

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ

С.В. Цюцюра, М.І. Цюцюра

**ПРЕДСТАВЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
ЗГІДНО СТАНДАРТІВ СТРУКТУРИ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ
РОБОТИ. БІБЛІОГРАФІЯ**

Конспект лекцій

Київ, 2020

ЗМІСТ

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ	3
МІЖНАРОДНІ ТА ДЕРЖАВНІ МЕТРОЛОГІЧНІ ОРГАНІЗАЦІЇ.	3
ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО ВИМІРЮВАННЯ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ.	4
МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ.	5
ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ МЕТРОЛОГІ	6
ФІЗИЧНІ ВИДИ ТА ЇХ ОДИНИЦІ.	6
СИСТЕМИ ОДИНИЦЬ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН.	7
СИСТЕМА СГС	8
СИСТЕМА МКГСС	8
СИСТЕМА МТС.	8
АБСОЛЮТНА ПРАКТИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРИЧНИХ ОДИНИЦЬ.	8
ПОЗАСИСТЕМНІ ОДИНИЦІ.	9
МІЖНАРОДНА СИСТЕМА ОДИНИЦЬ.	9
ОСНОВНІ ТА ДОДАТКОВІ ОДИНЦІ СІ.	10
ПОХІДНІ ОДИНИЦІ СИСТЕМИ СІ.	11
КРАТНІ ТА ЧАСТКОВІ ОДИНИЦІ.	11
ОПИС ВИПАДКОВИХ ПОХИБОК.	12
Засоби вимірювання	14
ПОХИБКИ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ.	16
ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ.	18
МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ.	19
ДЕРЖАВНА СИСТЕМА ПРИЛАДІВ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ (ДСП).	21
Основи стандартизації	25

ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ

Вимірювання в житті людини відіграють важливе значення і є одним із шляхів пізнання природи. Вони дають як якісні, так і кількісні характеристики навколишнього світу, явищ і розкривають людині діючі в природі закономірності. Математика, механіка, фізика почали називатися точними науками завдяки вимірюванням, які дозволили одержати точні кількісні співвідношення природних явищ. Про значення вимірювань для науки Д. І. Менделєєв говорив: "Наука починається з тих пір, як починаються вимірювання. Точна наука неможлива без міри".

Всі галузі техніки не могли б існувати без систем вимірювань, які визначають хід технологічних процесів, контроль і управління ними, властивості і якість продукції, що випускається. Без вимірювання технологічних параметрів в харчових виробництвах не можливо одержати якісні продукти харчування: цукор, хліб, спирт, пиво, кондитерські вироби та ін.

В усіх вимірюваннях, незалежно від вимірюваної величини, методу і засобів вимірювання є загальне, що складає основу вимірювання "порівняння практичним шляхом вимірюваної величини з другою подібною їй, прийнятою за одиницю. При будь-якому вимірюванні за допомогою експерименту фізична величина визначається в вигляді деякого числа прийнятого для неї одиниць.

Галузь науки, яка вивчає вимірювання називається метрологією. Слово "метрологія" утворено з двох грецьких слів: *метрон* - міра і *логос* - наука. Дослівний переклад слова метрології - наука про міри.

Довгий час метрологія залишалася описуючою наукою про міри та співвідношення між ними. Проте з розвитком науки і техніки метрологія одержала суттєвий розвиток і становлення як науки. Час вимагав забезпечення єдності і точності вимірювань.

МЕТРОЛОГІЯ - в її сьогоднішньому розумінні - наука про вимірювання, методи і засоби забезпечення їх єдності і способи досягнення необхідної точності.

ЄДНІСТЬ вимірювань - такий стан вимірювань при якому їх результати вираженні в узаконених одиницях і похибки вимірювань відомі з заданою ймовірністю. Єдність вимірювань необхідна для того, щоб можна було порівняти результати вимірювань, які проведені в різних місцях, в різний час, різними методами і засобами вимірювань, але вони повинні залишатися однаковими.

Точність вимірювань характеризується близькістю результатів до істинного значення вимірюваної величини.

