач	Масштабне перетворення		$X_1 = K_{MP} * X$
Компаратор (пристрій порівняння)	Порівняння		$\Delta X = \text{sign}(X_1 - X_2)$

Основні характеристики засобів вимірювальної техніки

Метрологічні характеристики:

- характеристики ЗВТ, які нормуються для визначення результату вимірювання та його похибки
- характеристики, які впливають на результат і точність вимірювань

Нормування метрологічних характеристик ЗВТ полягає у раціональному виборі та законодавчому затвердженні їх номенклатури (переліку), встановленні номінальних значень та допустимих відхилень

реальних метрологічних характеристик ЗВТ від їх номінальних значень.

Номенклатура метрологічних характеристик ЗВТ встановлена “ГОСТ 8.009-84 ГСИ”

Характеристики, призначені для визначення результату вимірювання:

- функція перетворення ЗВТ
- номінальне значення однозначної або номінальні значення багатозначної міри
- ціна поділки шкали вимірюваного приладу або багатозначної міри
- вид вихідного коду, кількість розрядів коду, ціна одиниці найменшого розряду цифрових засобів вимірювань

Характеристики основної похибки ЗВТ:

- систематичної складової похибки
- випадкової складової похибки

Характеристики чутливості ЗВТ до впливних величин (характеристики додаткових складових похибки ЗВТ):

- функція впливу
- зміни значень метрологічних характеристик ЗВТ, спричинені змінами їх величин у встановлених межах
- динамічні характеристики ЗВТ
- характеристики взаємодії ЗВТ з об'єктами дослідження та навантаження
- неінформативні параметри вихідного сигналу ЗВТ

Із вказаного переліку для конкретного ЗВТ вибирають такі метрологічні характеристики, які необхідні для визначення результату та похибки вимірювання. Ці характеристики регламентуються державними

стандартами та іншими нормативно-технічними документами на цей ЗВТ.

Лекція №3 Характеристика похибок

При багаторазовому вимірюванні якої-небудь величини легко переконатися, що результат вимірювання увесь час змінюється, тобто в кожному випадку спостерігається відхилення результату вимірювання від середнього значення вимірюваної величини. Рісхо того, проведення вимірювань тієї ж величини в інший відрізок часу дає не тільки інші відхилення від середнього значення, але і інше середнє значення вимірюваної величини. Це пояснюється тим, що вимірювальна фізична величина досліджуваного тіла, так само як і використовувана міра, протягом часу вимірювань перетерплює зміни. Ці зміни викликані впливом зовнішніх факторів: зміною температури навколишнього середовища, атмосферного тиску, вологості повітря, вібрації приміщення, електростатичними зарядами, що блукають, струмами і так далі. Отже, “точне” визначення вимірюваної величини, тобто без появи яких-небудь відхилень при багаторазових вимірюваннях, неможливо.

Відхилення від середнього результату вимірювань ми називаємо помилками або похибками вимірювань, і в підсумку вимірювань указуємо не тільки середню величину, але і можливе відхилення від цієї величини. Наприклад, довжина тіла дорівнює $1,2 \pm 0,3$ м.

На практиці при постановці вимірювального завдання потрібно не просто визначити значення вимірюваної величини, але і визначити її з максимально припустимою похибкою. Максимально припустима похибка визначається технологією подальших практичних дій з матеріальним об'єктом. Таким чином, визначення похибки результату вимірювання є не самоціллю, а вимогою практики.

Похибка – кількісна характеристика невизначеності, або неоднозначності, результату вимірювання. Її оцінюють, виходячи із всієї інформації, накопиченої при підготовці і виконанні вимірювань. Цю інформацію обробляють для спільного одночасного визначення остаточного

результату вимірювання і його похибок. Остаточний результат не можна розцінювати як “істинне значення” вимірюваної фізичної величини, тому що в цьому нема рації через наявність похибки.

З вищесказаного зрозуміло, що чим більша кількість однакових вимірювань ми проводимо в одиницю часу, тим більше осереднюємо вплив зовнішніх факторів на вимірювальну величину, тим менше відхилення від середнього значення вимірювальної величини, тобто менше похибка вимірювання.

Основними джерелами похибок вимірювань можуть виступати.

1. Похибка інструмента. Вимірювальний прилад неможливо виготовити абсолютно точно.
2. Похибка методу вимірювань. Наприклад, при зважуванні тіла ми не враховуємо силу, що виштовхує, повітря, а вона по різному впливає на тіла, що мають різну густину.
3. Похибки, пов'язані з фізіологією спостерігача. Наприклад, відраховуючи показання по стрілочному приладу, спостерігач дивиться правим оком, а прилад розташований прямо перед ним.
4. Похибки, пов'язані з особливостями об'єкта і залежністю вимірювальної величини від контрольованих навколишніх умов. Наприклад, ми вимірюємо діаметр деталі на токарському верстаті, а деталь у результаті обробки нагрілася і має температуру вище кімнатної. Або, наприклад, сильно шорсткувата.
5. Похибки, пов'язані із впливом неконтрольованих зовнішніх умов. Наприклад, при зважуванні тіла на аналітичних вагах на точність показань можуть впливати потоки повітря, електричні поля, порошини, що сідають на тіло, що зважується, і гирі. При кожному вимірюванні повинна бути відома ступінь точності його результату, оцінювана похибкою вимірювання. Тільки тоді отримане значення тієї або іншої величини має практичний сенс. Похибка вимірювання може бути виражена у вигляді *абсолютної* або *відносної величини* і буває позитивною або негативною.

Оскільки не існує абсолютно точних приладів і методів вимірювань, то результат вимірювання $x_{вим}$ якоюсь мірою відрізняється від істинного значення x .

Класифікація похибок

Похибки вимірювань залежно від їхнього характеру діляться на *систематичні, грубі, випадкові і динамічні*.

Систематичними похибками називаються такі похибки, які при повторних вимірюваннях однієї і тієї ж величини залишаються постійними або змінюються за певним законом. Вплив цих похибок на результати вимірювань у більшості випадків може бути враховано.

Систематичні похибки можна розділити на кілька груп.

1. Похибки, природа яких відома і які можуть бути досить точно визначені. У цьому випадку в результати вимірювань можна внести виправлення і тим самим виключити похибку або істотно її зменшити.
2. Похибки відомого походження, але невідомої величини.
3. Похибки, про існування яких ми не підозрюємо, хоча їхня величина може бути значною. Такого типу похибки самі небезпечні, особливо при складних вимірюваннях і в ризико вивчених областях дослідження.
4. Похибки вимірювальних приладів у значній мірі також систематичними.

Систематичні похибки можуть бути настільки великі, що зовсім спотворюють результати вимірювань. Тому облік і виключення систематичних похибок становлять важливу частину вимірювальної роботи. Необхідно дуже ретельно продумувати методику вимірювань і підбирати прилади, проводити контрольні виміри, оцінювати роль факторів, що заважають, і т.д. Один зі способів переконатися у відсутності систематичних похибок - це повторити вимірювання іншим методом і в інших умовах. Збіг отриманих результатів служить деякою гарантією їхньої правильності.

Систематичні похибки звичайно складаються з *основної і додаткової похибок*.

Основна (інструментальна) похибка залежить від призначення, устрою і якості виготовлення вимірювального приладу. Кожний, навіть новий, прилад має основну похибку, що із часом звичайно зростає за рахунок появи залишкових деформацій пружин, зношування тертьових частин та ін.

Додаткові похибки, що виникають через неправильну установку приладу, впливу несприятливих зовнішніх умов (вібрації, високої або низької температури і вологості навколишнього повітря, відхилення напруги і частоти джерела живлення та ін.), застосування недосконалого методу вимірювання і впливу індивідуальних особливостей спостерігача можуть становити значну величину.

Вплив на результати вимірювань систематичних похибок враховується введенням до показань приладів виправлень, обумовлених розрахунковим або експериментальним шляхом. Виключення становлять лише похибки, що виникають з вини спостерігача, які обліку не піддаються.

Грубі похибки пов'язані з факторами, які свідомо і істотно спотворюють результат вимірювання, наприклад раптовим зниженням напруги електричного живлення приладу. Сюди ж ставляться так називані *промахи* — похибки, пов'язані з помилковими діями спостерігача, — неправильне визначення показань приладу, невірний їхній запис і т.п. Результати вимірювань, що містять грубі похибки і промахи, відкидаються як явно неточні.

Випадкова похибка - похибка вимірювання, викликана невідомими причинами або відомими причинами випадкового прояву. Випадкові похибки є свідомо невизначеними по своїй величині і природі. При повторних вимірюваннях вони не залишаються постійними, тому що виникають у підсумку спільного впливу на процес вимірювання багатьох причин, кожна з яких проявляє себе по-різному і незалежно одне від одного. Наприклад, похибки через тертя і вібрацію при зважуванні, похибки через

флуктуації температури і густини повітря і т.д.

Випадкові похибки піддаються строгому математичному опису, що дозволяє робити висновки про якість вимірювань, у яких вони присутні. Похибки інших типів більш складні для аналізу, їх виявляють і аналізують тільки в умовах конкретного експерименту. Для одного вимірювання випадкові похибки не піддаються обліку, однак для ряду повторних вимірювань однієї і тієї ж постійної величини, проведених з однаковою старанністю, їхній вплив на отриманий результат після виключення систематичних і грубих похибок можна оцінити з деякою імовірністю.