Таким чином, головною задачею метрології є забезпечення єдності і необхідної точності вимірювання. В більшості держав світу заході по забезпеченню цієї задачі установлені законодавством. Тому один із розділів метрології, який включає комплекс взаємопов'язаних та взаємообумовлених загальних правил, вимог і норм, регламентів по контролю та забезпеченню єдності вимірювання і однаковості засобів вимірювання називається законодавчою метрологією.

МІЖНАРОДНІ ТА ДЕРЖАВНІ МЕТРОЛОГІЧНІ ОРГАНІЗАЦІЇ.

Зростання культурних та економічних зв'язків між державами світу поставило невідкладну задачу по забезпеченню їх єдності.

Першим кроком в цьому напрямку була метрична система мір в кінці XVIII ст. в Франції, яка закріпила перший еталон одиниці довжини - метр. За метр прийняли одну сорокамільйонну частину паризького меридіана. За одиницю маси прийняли масу одного кубічного дециметра чистої води при температурі 4°C.

20 травня 1875 року 17 держав, в тому числі і Росія, на Міжнародній Дипломатичній конференції по метру підписали міжнародну конвенцію про забезпечення міжнародної єдності і вдосконалення метричної системи.

В відповідності з цією конвенцією закріплювалось міжнародне співробітництво держав шляхом :

- ✓ утворення наукової установи - Міжнародне бюро мір та ваг;
- ✓ утворення міжнародного комітету по мірам та вагам для керівництва діяльністю Міжнародного бюро мір та ваг;
- ✓ скликання не рідше одного разу в 6 років генеральних конференцій по мірам та вагам для обговорення та прийняття відповідних рішень по вдосконаленню метричної системи.

Міжнародне бюро мір та ваг знаходиться в Севрі (біля Парижу), де зберігаються міжнародні еталони (метр і кілограм), а також еталон електричних світлових одиниць, організує регулярні міжнародні порівняння національних еталонів.

При міжнародному комітеті мір та ваг функціонують сім консультативних комітетів: по одиницях, по визначенню метра, секунди, по термометрії, електриці, фотометрії, іонізуючим випромінюванням в яких працюють видні вчені світу. З 1956 року утворена Міжнародна організація по законодавчій, метрології (МОЗМ). На сьогодні Міжнародну конвенцію підписали більше 46 держав, а метрична система визнана світовим товариством.

Першою науковою метрологічною установою в Росії була у 1893 році Д. І. Менделєєвим Головна палата мір та ваг, яка проводила роботи по збереженню мір і ваг та організації метрологічної служби в державі. Роботи проведені палатою допомогли впровадити метричну систему мір в СРСР в період з 1918 по 1927-роки.

На базі Головної палати утворено вищу наукову метрологічну установу – Всесоюзний науково - дослідний Інститут метрології ім. Д. і. Менделєєва (ВНДІМ). В лабораторіях цього інституту розробляються і зберігаються державні еталони, розробляються і вдосконалюються методи точних вимірювань фізичних величин, визначаються фізичні константи, характеристики та властивості речовин і матеріалів.

В 1934 році на базі Московського державного інституту мір і вимірювальних приладів створюється Всесоюзний науково - дослідний інститут державного комітету стандартів Ради Міністрів СРСР (ВНДІДКС), який стає головною науковою організацією в області прикладної і законодавчої метрології.

В 1955 році утворюється Всесоюзний науково - дослідний інститут фізико - технічних і радіо - технічних вимірювань (ВНДІФТРВ), який стає головною інститутом по розробці еталонів і методів точних вимірювань в радіоелектроніці, акустиці, автоматичні, аналізі і обробці інформації.

Крім трьох всесоюзних науково - дослідних метрологічних інститутів утворюються НДІ в Харкові, Новосибірську, Тбілісі, Казані, Іркутську, Хабаровську, Львові. Загальне керівництво метрологічними закладами проводились Держстандартом СРСР.

В Україні утворена державна метрологічна служба, яка очолюється Держстандартом - України і забезпечує загальне керівництво метрологічними закладами. Науково дослідна роботи плануються і проводяться Державним Центром стандартизації та метрології і науково - дослідними інститутами в Києві, Харкові, Львові та Одесі.

В обласних центрах і великих містах організовані лабораторії державного нагляду за впровадженням та додержанням стандартів і станом вимірювальної техніки (ЛДН). Крім того, в усіх відомствах створена відомча метрологічна служба, яка слідкує за дотриманням та розробкою, стандартів та станом вимірювальної техніки на підприємствах.

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО ВИМІРЮВАННЯ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ.

Вимірювання є важливим поняттям в метрології це організована дія людини, при якій пізнаються кількісні властивості фізичного об'єкту шляхом визначення певних фізичних величин.

Вимірюванням називається визначення значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних заходів. Вимірювання будь-якої фізичної величини полягає в порівнянні її з другою однорідною величиною, умовно прийнятою за одиницю вимірювання. Отже, результат вимірювання q показує числове співвідношення між вимірюваною величиною Q і одиницею вимірювання U .

$$Q = q \cdot U \quad (1.1)$$

Рівняння 1.1 є основним рівнянням вимірювання, права частина якого називається результатом вимірювання в відповідних одиницях вимірюваної фізичної величини. Число q показує скільки разів дана одиниця U вміщується в вимірюваній величині Q .

Фізична величина – властивість загальна в якісному відношенні багатьом фізичним об'єктам, але в кількісному відношенні індивідуальна. Так, температура, тиск, рівень як фізичні величини в якісному відношенні загальні, проте в кількісному - різні, наприклад, температура та тиск, для різних, корпусів випарної установки - різні.

Існує багато різновидів вимірювань фізичних величин та технологічних параметрів. Проте, найбільш поширена класифікація по характеру зміни вимірюваної величини, точності та способу одержання результатів вимірювання.

По характеру зміни вимірюваної величини в часі вимірювання діляться на :

- ✓ статичні, при яких вимірювана величина залишається майже без змін ;
- ✓ динамічні, в процесі яких вимірювана величина змінюється.

Статичні вимірювання на протязі певного проміжку часу (рис. _) майже не змінюються, характеризують стаціонарність в об'єкті, а результати вимірювань використовуються для встановлення взаємозв'язків між різними фізичними величинами.

Динамічні вимірювання – вимірювання, які показують зміну вимірюваної величини в часі під впливом певних збурень на об'єкт. Динамічні вимірювання дають змогу вивчити динамічні властивості об'єкту, його інерційність, а також і динамічні властивості самого засобу вимірювання і його складових елементів. На рис._ приведена динамічна характеристика вимірюваної величини X , яка змінюється під впливом нанесеного збурення.

Не дивлячись на зміну вимірюваної величини на вході приладу, на виході приладу почне змінюватися через певний проміжок часу $T_{п.р.}$ (час початку реагування) і досягне своєї величини 0,95 через проміжок часу T , а повного значення через $-T_{п.}$

Час перехідного процесу T – час від початку зміни вимірюваної величини на вході приладу до досягнення нею 95% свого максимального значення.

Повний час встановлення показів $T_{п.}$ – час від початку зміни вимірюваної величини до досягнення нею свого постійного значення.

По точності вимірювання діляться на : технічні, контрольно - повірочні та еталонні (максимально можливої точності).

Технічні вимірювання виконуються в виробничих умовах і мають порівняно низьку точність вимірювання, яка визначається класом точності засобів вимірювання, але повністю влаштовують виробництво.

Контрольно - повірочні вимірювання значно вищі по точності і виконуються лабораторіями, зразковими приладами в лабораторіях державного нагляду та в заводських вимірювальних лабораторіях. Повірочні вимірювання виконуються при повірках технічних засобів вимірювання.

Вимірювання з максимально можливою точністю (еталонні) пов'язані з відтворенням установлених одиниць фізичних величин, або ж фізичних констант.

По способу одержання результатів вимірювання діляться на прямі, посередні, сукупні та сумісні.

ПРЯМІ – це вимірювання, при яких пошукова вимірювана величина знаходиться безпосередньо із експериментальних даних. Наприклад, вимірювання довжини метром, тиску – манометром, температуру – термометром.