Теорія випадкових похибок, заснована на методах теорії ймовірностей і математичної статистики, дозволяє при проведенні деякого числа повторних вимірювань уточнити кінцевий результат. Внаслідок цього теорія випадкових похибок широко використовується для оцінки точності вимірювань і надійності роботи вимірювальних приладів.

Інструментальна похибка

Інструментальна похибка вимірювання визначається похибкою застосовуваних засобів вимірювання, тобто вимірювальних приладів і мір. Інструментальна похибка, називана іноді

приладовою похибкою, обумовлена багатьма причинами, пов'язаними з конструкцією приладу, якістю його виготовлення і застосовуваних матеріалів, старанністю регулювання, умовами застосування і т.д. Інструментальна похибка має як систематичну, так і випадкову складові. Співвідношення між ними може бути неоднаковим для різних приладів (указується в паспорті приладу), однак частіше переважає систематична похибка. Інструментальну похибку можна встановити при порівнянні показань даного приладу з показаннями більш точного. У цьому випадку можна одержати таблицю або графік виправлень, використання яких підвищує точність приладу.

Для багатьох засобів вимірювання широкого застосування виробники вказують, що інструментальна похибка із досить великою ймовірністю

($P \geq 0,95$) не перевищує деякого значення Δ_{instr} , називаного межею похибки, яка допускається. Наприклад, вимірювальна лінійка довжиною 1000 мм має $\Delta_{instr} = \pm 0,20$ мм, тобто виготовлювач не гарантує, що штрихи нанесені з більшою точністю.

Зв'язок між ціною розподілу шкали і Δ_{instr} строго не встановлюється, тому судити про точність приладу на підставі ціни розподілу шкали можна тільки дуже орієнтовно.

Вимірювальні прилади служать, як відомо, для вимірювання змінних в часі величин і являють собою матеріальні системи, що володіють різними інерційними властивостями (механічними, тепловими і ін.). Інерційність приладів при змінному режимі роботи приводить до запізнювання їхніх показань, тобто до відставання показань від зміни вимірюваної величини, що викликає динамічні **похибки**.

Величина запізнювання показань залежить в основному від принципу дії і устрою вимірювального приладу. На неї впливають інерція рухливої частини приладу, теплоємність і теплопровідність термочутливого елемента і способу його установки, довжина і діаметр сполучних трубок та ін.

Залежність показань приладу від зміни вимірюваної величини в несталому режимі (перехідному процесі) називається **динамічною характеристикою** вимірювального приладу. Вид динамічної характеристики визначається характером зміни, що відбувається з вимірювальною величиною і типом вимірювального приладу.

Похибка кожного конкретного приладу є систематичною, але її значення звичайно невідомо, а виходить, її неможливо виключити введенням у результат вимірювання відповідного виправлення.

Звичайно ціна найменшого розподілу шкали стрілочного приладу погоджена з похибкою самого приладу. Якщо клас точності використовуваного приладу невідомий, за похибку $\sigma_{прил}$ завжди приймають половину ціни його найменшого розподілу. Зрозуміло, що при зчитуванні

показань зі шкали недоцільно намагатися визначити частки розподілу, тому що результат вимірювання від цього не стане точніше. Межа припустимої похибки цифрового вимірювального приладу розраховують за паспортним даними, отримуючи формулу для розрахунку похибки саме даного приладу.

Класи точності приладів вимірювання

Дуже часто на шкалі вимірювального приладу, на передній панелі або в технічному документі (паспорті) зазначений його клас точності. Клас точності - це число, знаючи яке можна визначити похибку вимірювання цього приладу. Приймається вираження класу точності за допомогою відносних чисел і абсолютних значень похибки. У випадку якщо клас точності виражається відносним числом, те це число вибирається з ряду $[1; 1,5; (1,6); 2; 2,5; (3); 4; 5; 6] \times 10^n$, де показник ступеня n може бути дорівнює 1; 0; -1; -2 і т.д. Величини, зазначені в круглих дужках, для знову розроблювальних засобів вимірювання застосовувати не рекомендується. Наприклад: на шкалі приладу просто зазначене число з наведеного ряду, наприклад 0,2. Це значить, що наведена похибка дорівнює $\gamma = \pm 0,2 \%$.

Клас точності - найбільше значення наведеної похибки вимірювального приладу.

Наведеною похибкою вимірювального приладу називають відношення абсолютної похибки вимірювального приладу Δ_c до нормованого значення X_m , вираженого у відсотках.

Завершенням обробки даних багаторазового прямого вимірювання при заданій довірчій імовірності є два числа: середнє значення обмірюваної величини, і його похибка (напівширина довірчого інтервалу). Ці числа є остаточний результат багаторазового вимірювання і повинні бути спільно записані в стандартній формі, що містить тільки достовірні, тобто надійно обмірювані, цифри цих чисел.

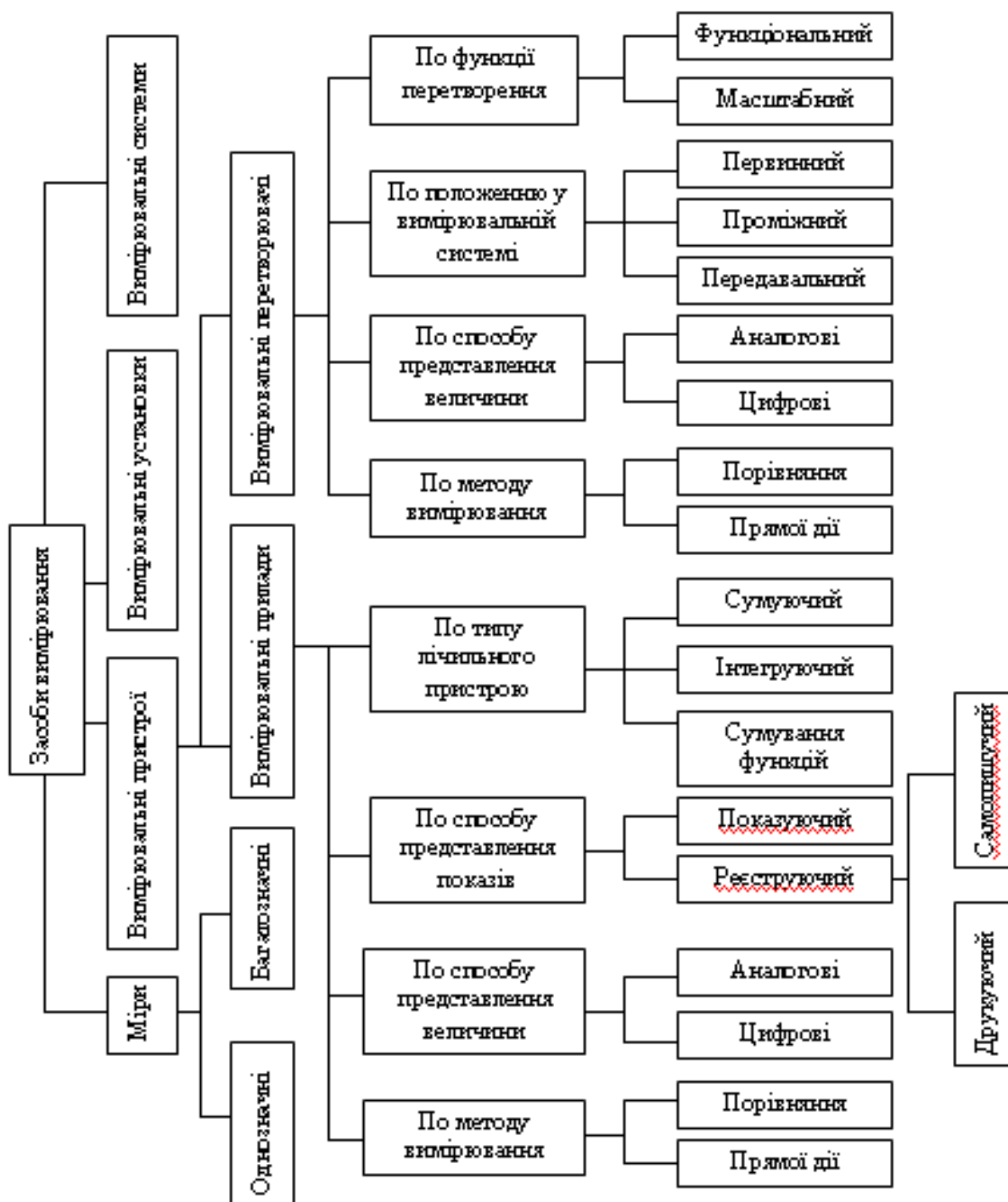
Лекція №4 Класифікація засобів вимірювання

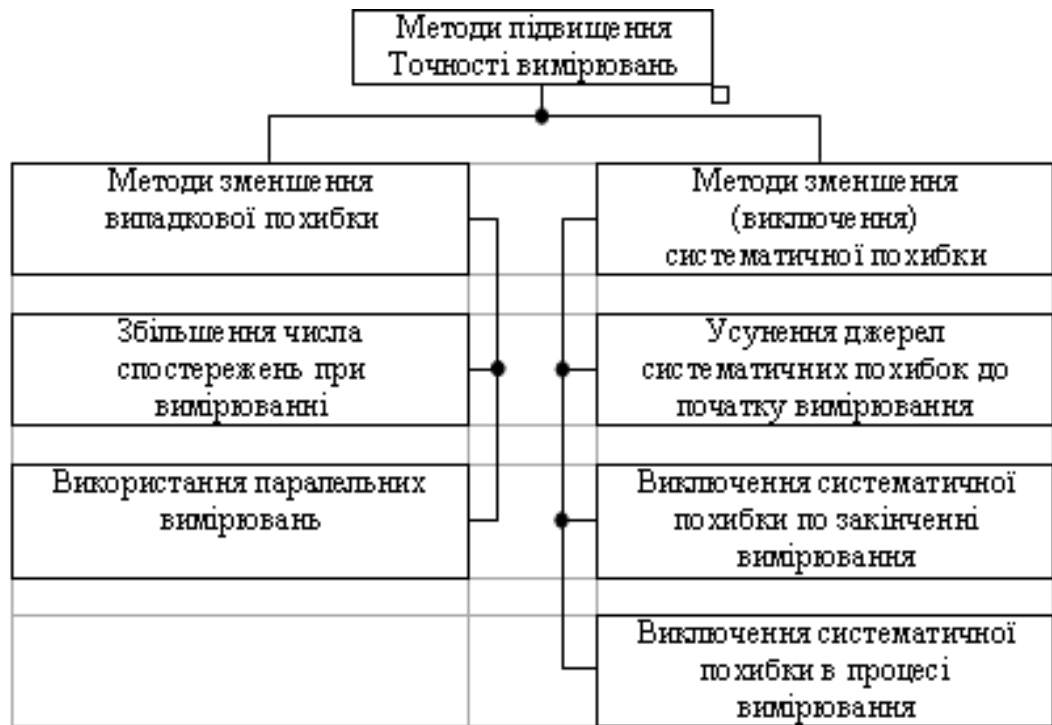
Класифікуються по виду, принципу дії і метрологічному призначенню.

Види: міри, вимірювальні пристрої, вимірювальні установки і вимірювальні системи.

Принцип дії: фізичний принцип, покладений в основу побудови засобів вимірювання даного виду.

Метрологічне призначення: зразкові і робочі засоби вимірювання.





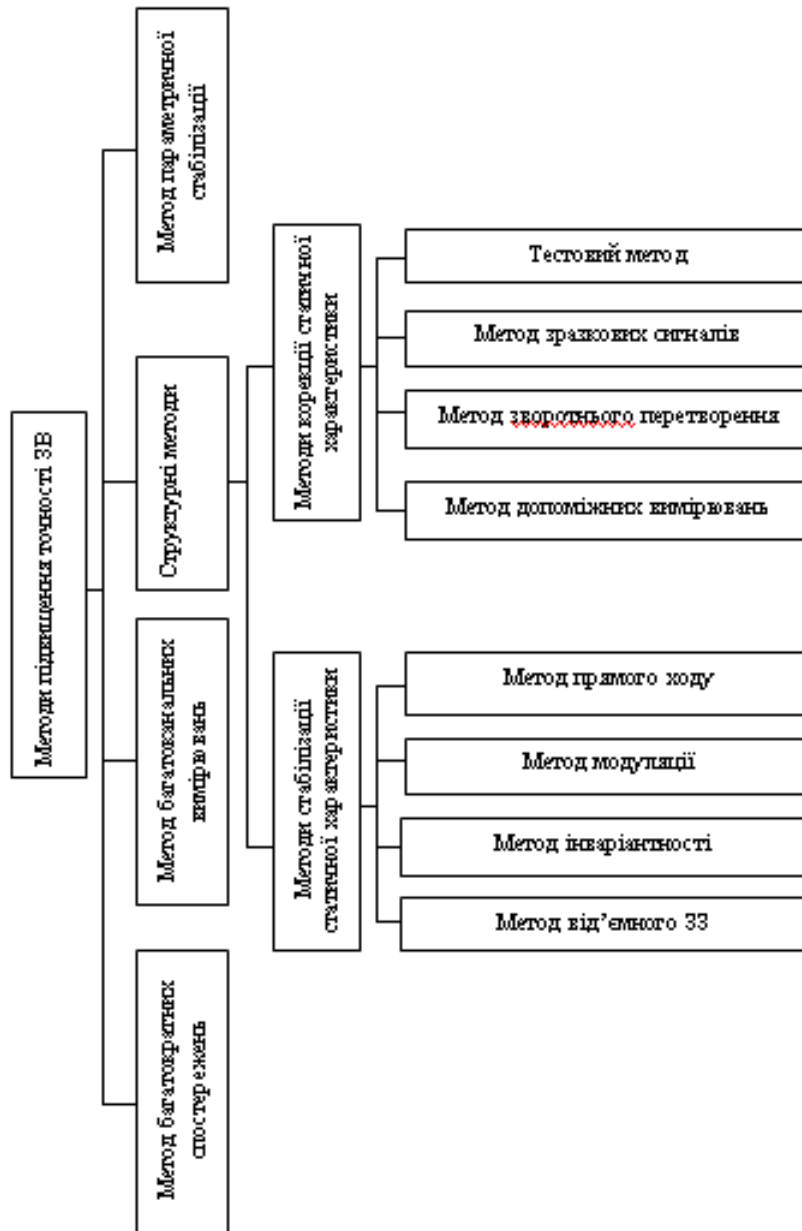
Методи зменшення випадкової похибки вимірювання

- збільшують число спостережень, але важко забезпечити постійність об'єкту вимірювання на протязі довгого часу;
- використовують паралельні вимірювання, (одночасно) однієї і тієї ж фізичної величини. Для цього використовують одночасно декілька засобів вимірювання. Результати обробляють сумісно.

Методи зменшення (виключення) систематичних похибок

- виключення похибок і їх врахування.

Найкращий метод підвищення точності вимірювання при інших рівних умовах – використання більш точних засобів вимірювання.



Метод багатократних спостережень - використовується для зменшення випадкової складової похибки засобів вимірювання і заключається в тому, що за деякий інтервал часу, відведений для вимірювань, виконують декілька спостережень.

Метод багатоканальних вимірювань – (аналогічний паралельному). Засоби вимірювання, за допомогою яких реалізується даний метод, містять

декілька ідентичних по характеристиках паралельних вимірювальних ланок (каналів) і лічильний пристрій, який, отримуючи вимірювальну інформацію по цих каналах, обраховує середнє арифметичне значення і оцінку середнього квадратичного відхилення (метод зменшує випадкову складову похибки засобів вимірювання).

Метод параметричної стабілізації – стабілізація статичної характеристики засобів вимірювання.

Реалізується шляхом виготовлення засобів вимірювання з точних і стабільних елементів, параметри яких мало піддаються зовнішнім впливам; термостабілізації; стабілізації напруги живлення; екранування засобів вимірювання від магнітних і електричних полів.

Структурні методи – в склад засобів вимірювання включають додаткові вузли, елементи і міри, що забезпечують підвищення точності цих засобів вимірювання за рахунок інформації, що отримується за їх допомогою.

а) Структурні методи стабілізації статичної характеристики

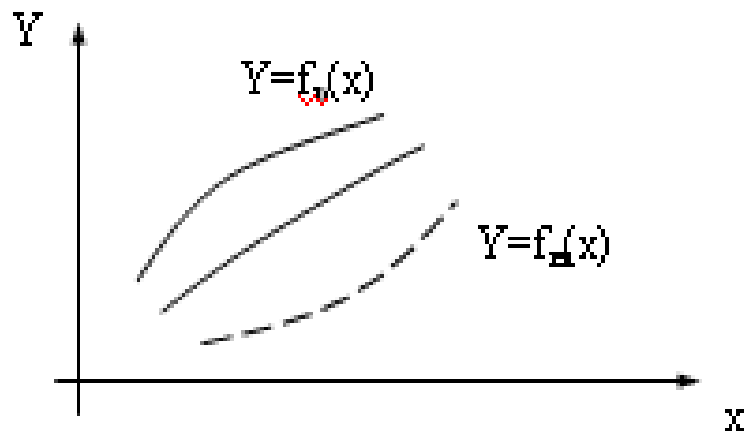
- Метод від'ємного засобу вимірювання – реалізується тільки при наявності перетворювальних елементів або перетворювачів, що виконують перетворення вихідного сигналу засобу вимірювання у вхідний (технічно складно)

- Метод інваріантності – в засобі вимірювання крім вимірювального каналу в наявності ще канал порівняння, на який не подається вхідний сигнал, але який знаходиться під впливом деякої впливової величини. Причому параметри порівняльної ланки підбирають так, щоб зміна її сигналу під дією впливової величини ідентична зміні сигналу вимірювальної ланки під дією вхідної величини

- Метод модуляції – сигнал, що поступає на вхід засобу вимірювання, або параметри засобу вимірювання піддаються примусовим періодичним змінам (модуляції) з частотою, що не співпадає з частотами зміни вхідного сигналу.

- Метод прямого ходу – вимірюваний сигнал поступає на чутливий

елемент засобу вимірювання через ключ, за допомогою якого відбувається періодичне в часі відключення вимірюваного сигналу від чутливого елемента і подача на нього нульового сигналу. Це забезпечує роботу засобу вимірювання по зростаючій ланці (прямий хід) статичної характеристики.