ПОСЕРЕДНІ – це вимірювання при яких пошукова величина визначається за допомогою відомих залежностей між цією величиною і величинами, які визначаються прямими вимірюваннями. Наприклад: визначення

густини тіла при прямих вимірюваннях маси і об'єму ($\rho = \frac{m}{v}$); об'єму резервуара по прямим вимірах висоти і площі основи резервуару ($v = h \cdot S$).

СУКУПНІ – такі вимірювання, коли одночасно проводяться прямі вимірювання декількох однойменних величин, а пошукова величина знаходиться шляхом рішення системи рівнянь. Наприклад визначення коефіцієнта лінійного розширення.

СУМІСНІ – такі вимірювання, коли одночасно проводиться вимірювання кількох неоднорідних величин для встановлення залежності між ними. Наприклад, залежність ТЕРС термопари від температури ($E = f(t)$).

По формі надання результатів вимірювання розділяються на абсолютні та відносні.

АБСОЛЮТНИМИ називаються вимірювання які основані на прямих вимірюваннях однієї або декількох величин і подані в одиницях фізичних величин. Наприклад, довжина в метрах, тиск в паскалях.

ВІДНОСНИМИ – називаються вимірювання відношення величин до однієї іменної величини, умовно прийнятої за одиницю. Наприклад вологість повітря як відношення вологої пари одного кубічного метра до одного кубічного метра насиченої вологої пари при однаковій температурі.

МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ.

В основу будь-якого методу вимірювання фізичних величин покладено певний принцип і метод вимірювання. Для точних вимірювань величин в метрології розроблено багато способів використання принципів та засобів вимірювання, які дозволяють виключити із результатів вимірювань похибки і одержати точні і достовірні дані. Багато із цих способів використовуються при вимірюванні лише певних величин, а деякі способи являються загальним при вимірюванні багатьох величин.

Загальні способи використання принципів і засобів вимірювання при вимірюванні багатьох фізичних величин називаються методами вимірювання.

Принцип вимірювання – фізичне явище або ж сукупність фізичних явищ, які покладено в основу вимірювання. Наприклад, вимірювання температури за допомогою термоелектричного ефекту, зміни опору електричного термометру, зміни тиску термометричної речовини в замкнутому об'ємі монотричного термометра та ін..

Засоби вимірювання – технічні засоби, які мають нормовані метрологічні характеристики і проградуїровані в одиницях вимірюваних величин.

Найбільш широке використання одержали прямі методи вимірювання: безпосередньої оцінки, порівняння з мірою, протиставлення нульовий (компенсаційний) диференційний, заміщення та ін..

Найбільш простим методом є метод безпосередньої оцінки, який полягає в тому, що визначення вимірюваної величини проводиться по відрахунковому пристрою (шкалі) вимірювального приладу прямої дії, наприклад, зважування на циферблатних вагах, вимірювання тиску по шкалі манометра. Вимірювання за допомогою цього методу проводиться швидко, просто і не потрібна висока кваліфікація оператора. Проте точність вимірювання невисока через похибки, пов'язаних із впливом зовнішніх умов.

При більш точних вимірюваннях переваги віддаються методу, порівняння з мірою, при якому вимірювана величина порівнюється величиною відтвореною мірою. Результат вимірювання обчислюється як сума значень використовуваної для порівняння міри і показів вимірювального приладу, або ж приймається рівним значенню міри, наприклад, порівняння показів циферблатних ваг з мірними вагами різної маси.

Методом протиставлення називається метод порівняння з мірою, коли на вимірювальний прилад одночасно діють вимірювана величина і величина відтвореної міри. Прикладом цього методу є зважування на рівноплечих вагах, коли маса, що вимірюється визначається як сума маси зрівноважуючих ваг і показів по шкалі приладу.

Нульовий (компенсаційний) метод полягає в тому, що на вимірювальний прилад одночасно подається вимірювана величина і зрівноважуюча подібна величина, а результуючий ефект доводиться до нуля. Компенсаційний метод використовується в автоматичних потенціометрах та мостах. Метод дає високу точність вимірювання і не залежить від зовнішніх умов.

Диференційний метод полягає в тому що на вимірювальний прилад подається безпосередньо різниця вимірювальної величини відтвореної мірою. Цей метод використовується в тих випадках, коли просто і точно реалізується операція віднімання величин, наприклад, різниця тисків.

ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ МЕТРОЛОГІ

Науково-технічний прогрес знаходиться в прямому зв'язку з розвитком метрології в техніці точних вимірювань, необхідних як для розвитку точних наук, так і створення нових технологій і вдосконалення систем контролю та управління.

В області одиниць вимірювання однією з головних задач є уніфікація їх на базі широкого впровадження Міжнародної системи одиниць [СІ].

Значно підвищуються вимоги до еталонів в зв'язку з тим, що в промисловості точність вимірювання наближається в багатьох випадках до межово-можливих значень (мікроелектроніка). Подальше вдосконалення еталонів вимагає широкого використання фундаментальних знань фізики, математики, механіки та інших наук. Для забезпечення єдності вимірювання в країні необхідно організувати передачу розміру одиниць від еталонів зразковим, від зразкових - технічним засобам вимірювання, з найменшою втратою точності. Необхідне вдосконалення, еталонів та систем повірок.

Розвиток вимірювальних засобів. Інформаційно - вимірювальних і управляючих систем привів до якісної зміни самого процесу вимірювання, який неможливий без використання ЕОМ. Метрологічне забезпечення повинне розповсюджуватися на всі системи.

Важливі задачі стоять перед теорією вимірювань. Розвиток математичної статистики і теорії випадкових функцій впливає на математичну обробку результатів вимірювання.

Широке використання автоматичного контролю і регулювання вимагає вдосконалення метрологічних понять і визначень.

Метрологія, як наука основа вимірювальної техніки, повинна забезпечити необхідну, надійність, точність і правильність одержання вимірювальної інформації і законодавче закріпити єдність вимірювань, єдність методів і засобів контролю технологічних процесів.

Метрологія органічно пов'язана із стандартизацією і цей зв'язок повинен проявитись в подальшій стандартизації одиниць вимірювання, систем державних еталонів, засобів вимірювання, методів повірки.

Задачею метрологічного забезпечення якості продукції є розробка і введення в стандарти науково - обґрунтованих критеріїв якості і випробування продукції.

ФІЗИЧНІ ВЕЛИЧИНИ ТА ЇХ ОДИНИЦІ ВИМІРЮВАННЯ.

Поняття фізичної величини - одне з найбільш загальних в фізиці та метрології. Під фізичною величиною слід розуміти властивість, загальну в якісному відношенні, але цілком конкретну в кількісному для кожного об'єкту. Так, всі тіла мають масу і температуру, проте для кожного окремого тіла як маса, так і температура різні і конкретні при певних обставинах. Розглядаючи електричну схему, можна сказати, що по всіх гілках проходить струм, але для кожної гілки він різний по величині.

Для встановлення різниці по кількісному вмісту властивостей в кожному об'єкті вводиться поняття розміру фізичної величини.

Між розмірами кожної фізичної величини існує відношення, яке має ту ж логічну структуру, що і між числовими формами (цілими, раціональними чи дійсними числами, векторами). Тому множина числових форм з визначеними співвідношеннями між ними може служити моделлю фізичної величини, тобто множини її розмірів та співвідношення між ними.

Правила, у відповідності з якими числові форми приписуються розмірам величин, обумовлюються присутністю тих чи інших відношень на множині їх розмірів. В зв'язку з цим можна виділити три групи фізичних величин, вимірювання яких проходить по принципово різних правилах.

До першої групи відносяться величини, множина розмірів яких визначається лише відношеннями типу "тверде-м'яке", "тепле-холодне", "кисле-солодке" та ін. В математиці такі відношення одержали назву: відношення порядку і еквівалентності. Існування подібних відношень встановлюється теоретично, виходячи з загальнофізичних міркувань, або ж експериментально, за допомогою засобів вимірювання чи експериментатора. Так, без особливих зусиль можна визначити, що мідь твердіша за резину, але для визначення різниці твердості сплавів міді з іншими металами (свинцем, оловом) без засобів вимірювання просто не можливо, тому що ця різниця незначна.