б) Структурні методи корекції статичної характеристики (методи корекції похибок засобів вимірювання)

- Метод допоміжних вимірювань – автоматизація процесу врахування додаткової похибки засобу вимірювання по відомих функціях впливу ряду впливових величин. Для цього відбувається вимірювання значень цих величин і за допомогою лічильного пристрою, що побудований з врахуванням функції впливу, коректується вихідний сигнал засобу вимірювання.

- Метод зворотнього перетворення – (ітераційний) ґрунтується на використанні додатково в складі засобу вимірювання крім прямої вимірювальної ланки (прямого перетворення), ланки, що виконує зворотнє перетворення вихідного сигналу (зворотній перетворювач), маючий суттєво більшу точність, ніж ланка прямого перетворення. Результат вимірювання отримуємо шляхом ітерацій. В процесі кожної ітерації послідовно відбувається: пряме перетворення вимірюваної величини і запам'ятовування результату, зворотнє перетворення запам'ятованого значення цієї величини, пряме перетворення сигналу зворотнього перетворювача, що відповідає запам'ятованому значенню вимірюваної величини і порівняння результатів цих двох перетворень, на основі якого формується коректуючий сигнал.

Зворотній перетворювач грає роль багатозначної міри, по якій коректується

статична характеристика прямого перетворювача.

- Метод зразкових сигналів – (зразкових мір) – визначення в кожному циклі вимірювань реальної функції перетворення засобів вимірювання за допомогою зразкових сигналів (мір), тобто метод складається з автоматичного градування засобів вимірювання в кожному циклі. Цикл включає в себе вимірювання фізичної величини, що поступає на вхід засобу вимірювання, почергове вимірювання однієї або декількох ваг, що підключаються замість вимірюваної фізичної величини на вхід засобу вимірювання, розв'язок системи рівнянь за допомогою лічильного пристрою, з якого визначається значення вимірюваної фізичної величини.

- Тестовий метод – проведення сукупних вимірювань. В кожному циклі вимірювань (на відміну від метода зразкових сигналів) крім вимірювань фізичної величини, що поступає на вхід засобу вимірювання, відбувається вимірювання величин-тестів, кожна з яких формується з міри і вимірюваної величини. Значення вимірюваної величини визначається з системи рівнянь, що розв'язується за допомогою лічильного пристрою.

Методи зменшення похибок засобів вимірювання

Можна поділити на дві групи:

1) методи запобігання виникненню похибки, які об'єднують конструктивно-технологічні й захисно-запобіжні методи;

2) методи зниження рівня наявних похибок при функціональній корекції похибки окремих функціональних блоків і статистичної мінімізації.

В засобах вимірювання під час вимірювання можуть бути такі причини виникнення похибок:

1) зовнішні впливи температури, вологості, шкідливих домішок в повітрі, зовнішні магнітні та електричні поля, механічні впливи і т.ін.

2) зміна характеристик елементів і деталей, що входять до складу засобу вимірювання, внаслідок фізичного старіння або механічного спрацювання.

3) вплив неінформативних параметрів вхідного сигналу (частота і форма імпульсу, заводи).

Методи зменшення похибок засобів вимірювання при (розробці):

- а) поділ принципової схеми на окремі функціональні блоки;
- б) оцінка допустимої похибки для кожного функціонального блоку;
- в) розрахунок похибки кожного функціонального блоку на базі первинних похибок вхідних параметрів (в тому числі всіх елементів);
- г) виділення елементів настроювання для кожного функціонального блока і визначення номенклатури параметрів елементів настроювання;
- д) виділення і розробка компенсаторів, елементів регулювання, розробка пристроїв автонастроювання або блоків аналітичної компенсації похибок;
- е) оцінка допусків на параметри елементів настроювання;
- ж) оцінка надійних границь абсолютної і відносної похибок засобів вимірювання;
- з) розрахунок границь зміни похибки вихідних параметрів при розкиді вхідних параметрів і впливові зовнішніх факторів;
- і) формування (в разі потреби) підвищених вимог до точності застосовуваних елементів і стабільності параметрів елементів, введення структурної надлишковості елементів захисту від зовнішніх факторів;
- к) складання плану технологічного і метрологічного забезпечення виробництва засобів вимірювань точності.

Основними методами забезпечення точності засобів вимірювання є: повна взаємозамінність, введення компенсації, застосування настроювання.

Повна взаємозамінність: використовується при розробці і виробництві засобів вимірювання.

Компенсація похибок.

Рівняння абсолютної похибки засобів вимірювання:

$$\Delta y = k_1 \Delta x_1 + k_2 \Delta x_2 + \dots + k_m \Delta x_m$$

де k_i - коефіцієнт впливу i -ї первинної похибки.

Компенсація зміни будь-якого з параметрів або всіх разом може бути

зроблений будь-яким із них (або додаванням додаткового елементу), який має похибку, що дорівнює Δy , але зворотній за знаком:

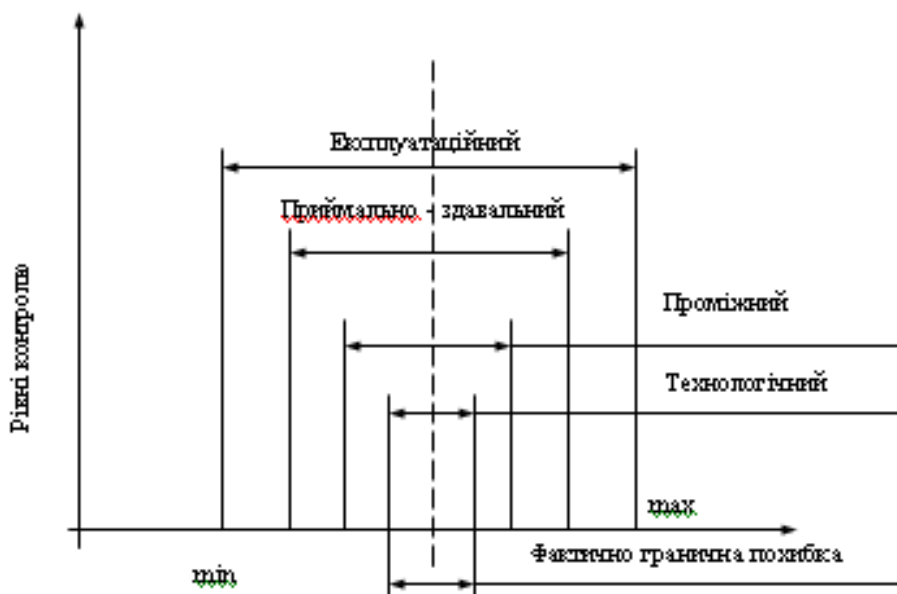
$$k_j \Delta x_j = k_1 \Delta x_1 + k_2 \Delta x_2 + \dots + k_m \Delta x_m$$

Компенсувати можна тільки систематичні похибки.

Настроювання – під час настроювання коректують значення вихідних параметрів для зняття систематичних похибок.

Під час неперервної роботи засобів вимірювання вихідний параметр, як правило, не залишається сталими, а змінюється під дією багатьох випадкових факторів: коливань температури частин приладів, спрацювання вимірювальних поверхонь і т. ін. Тому зміщення настроюваного параметра є випадковим.

Протягом усього виробничого циклу засоби вимірювання піддають контрольним перевіркам: технологічний прогін (засоби вимірювання зазнають впливу різних виробничих і перевірюваних факторів). В результаті настає зміна вихідних параметрів. Тому на кожній стадії виробництва повинні визначатись приймальні границі для вихідних параметрів.



Лекція №5 ОСНОВИ СТАНДАРТИЗАЦІЇ. КАТЕГОРІЇ СТАНДАРТІВ

Терміни та визначення основних понять у сфері стандартизації

СТАНДАРТИЗАЦІЇ. ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Стандартизація - діяльність, що полягає у встановленні положень для загального і багаторазового застосування щодо наявних чи можливих завдань з метою досягнення оптимального ступеня впорядкування у певній сфері, результатом якої є підвищення ступеня відповідності продукції, процесів та послуг їх функціональному призначенню, усуненню бар'єрів у торгівлі і сприянню науково-технічному співробітництву.

Сфера стандартизації - сфера діяльності, що охоплює взаємопов'язані об'єкти стандартизації.

Рівень стандартизації - географічно, політично чи економічно означений ступінь участі у стандартизації.

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

Регіональна стандартизація - стандартизація, що проводиться на відповідному регіональному рівні та участь у якій відкрита для відповідних органів країн певного географічного або економічного простору.

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

Консенсус - загальна згода, яка характеризується відсутністю серйозних заперечень по суттєвих питаннях у більшості зацікавлених сторін та досягається в результаті процедури, спрямованої на врахування думки всіх сторін та зближення розбіжних точок зору.

Відповідність призначенню - здатність виробу, процесу чи послуги виконувати певну функцію за заданих умов

Сумісність - придатність виробів, процесів чи послуг для сумісного використання у відповідних умовах для задоволення певних потреб без спричинення небажаної взаємодії

Взаємозамінність - здатність одного виробу, процесу чи послуги бути використаним замість іншого для задоволення тих самих потреб

НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ. ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Нормативний документ - документ, що встановлює правила, загальні принципи чи характеристики різного виду діяльності або її результатів. Цей термін охоплює такі поняття як «стандарт», «технічні умови» «настанови (правила)», «регламент».