Друга група величин характеризується тим, що відношення порядку і еквівалентності має місце не тільки між їх розмірами, але й між відмінностями в парах розмірів. До цієї групи відносяться такі величини як час, потенціал, енергія, температура і ін. Можливість порівняння інтервалів їх розмірів виходить із самих визначень цих величин. Так, інтервали температур будуть рівними, коли будуть рівні віддалі між відповідними поділками на шкалі ртутного термометра. В данному разі не йде мова про температуру, як ступінь нагрятості тіла, а тільки про рівність інтервалів температури.

Для третьої групи величин, для яких крім згаданих раніше визначень, характерні відношення, що називаються операціями, подібні арифметичним додаванням та відніманням. Операція приймається визначеною, якщо її результати (сума чи різниця) за розмірами подібній фізичній величині і може бути технічно реалізованим. За допомогою операції додавання можна реалізувати операцію множення на число n . Результат такого множення відповідає сумі n розмірів даної вимірюваної величини. До числа подібних величин відносяться довжини, тиск, маса, термодинамічна температура і інші. Сума двох мас - маса такого тіла, яка зрівноважує маси двох тіл. При наявності різниці, яка дорівнює масі тіла, за допомогою якого проводиться зрівноваження терез, помістивши це тіло на легшу чашу.

Слід відмітити, що до величин третьої групи можна віднести і множину інтервалів розмірів величин другої групи, тому що для них можна установити операцію подібну додаванню. По скільки всі арифметичні операції зводяться до додавання, то ці величини виявляються найбільш придатними для використання в фізиці. Тому такі величини найчастіше називають фізичними.

Визначення фізичних величин постійно уточнюється з розвитком науки і техніки. Уточнення визначень в напрямку, що дозволяє відкрити більше число відношень на множині їх розмірів і ввести їх в третю або ж хоча б в другу групу величин, що дозволяє спростити аналітичний вираз фізичних законів.

Опис властивостей об'єкту, який характеризується певною основною для нього величиною, провадиться за допомогою других, раніше визначених величин. Це обумовлено наявністю об'єктивних взаємозв'язків між властивостями об'єктів, які можна записати за допомогою величин і подати у вигляді моделі об'єкту. Модель об'єкту описується сукупністю рівнянь, які й називаються рівняннями між величинами. З їх допомогою формулюються визначення певних величин і указуються способи їх вимірювання.

В будь-якому розділі науки кількість рівнянь завжди менша за кількість вхідних величин, тому прийнято виділяти в окрему групу величини, кількість яких дорівнює різниці між кількістю величин і кількістю незалежних рівнянь. Ці величини і відповідні їм одиниці вимірювання називаються основними величинами і основними одиницями. Решта величин і одиниць, які визначаються однозначно через основні, називаються похідними. Сукупність вибраних основних і похідних величин називається системою величин. Так само визначається і система одиниць.

СИСТЕМИ ОДИНИЦЬ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН.

Історично першою системою одиниць фізичних величин була прийнята 7 квітня 1795 року Національними зборами Франції метрична система мір. Вона включала в себе одиниці довжини, площі, об'ємів та ваги, в основу яких покладено дві одиниці: метр та кілограм.

В 1882 році вчений К. Гаусс запропонував методику побудови системи величин і одиниць як сукупність основних і похідних. Він побудував систему величин, в якій за основу були прийняті три довільні, незалежні одна від одної величини: довжина, маса і час. Решта величин визначалась за допомогою вибраних трьох. Цю систему величин, що пов'язана відповідним чином з трьома основними: довжиною, масою і часом. К. Гаусс назвав її абсолютною системою. Основними одиницями він запропонував: міліметр, міліграм і секунда.

З подальшим розвитком науки і техніки появились другі системи одиниць фізичних величин, які відрізнялись одна від одної одиницями фізичних величин.

СИСТЕМА СГС

В 1881 році першим Міжнародним конгресом електриків була прийнята система одиниць фізичних величин СГС, в яку основними одиницями увійшли: сантиметр - одиниця довжини; грам - одиниця маси і секунда - одиниця часу, а похідними: дина - одиниця сили та ерг - одиниця роботи. Для вимірювання потужності в системі СГС була прийнята одиниця ерг за секунду, для вимірювання кінематичної в'язкості - стокс, динамічної в'язкості - пуаз.