Стандарт - створений на основі консенсусу та ухвалений визнаним органом нормативний документ, що встановлює, для загального і багаторазового користування, правила, настановчі вказівки або характеристики різного виду діяльності чи її результатів і який є спрямованим на досягнення оптимального ступеня впорядкованості у певній сфері та доступним широкому колу користувачів. Стандарти повинні

ґрунтуватися на узагальнених досягненнях науки, техніки та практичного досвіду і бути спрямованими на збільшення суспільної вигоди

Міжнародний стандарт - стандарт, прийнятий міжнародною організацією зі стандартизації.

Регіональний стандарт - стандарт, прийнятий регіональною організацією зі стандартизації.

Національний стандарт - стандарт, прийнятий національним органом стандартизації.

Пробний стандарт - стандарт, прийнятий тимчасово органом стандартизації і доведений до широкого кола користувачів, щоб накопичити потрібного досвіду у процесі його застосування і який може бути використаний як база стандарту.

Технічні умови - нормативний документ, що встановлює технічні вимоги, яким повинні відповідати виріб, процес чи послуга. Технічні умови можуть бути стандартом або частиною стандарту. В технічних умовах у разі потреби потрібно зазначати методика(-и), за якою(-ими) можна визначити, чи дотримано даних вимог.

Настанова; звід правил (правила) - нормативний документ, що рекомендує практичні прийоми чи методи проектування, виготовлення, монтажу, експлуатації або утилізації обладнання, конструкцій чи виробів. Настанова може бути стандартом або частиною стандарту, а також іншим незалежним від стандарту документом.

Регламент - прийнятий органом влади нормативний документ, що передбачає обов'язковість правових положень.

Технічний регламент - регламент, що містить технічні вимоги або безпосередньо, або через посилання на стандарт, технічні умови, настанову чи їхній зміст.

ВИДИ СТАНДАРТІВ. ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Основоположний стандарт - стандарт, що має широку сферу поширення або такий, що містить загальні положення для певної галузі.

Термінологічний стандарт - стандарт, що поширюється на терміни та відповідні їм визначення понять.

Стандарт на методи випробування - стандарт, що встановлює методи випробування, як наприклад, використання статистичних методів і порядок проведення випробування.

Стандарт на продукцію - стандарт, що встановлює вимоги, які повинен задовольняти виріб (група виробів), щоб забезпечити свою відповідність призначенню.

Стандарт на процес - стандарт, що встановлює вимоги, які повинен задовольняти процес, щоб забезпечити свою відповідність призначенню.

Стандарт на сумісність - стандарт, що встановлює вимоги стосовно сумісності виробів чи систем у місцях їх поєднання.

Стандарт загальних технічних вимог - стандарт, що містить перелік характеристик, для яких значення чи інші дані встановлюються для виробу, процесу чи послуги в кожному випадку окремо.

ГАРМОНІЗАЦІЯ СТАНДАРТІВ. ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Гармонізовані стандарти; еквівалентні стандарти - стандарти на один і той самий об'єкт, затверджені різними органами стандартизації, які забезпечують взаємозамінність виробів, процесів і послуг чи загальне однозначне розуміння результатів випробування або інформації і які подають відповідно до цих стандартів. У межах цього визначення гармонізовані стандарти можуть мати відмінності у поданні і навіть у змісті, наприклад, у пояснювальних примітках, вказівках, як виконувати вимоги стандарту та переваги тих чи інших альтернатив та різновидів.

Уніфіковані стандарти - гармонізовані стандарти, які є ідентичними за змістом, але не ідентичні за формою подання.

Ідентичні стандарти - гармонізовані стандарти, які є ідентичними за змістом і за формою подання.

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 невідривне 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, вузла, агрегата, не змінюючи їх функціонального призначення, 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.

Лекція №7 ТЕХНІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ

Система технічного контролю (об'єкти контролю, контрольні операції, їхня послідовність, технічне оснащення, режими, методи, засоби механізації та автоматизації) розробляється одночасно з проектуванням технології виготовлення технічних пристроїв службою головного технолога підприємства або відповідними проектно-технологічними організаціями за участю відділу технічного контролю (ВТК).

Головні завдання ВТК - запобігання випуску (постачання) підприємствами продукції, що не відповідає вимогам стандартів, технічних умов, затверджених зразків (еталонів), проектно-конструкторської та технологічної документації, умовам поставки та договорами.

Контроль якості продукції, що випускається ВТК проводить з таких головних напрямках: контроль технічної документації та технологічних процесів, забезпечення надійності прийнятих виробів, Рекламацийні робота, застосування засобів вимірювань, дотримання метрологічних правил приймання.

1.1 Основні види контролю, терміни і визначення, встановлені в цій області

Технічний контроль - це перевірка відповідності продукції або процесу, від якого залежить її якість, установленим вимогам.

На стадії розробки продукції технічний контроль полягає в перевірці відповідності досвідченого зразка технічному завданню, технічної документації, правил оформлення, викладеним у ЕСКД; на стадії виготовлення він охоплює якість, комплектність, пакування, маркування, кількість пропонованої продукції, хід виробничих процесів; на стадії експлуатації полягає в перевірці дотримання вимог експлуатаційної та ремонтної документації.

Технічний контроль включає три основні етапи:

- Отримання первинної інформації про фактичний стан об'єкта контролю, контрольованих ознаках і показниках його;

- Отримання вторинної інформації - відхилень від заданих параметрів шляхом зіставлення первинної інформації з запланованими критеріями, нормами і вимогами;

- Підготовка інформації для вироблення відповідних керуючих впливів на об'єкт, піддавався контролю.

Контрольованій ознака - це кількісна або якісна характеристика властивостей об'єкта, що піддається контролю. Комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення виробництва продукції із заданим рівнем якості, становить предмет організації контролю.

Метод контролю - це сукупність правил застосування визначених принципів для здійснення контролю. У метод контролю входять основні фізичні, хімічні, біологічні та інші явища, а також залежності (закони, принципи), які застосовуються при знятті первинної інформації відносно об'єкта контролю.

Під системою контролю розуміють сукупність засобів контролю та виконавців, що взаємодіють з об'єктом за правилами, встановленими відповідною документацією.

Засоби контролю - це вироби (прилади, пристосування, інструмент, випробувальні стенди) і матеріали, що використовуються при контролі (наприклад, реактиви).

Види технічного контролю підрозділяються за такими основними ознаками:

- залежно від об'єкта контролю - контроль кількісних та якісних характеристик властивостей продукції, технологічного процесу (його режимів, параметрів, характеристик, відповідності вимогам ЕСКД, ЕСТД, ЄС ТПП);

- по стадіях створення та існування продукції - проектування (контроль процесу проектування конструкторської та технологічної документації), виробничий (контроль виробничого процесу та його результатів), експлуатаційний;

- по етапах процесу - вхідний (контроль якості продукції що надходить, який здійснюється споживачем), операційний (контроль продукції або процесу під час виконання або після завершення певної операції), приймальний (контроль закінченої виробництвом продукції, за результатами якого приймається рішення про її придатності до поставки або використання);

- за повнотою охоплення - суцільний (контроль кожної одиниці продукції, яка здійснюється з однаковою повнотою), вибірковий (контроль вибірок або проб з партії чи потоку продукції);

- по зв'язку з об'єктом контролю в часі - летючий (контроль у випадкові моменти, обрані у встановленому порядку), безперервний (контроль, при якому надходження інформації відбувається безперервно), періодичний (інформація надходить через встановлені інтервали);

- по можливості подальшого використання продукції - руйнує (об'єкт контролю використанню не підлягає), неруйнівний (без порушення придатності об'єкта контролю до подальшого використання);

- за ступенем використання засобів контролю - вимірювальний, реєстраційний, органолептичний, по контрольному зразку (шляхом порівняння ознак якості продукції з ознаками якості контрольного зразка), технічний огляд (за допомогою органів почуттів, у необхідних випадках із

залученням засобів контролю, номенклатура яких встановлена відповідною документацією);

- з перевірки ефективності контролю - інспекційний (здійснюється спеціально уповноваженими виконавцями з метою перевірки ефективності який раніше виконував контролю);

- залежно від виконавця - відомчий контроль (здійснюється органами міністерства або відомства), державний нагляд (здійснюється спеціальними державними органами);

- в залежності від рівня технічної оснащеності - ручний (використовуються немеханізовані засоби контролю для перевірки якості деталей, виробів), механізований (застосування механізованих засобів контролю), автоматизований (здійснюється з частковою участю людини), автоматичний (без особистої участі людини), активний (безпосередньо впливає на хід технологічного процесу і режимів обробки з метою управління ними);

- за типом перевіряються параметрів і ознакам якості - геометричних параметрів (контроль лінійних, кутових розмірів, форми та ін), фізичних властивостей (теплопровідність, електропровідність, температура плавлення та ін), механічних властивостей (жорсткість, твердість, пластичність та ін) , хімічних властивостей (хімічний аналіз складу речовини, корозійна стійкість в різних середовищах і ін), металографічні дослідження (контроль мікро-та макроструктури заготовок, напівфабрикатів, деталей), спеціальний (контроль герметичності, відсутності внутрішніх дефектів), функціональних параметрів (контроль працездатності приладів , систем, пристроїв у різних умовах), ознак якості, наприклад зовнішнього вигляду візуально.

Випробування - експериментальне визначення кількісних та якісних характеристик властивостей об'єкта випробувань як результату впливу на нього при його функціонуванні, при моделюванні об'єкта і впливів.

Вид випробувань - це класифікаційна угруповання випробувань за певною ознакою. Відповідно до видової класифікації випробування

поділяються за наступними основними ознаками:

- в залежності від цілей випробувань;
- за наявності бази для порівняння результатів;
- за точністю значення параметрів;
- по етапах розробки продукції;
- за рівнем проведення;
- по етапах процесу;
- за періодичністю проведення;
- з оцінки рівня якості продукції;
- з оцінки доцільності вимірювання;
- за тривалістю проведення;
- за ступенем інтенсифікації процесів;
- по можливості подальшого використання продукції;
- в залежності від місця проведення;
- залежно від оцінюваних властивостей;
- за видом впливу на об'єкт.

Випробувань підлягають дослідні зразки (партії) та продукція серійного, масового та одиничного виробництва. Дослідний зразок або дослідну партію піддають попереднім і приймальним випробувань (перевірок) за спеціально розробленими програмами.

Попередні випробування проводять для визначення відповідності продукції технічним завданням, вимогам стандартів, технічної документації і для вирішення питання про можливість представлення її на приймальні випробування.

Приймальні випробування проводять з метою: визначення відповідності продукції технічним завданням, вимогам стандартів та технічної документації, оцінки технічного рівня; визначення можливості постановки продукції на виробництво; вироблення рекомендацій щодо встановлення категорії якості.

Всі дефекти, виявлені в процесі виготовлення й обробки виробів,

необхідність додаткових доробок продукції і результати проведення цих робіт фіксуються в діючих документах підприємства. Для обліку і усунення дефектів використовуються наступні документи: первинні облікові документи дефектів; сигнальний листок; карта дефекту.

Первинні облікові документи дефектів, виявлених у процесі виготовлення та відпрацювання виробів, - це журнал обліку результатів контрольних операцій з технологічного процесу, журнал обліку і підготовки результатів випробувань на підприємстві, акт дефектації виробів після випробувань, відомості дефектів, виявлених при натуральних випробуваннях, зауваження з випробувальних полігонів та ін

Сигнальний листок служить для реєстрації та контролю за усуненням дефектів, якщо проведення додаткових робіт і централізований контроль можливі без дозволу керівництва підприємства.

Карта дефекту призначена для реєстрації та контролю за усуненням дефектів, якщо на проведення додаткових робіт та централізованого контролю необхідний дозвіл керівництва підприємства.

ЯКІСТЬ ПРОДУКЦІЇ

Основні поняття, терміни і визначення

Міжнародний стандарт ISO встановлює терміни за якістю, пояснює їх сутність і те, як вони застосовуються в стандартах ISO серії 9000-2000 «Системи якості».

Відповідно до ГОСТів якість продукції - це сукупність властивостей, що обумовлюють її придатність задовольняти певні потреби відповідно до призначення.

Продукція - це матеріалізований результат процесу трудової діяльності, що володіє корисними властивостями і призначений для задоволення потреб суспільного або особистого характеру. Результати праці можуть бути матеріалізований (сировина, матеріали, технічні пристрої, харчові продукти і т.д.) і нематеріальний (енергія, інформація).

Властивість продукції - це об'єктивна особливість, яка проявляється при створенні, експлуатації або споживанні вироби.

Ознакою продукції є якісна або кількісна характеристика будь-яких її властивостей або станів. До якісними ознаками можна віднести колір матеріалу, форму виробу, наявність на поверхні деталі антикорозійного або декоративного покриття, спосіб скріплення деталей виробу (зварювання, клепка), спосіб налаштування або регулювання технічних пристроїв (ручний дистанційний, напівавтоматичний).

Кількісний ознака є параметром продукції і може бути одним з показників її якості.

Показник якості продукції - кількісна характеристика одного або декількох властивостей продукції, що складають її якість, що розглядається стосовно до певних умов її створення, експлуатації і споживання.

Класифікація показників якості промислової продукції

Поодинокі показники, що характеризують одне з властивостей продукції, можуть ставитися як до одиниці продукції, так і до сукупності одиниць однорідної продукції, наприклад: напрацювання виробу на відмову (години), питома витрата палива (г / к.с.), Максимальна швидкість руху (км / год).

Комплексні показники характеризують спільно кілька простих властивостей або одне складне, що складається з кількох простих.

Інтегральні показники відображають відношення сумарного корисного ефекту від експлуатації продукції до сумарних витрат на її створення та експлуатацію.

Показники призначення характеризують властивості продукції, визначають основні функції, для виконання яких вона призначена, і обумовлюють область її застосування. Вони підрозділяються на показники функціональної і технічної ефективності (продуктивність верстата, міцність тканини); конструктивні (габаритні розміри, коефіцієнти сборності і

взаємозамінності); показники складу і структури (процентний вміст сірки в коксі, концентрація домішки в кислотах).

Показники надійності характеризують властивості безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності і зберігання.

Безвідмовність показує властивість виробу безперервно зберігати працездатність протягом деякого часу або деякого напрацювання, що виражається в ймовірності безвідмовної роботи, середній напрацювання до відмови, інтенсивності відмов.

Довговічність - властивість виробу зберігати працездатність до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонтів. Одиничними показниками довговічності є середній ресурс, середній термін служби.

Ремонтпридатність - властивість виробу, що полягає в пристосування його до попередження і виявлення причин виникнення відмов, пошкоджень та усунення їх наслідків шляхом проведення ремонтів і технічного обслуговування.

Відновлювані виробу характеризується середнім часом відновлення до заданого значення показника якості і рівнем відновлення.

Зберігання - властивість продукції зберігати справний і працездатний, придатний до споживання стану протягом і після зберігання і транспортування. Одиничними показниками зберігання можуть бути середній термін зберігання і призначений термін зберігання.

Ергономічні показники, що характеризують систему "людина - виріб - середовище використання" і враховують комплекс гігієнічних, антропометричних, фізіологічних і психологічних властивостей людини, поділяються на такі групи:

- Гігієнічні (освітленість, температура, випромінювання, вібрація, шум);

- Антропометричні (відповідність конструкції виробу розмірам і формі тіла людини, відповідність розподілу ваги людини);

- Фізіологічні (відповідність конструкції виробу силовим і швидкісним можливостям людини);

- Психологічні (відповідність виробу можливостям сприйняття і переробки інформації).

Показники економічності визначають досконалість виробу за рівнем витрат матеріальних, паливно-енергетичних і трудових ресурсів на його виробництво та експлуатацію (споживання). Це в першу чергу собівартість, ціну покупки і ціна споживання, рентабельність і т.д.

Естетичні показники характеризують інформаційно-художні \rightarrow у виразність виробу (оригінальність, стильове відповідність, відповідність моді), раціональність форми (відповідність форми призначенню, конструктивному рішенню, особливостям технології виготовлення і застосовуваних матеріалах), цілісність композиції (пластичність, впорядкованість графічних образотворчих елементів).

Показники технологічності мають відношення до таких властивостей конструкції виробу, які визначають його пристосованість до досягнення оптимальних витрат при виробництві, експлуатації та відновлення заданих значень показників якості. Вони є визначальними для показників економічності. Поодинокі показники технологічності - питома трудомісткість, матеріаломісткість, енергоємність виготовлення й експлуатації виробу, тривалість циклу технічного обслуговування і ремонтів та ін

Показники стандартизації і уніфікації характеризують насиченість виробу стандартними, уніфікованими й оригінальними складними частинами, якими є що входять до нього деталі, вузли, агрегати, комплекти і комплекси. До цієї групи відносяться коефіцієнт застосовуваності, коефіцієнт повторюваності, коефіцієнт уніфікації виробу або групи виробів.

Патентно-правові показники характеризують ступінь патентного захисту патентної чистоти технічних рішень, використаних у виробі, що визначає її конкурентоспроможність на внутрішньому і зовнішньому ринку.

Екологічні показники визначають рівень шкідливих впливів на навколишнє середовище в процесі експлуатації або споживання виробу. До них належать: вміст шкідливих домішок, що викидаються в навколишнє середовище; можливість викиду шкідливих часток, газів і випромінювань, рівень яких не повинен перевищувати гранично допустимої концентрації.

Показники безпеки характеризують особливості продукції, що обумовлюють при її використанні безпека людини (обслуговуючого персоналу) та інших об'єктів. Вони повинні відображати вимоги до заходів і засобів захисту людини в умовах аварійної ситуації, не санкціонованої і не передбаченої правилами експлуатації в зоні можливої небезпеки. Показник, за яким приймається рішення оцінювати якість продукції, називається визначальним. Властивості, що враховуються визначальним показником, можуть характеризуватися одиничними і (або) комплексними (узагальнюючими) показниками якості.

Узагальнюючі показники є середньою величиною, включають кількісні оцінки основних властивостей продукції та їх коефіцієнтів вагомості.

Оптимальним значенням показника якості продукції є таке, при якому досягається найбільший корисний ефект від експлуатації (споживання) продукції при заданих затратах на її створення та експлуатацію (споживання).

Етапи формування якості

На початковій стадії проводяться роботи з формування вихідних вимог до продукції, які, як правило, включають: складання заявки на розробку і освоєння, створення аванпроект, науково-дослідні роботи та підготовку технічного завдання.

Технічне завдання, як правило, складається з наступних розділів: найменування і область застосування продукції, підстава для розробки, мета та призначення розробки, технічні вимоги, економічні показники, стадії і

етапи розробки, порядок контролю і приймання, додатки.

Замовник формує вихідні вимоги, для створення продукції необхідного технічного рівня.

Розробник здійснює розробку технічного завдання на основі вихідних вимог замовника, а також з урахуванням результатів виконаних науково-дослідних і експериментальних робіт, аналізу передових досягнень вітчизняної та зарубіжної техніки, прогресивних типажів і систем машин і устаткування, вивчення патентної документації, вимог зовнішнього та внутрішнього ринків.

Замовник разом з розробником в технічному завданні визначають порядок процесу задачі та приймання результатів розробки:

- Види виготовлених зразків (експериментальних, досвідчених, головних);
- Категорії випробувань;
- Розгляд результатів на приймальній комісії та її склад;
- Документи, надані на приймання.

Виробник визначає необхідність участі розробника у підготовці і освоєнні виробництва продукції. При необхідності вони спільно розробляють документи, що входять до складу технологічної підготовки виробництва, проводять кваліфікаційні випробування.

Дія технічного завдання закінчується після затвердження акту приймальної комісії.

Зміст оцінки рівня якості продукції

Оцінка рівня якості продукції - це сукупність операцій, включаючи вибір номенклатури показників якості продукції що оцінюється, визначення значень цих показників і їх порівняння з базовими.

Для цілей оцінки рівня якості вся промислова продукція розділена на два класи.

Перший клас (продукція, що витрачаються при використанні)

поділяється на три групи:

1 - сировину та паливно-природні копалини, що пройшли стадію видобутку, рідке, тверде та газоподібне паливо та ін;

2 - матеріали та продукти (лісоматеріали, штучне паливо, масла та мастила, хімічні продукти та ін);

3 - витратні вироби (рідке паливо в бочках, балони з газами, кабелі в катушках і т.п.).

Другий клас (продукції, витрати свій ресурс) складають дві групи:

1 - неремонтуєміе вироби (електровакуумні і напівпровідникові прилади, резистори, конденсатори, підшипники, шестірні і т.п.);

2 - ремонтвані вироби (технологічне обладнання, автоматичні лінії, вимірювальні прилади, транспортні засоби тощо).

Номенклатуру показників якості продукції встановлюють з урахуванням призначення та умов її застосування, вимог споживачів (замовників), основних вимог до показників якості продукції і області їх застосування.

Методи визначення значень показників якості продукції поділяються на дві групи:

- за способами отримання інформації - вимірювальний, реєстраційний, органолептичний і розрахунковий;

- за джерелами її одержання - традиційний, експертний і соціологічний.

Вимірювальний - заснований на інформації, що отримується з обов'язковим використанням технічних вимірювальних засобів, передбачених конструкцією виробу або додаткових (амперметри, вольтметри, тахометри, спідометри і т.п.).

Реєстраційний - використовується інформація, що отримується шляхом підрахунку (реєстрації) числа визначених подій, предметів або витрат, наприклад: реєстрація кількості відмов виробу при випробуваннях.

МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Рівень якості продукції - це відносна характеристика її якості, заснована на порівнянні значень показників якості оцінюваної продукції з базовими значеннями відповідних показників. Базовим значенням показника є оптимальний рівень, реально досяжний на деякий період часу. За базові можуть прийматися: кращі вітчизняні та зарубіжні зразки, за якими є достовірні дані про якість, а також досягнуті в деякому попередньому періоді часу чи знайдені експериментальним і теоретичним методами.

Для оцінки рівня якості продукції застосовують диференціальний, комплексний або змішаний методи.

Диференціальний метод заснований на використанні одиничних показників, щоб визначити, по яких з них досягнуто рівня базового.

Якщо одні відносні показники за результатами розрахунків виявилися кращими, а інші гірше, застосовують комплексний або змішаний метод оцінки.

Комплексний метод заснований на застосуванні узагальненого показника якості продукції, який являє собою функцію від одиничних (комплексних) показників. Узагальнений показник може бути виражений головним показником, що відображає основне призначення продукції, інтегральним або середнім зваженим.

Якщо є необхідна інформація, визначають головний показник і встановлюють функціональну залежність його від вихідних показників. Наприклад, головним показником вантажних автомобілів є річна продуктивність в т-км, автобусів - продуктивність в пасажиро-кілометрів, енергетичних турбін - річне вироблення енергії в кВт-ч, у металорізальних верстатах - продуктивність в кількості оброблених деталей і т.п.

Інтегральний (узагальнений) показник використовується тоді, коли можна встановити сумарний корисний ефект від експлуатації або споживання продукції і сумарні витрати на створення та експлуатацію

продукції.

Середні зважені показники застосовують, якщо не можна встановити функціональну залежність головного показника від вихідних показників якості, але можливо з достатнім ступенем точності визначити параметри вагомості усереднює показників.

Змішаний метод заснований на одночасному використанні одиничних і комплексних (узагальнених) показників оцінки якості продукції. Він застосовується в тих випадках, коли сукупність одиничних показників є досить великій і аналіз значень кожного з них диференціальних методом не дозволяє отримати узагальнюючих висновків.

Система якості, як правило, взаємопов'язана з усіма видами діяльності, що визначають якість продукції. Її дія поширюється на всі етапи життєвого циклу продукції і процеси, від початкового виявлення потреб ринку до кінцевого задоволення встановлених вимог. Типовими видами діяльності, що впливають на якість, є наступні:

- Маркетинг і вивчення ринку;
- Проектування і розробка продукції;
- Планування та розробка процесів;
- Закупівлі;
- Виробництво або надання послуг;
- Перевірки;
- Упакування і зберігання
- Реалізація і розподіл;
- Монтаж і введення в експлуатацію;
- Технічна допомога і обслуговування;
- Післяпродажна діяльність;
- Утилізація або переробка продукції наприкінці корисного терміну служби.

Статистичний та вхідний контроль якості продукції

Статистичний приймальний контроль - це вибірковий контроль якості продукції, заснований на застосуванні методів математичної статистики для перевірки відповідності якості виробів встановленим вимогам. Основним його завданням є відбраковування партій, засміченість яких дефектними примірниками виробів перевищує рівень, регламентований нормативною документацією для нормального ходу виробництва.

Сутність статистичного регулювання технологічних процесів полягає в тому, що в певні моменти часу з сукупності одиниць продукції, що пройшли даний процес, відбирають вибірку і вимірюють контрольований параметр. За результатами вимірювань визначають одну зі статистичних характеристик, значення якої наносять на контрольну карту, і залежно від цього значення приймають рішення про коригування процесу або про його продовження без коригування.

Контрольна карта - карта, на якій для наочності відображення стану технологічного процесу відзначають значення відповідної регульованою вибіркової характеристики суміжних вибірок або проб.

Проба - певна кількість нештучної продукції, відібраний для контролю.

Вибірка - виріб або певна сукупність виробів, відібраних для контролю з партії чи потоку продукції.

Потік продукції - продукція одного найменування, типо-номіналу або типорозміру і виконання, що знаходиться в русі на технологічній лінії.

За значень контрольованого параметра в послідовних вибірках контрольні картки дозволяють своєчасно виявити разладку технологічного процесу і вжити заходів до її усунення. Сигналом разладки технологічного процесу є вихід регульованою статистичної характеристики за кордон регулювання.

Статистичне регулювання технологічного процесу - це коригування значень параметрів технологічного процесу за результатами вибіркового контролю параметрів виробленої продукції, що здійснюється для

технологічного забезпечення необхідного рівня її якості.

Використовуються три методи статистичного регулювання:

- Середніх арифметичних значень і середніх квадратичних відхилень;
- Середніх арифметичних значень і розмаху;
- Медіан та індивідуальних значень.

Одним з головних компонентів виробництва, що безпосередньо забезпечують якість продукції, є технологічний процес. Від його досконалості, точності і стабільності залежить стабільність якості, надійність і довговічність виробів.

Точність технологічного процесу - це ступінь відповідності результатів його виконання встановленим вимогам, стійкість (надійність) - це властивість зберігати точність ознак якості при протіканні процесу без зупинки.

Об'єктами контролю точності є всі елементи технологічного процесу: продукція на різних стадіях її виготовлення; устаткування і оснащення, що використовуються при виготовленні продукції; діяльність працівників, що беруть участь в технологічному процесі. Контроль точності технологічних процесів проводиться на стадіях технологічної підготовки виробництва і серійного випуску виробів.

Заходи щодо організації вхідного контролю є невід'ємною частиною технологічної підготовки виробництва і передбачаються графіками її проведення. Під вхідним контролем якості продукції (ВККП) розуміється контроль виробів постачальника, що надійшли до споживача і призначених для використання при виготовленні, ремонті або експлуатації виробів. Основною його метою є виключення можливості проникнення у виробництво сировини, матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих виробів, інструменту з відхиленнями від параметрів якості, передбачених нормативною документацією.

Для здійснення ВККП в системі ВТК створюються спеціалізовані підрозділи вхідного контролю. Основні завдання підрозділів ВККП:

проведення вхідного контролю якості що надходить на підприємство продукції, оформлення документів за результатами контролю; контроль за проведенням технологічних випробувань продукції в цехах, лабораторіях, контрольно-випробувальних станціях та інших підрозділах; контроль за дотриманням складськими працівниками правил зберігання та видачі у виробництво що надійшла продукції; виклик представників постачальників для участі у складанні акта за дефектів, виявлених на вхідному контролі; аналіз причин виникнення дефектів у продукції, що поставляється; підготовка статистичної інформації про дефекти, їх характеристика для використання її в системі управління якістю продукції на заводі-постачальнику.

Лекція №8 ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Сучасна техніка експерименту досягла досить високого рівня. В приладобудуванні експериментально визначаються різні величини: швидкості та прискорення руху, сили і моменти сил, споживані потужності, механічні напруження, деформації, частоти коливань та інші. Найчастіше експеримент використовується для перевірки теоретичних висновків або окремих припущень, які приймаються апріорно при цих висновках. Однак в певних випадках відсутні вихідні дані для теоретичних висновків про характер досліджуваного явища. Тоді процес дослідження необхідно починати з пробних експериментів, на основі яких може бути створена модель досліджуваного об'єкту. До недавнього часу в техніці застосовували *однопараметричний* *(однофакторний)* спосіб експериментальних досліджень. При цьому всі параметри досліджуваного об'єкту, крім того, що вивчається, фіксуються на постійному рівні. Варіюючи по чергово змінними, можна отримати залежність досліджуваної величини від інших параметрів. Однак цей спосіб, по-перше, вимагає

великих затрат часу, а по-друге, не завжди дозволяє виявити одночасну взаємодію окремих параметрів. На сучасному етапі розвитку техніки застосовують **багатофакторний експеримент**, який є предметом теорії його планування.

Для оптимізації перебігу різного типу процесів необхідно мати уяву про характер впливу на мету дослідження (наприклад, на певний якісний показник) факторів, які визначають умови роботи, тобто мати деяку математичну модель об'єкту.

При **пасивному експерименті**, коли лише фіксуються фактори і результати процесу, але немає можливості змінювати їх (фактори) по визначеному плану, отримані залежності відображають процес тільки в вузьких границях випадкових змін факторів. Такий метод значно обмежує можливості досліджень і оптимізації процесу, особливо, якщо механізм останнього мало або зовсім не вивчений.

Активний експеримент передбачає вимушену зміну досліджуваних факторів в необхідних межах, виходячи з планування експерименту.

Характеристика мети дослідження називається **параметром оптимізації** або **критерієм ефективності**. Параметр оптимізації є результатом процесу, що вивчається, його виходом або реакцією.

Вхідні змінні, які відповідають різним способам впливу на об'єкт, називаються **факторами**. Для зменшення помилок експериментів слід врахувати усі суттєві фактори, так як вони можуть довільно змінюватися. Вхідні параметри повинні безпосередньо впливати на об'єкт дослідження, а не бути функцією інших змінних. Наприклад, температура процесу різання не може бути вибрана як фактор, оскільки вона є некерованою і залежить від ряду інших величин (режимів різання, властивостей матеріалу, геометрії інструменту тощо).

Задача планування експерименту зводиться до знаходження певної наближеної залежності математичного сподівання результату (виходу) експерименту від вхідних параметрів (факторів). Аналітично ця залежність є

функцією (математичною моделлю) багатьох змінних.

В загальному випадку дослідження процесу ведеться при неповному знанні механізму досліджуваних явищ. Звичайно, що вигляд функції в цьому випадку невідомий, але для розв'язку експериментальних задач можна знайти її апроксимацію. Найзручніше представити невідому нам функцію виходу поліномом. Для скорочення числа дослідів на першій стадії дослідження приймають поліном першого степеня або *лінійну модель*.

ВХІДНІ ФАКТОРИ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Кожний фактор, який приймає участь в процесі, має визначені межі зміни своєї величини, всередині яких він може приймати або будь-яке значення, або ряд дискретних значень. Сукупність всіх значень, які може приймати даний фактор, називається *областю визначення фактора*. Але в області визначення потрібно знайти локальну підобласть для планування експерименту, тобто для кожного фактора потрібно вказати той інтервал змін параметрів в межах яких проводиться дослідження. Для цього на основі апріорної інформації встановлюються орієнтовні значення факторів, комбінація яких дає найкращий результат. Цій комбінації (набору) значень факторів відповідає миттєва точка у факторному просторі, яка й приймається за вихідну точку при побудові плану експерименту. Коефіцієнти цієї точки називаються *основними (нульовими) рівнями факторів*.

Інтервалом варіювання факторів називається деяке число (своє для кожного фактора), додавання якого до основного рівня дає *верхній*, а віднімання - *нижній* рівні фактора. Величина цього інтервалу приймається за одиницю нового масштабу вимірювання факторів. Для спрощення запису умов експерименту та обробки експериментальних даних масштаби по осях вибираються так, щоб верхній рівень відповідав + 1, нижній - 1, а основний відповідав 0. Для факторів з неперервною областю визначення це досягається за допомогою формули перетворення (*кодування факторів*).

Початок координат переноситься в точку, що відповідає значенням

основних (нульових) рівнів факторів, а самі значення факторів змінюються в новому масштабі.

Найчастіше застосовують *планування на двох рівнях* які дають можливість описати процес поліноміальною лінійною моделлю, яка включає також і взаємодію факторів. В цьому випадку в експерименті використовується значення факторів, які відповідають верхнім і нижнім границям інтервалу варіювання.

Експериментальні плани, в яких всі фактори змінюються на двох рівнях, називаються планами типу 2^k , де k - число факторів.

ПОВНИЙ ФАКТОРНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

Повним факторним експериментом (ПФЕ) називається експеримент, який реалізує всі можливі комбінації рівнів незалежних факторів, кожний з яких варіюється на двох рівнях.

Знаходження моделі повного факторного експерименту складається з таких етапів:

- планування експерименту;
- власне експерименту;
- одержання математичної моделі об'єкта з перевіркою статичної значимості вибіркового коефіцієнтів регресії;
- перевірка адекватності математичної моделі.

Використовуючи кодовані значення факторів (+1, -1), умови експерименту можна записати у вигляді таблиці або *матриці планування* (рядки відповідають різним дослідом, стовпці – значенням факторів).

Матриця планування для трьох факторів подана в таблиці.

Для зручності побудови плану типу 2^k існує *правило чергування знаків*. В стовпці для параметру X_1 знаки змінюються по чергово, в стовпці для X_2 їх чергують через 2, для X_3 – через чотири, для X_4 – через 8 і т.ін. (за степенями двійки). Знаки стовпців комбінацій добутоків факторів отримують шляхом множення відповідних факторів матриці планування.

ДРОБНИЙ ФАКТОРНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

В багатьох практичних задачах взаємодії другого або вищих порядків відсутні або порівняно малі. Крім того на перших етапах дослідження часто необхідно отримати в першому наближенні лише лінійну апроксимацію рівняння зв'язку при мінімальній кількості експериментів. Тому використовувати повний факторний експеримент для визначення коефіцієнтів лише при лінійних членах і парних добутках неефективно внаслідок великого числа варіантів варіювання (2^k) особливо при великому k . В цьому випадку проводять *дробний факторний експеримент* (ДФЕ) виду 2^{k-m} .

Розглянемо матрицю планування 2^3 . Вона дозволяє побудувати *неповну кубічну модель* з взаємодіями, тобто розрахувати 8 коефіцієнтів рівняння регресії. При умові, що в інтервалах варіювання процес описується лінійною моделлю, достатньо визначити лише 4 коефіцієнти.

Матриця планування дробного факторного експерименту з 4-х дослідів представлена таблицею. Тут добуток факторів X_1X_2 прирівнюється до X_3 , а замість восьми дослідів для вивчення впливу трьох факторів достатньо повести чотири досліді. Побудова матриці планування ґрунтується на основі закономірностей ПФЕ (правило чергування знаків) і при цьому вона (матриця) не втрачає своїх оптимальних властивостей.

Перелік посилань

1. Дімов Ю.В. Метрологія, стандартизація і сертифікація. Підручник для вузів. 2-е вид. - СПб.: Пітер, 2006.
2. Метрологія, стандартизація і сертифікація: Підручник / Ю.І. Борисов, А.С. Сігов та ін; Під ред. А.С. Сігова. - М. Форум: Инфра-М, 2005.
3. Керівництво за висловом невизначеності вимірювання. - ВНИИМ, С-Пб.: 2005.
4. Кулаков М.В. Технологічні вимірювання і прилади для хімічних виробництв. Підручник, 3-е видання. - М.: Машіностроєніє.1983.-424 с.
5. Фарзане Н.Г., Ілясов Л.В., Азім-Заде А.Ю. Технологічні вимірювання і прилади. підручник, 3-е ізданіє.-М.: Вища школа, 1989-345 с.
6. Петров І.К. Технологічні вимірювання і прилади в харчовій промисловості. Підручник .- М.: Анропроіздат, 1985.-244 с.
7. Кузнєцов Н.Д., Чистяков В.С. Збірник завдань і питань по теплотехнічних вимірювань і приладів. -М.: Енергопромідат, 1985.-328 с.
8. Промислові роботи і засоби автоматизації. Довідник / Під. Ред. В.В. Черенкова .- Л.: Машинобудування, 1987.-847 с.
9. Келін Ю.М. Типові елементи систем автоматизованого управління.-М.: Форум: інфаМ.2002 р.
10. Таланов В.Д. Технічні засоби автоматизації \ за редакцією Ключєва.-2-е вид., Перераб. І доп.: Исто-сервіс, 2002, -248 с.