Вимірювання тиску в системі СГС прийнято в динах на квадратний сантиметр.

Для механічних і магнітних вимірювань на сьогодні існує сім видів СГС, із яких найбільше розповсюдження одержали СГСЕ, СГСМ, СГС (симетрична) та ін.

Значна кількість фізичних констант і нині виражені в одиницях СГС.

СИСТЕМА МКГСС

В кінці XVIII сторіччя кілограм було прийнято за одиницю ваги.

Використання кілограма як одиниці ваги, а пізніше як одиниці сили в кінці XIX сторіччя привело до формування нової системи одиниць фізичних величин з трьома основними одиницями: метр - одиниця довжини, кілограм-сила ($кг \cdot c$) - одиниця сили і секунда - одиниця часу (система МКГСС). Кілограм-сила - сила, яка надає масі в один кілограм прискорення $9,80665 \text{ м} / \text{с}^2$ (нормальне прискорення вільного падіння).

Система МКГСС отримала широке розповсюдження в механіці та техніці, неофіційно називалась "технічною". Одною з причин широкого розповсюдження - зручність подання сил одиницях ваги і зручний розмір основної одиниці сили - кілограм-сила. Проте поряд з розповсюдженням системи МКГСС все більше проявлялися її недоліки пов'язані з використанням за головну одиницю одиниці сили, а не маси.

Першим недоліком є те, що одиниця маси є похідною від сили і дорівнює $9,80665 \text{ кг}$, що порушує метричний принцип десятичності мір. Другим - назва одиниці сили - кілограм-сила і метричної одиниці маси - кілограм, що часто призводить до плутанини в назвах. В деяких державах ввели нову назву кілограм - сили: кілоноід. Третім недоліком є некогерентність (неузгодженість) її з одиницями електричних та магнітних величин. Якщо одиницею роботи і енергії в системі МКГСС прийнято кілограм - сила - метр, то в системі практичних електричних одиниць робота і енергія вимірюються джоулями, що потребує введення додаткових перехідних коефіцієнтів при розрахунках.

Крім того, велика плутанина, в системі визначення маси. З одного боку одиниця маси тіла, якому надається прискорення $1 \text{ м} / \text{с}^2$ під дією сили $1 \frac{кг \cdot c^2}{м}$ дорівнює $9,08665$ - одиниці маси системи СІ.

СИСТЕМА МТС.

Основними одиницями системи МТС є : одиниця довжини - метр, одиниця маси - тона і одиниця часу - секунда. Система вперше була прийнята в 1919 році у Франції.

Вибір тони за основну одиницю маси здавалося вдалим, бо досягнута відповідність між одиницями довжини та об'єму і одиницею маси. Одна тона відповідала одному кубічному метрові. Крім того., одиниця роботи і енергії в цій системі (кілоджоуль) і с одиниця потужності (кіловат) співпадали з відповідними. кратними практичними електричними одиницями.

В системі МТС одиницею сили прийнято стен ($сн$), рівний силі, яка надає масі в одну тону прискорення $1 \text{ м} / \text{с}^2$, а одиницею тиску - п'еза ($сн / м^2$).

Проте в нашій країні не знайшла практичного розповсюдження і не увійшла до Держстандарту, а в 1961 році була відмінена законодавчо в Франції.

АБСОЛЮТНА ПРАКТИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРИЧНИХ ОДИНИЦЬ.

Абсолютна практична система електричних одиниць прийнята в 1831 році першим Міжнародним конгресом електриків як похідна від системи СГСМ і призначалась для практичних вимірювань електричних і магнітних величин. Електричні і магнітні одиниці системи СГС виявились досить незручними для практичного використання, бо одні були надто великими, другі надто малими. В абсолютній практичній системі електричних і магнітних одиниць були утворені із відповідних одиниць системи СГСМ шляхом перемноження їх на 10 в відповідному ступеню.

Одним із перших були прийняті наступні практичні електричні одиниці :

- ✓ практична одиниця електричного, опору, яка дорівнює 10^9 одиницям опору СГСМ пізніше одержала назву "ОМ";
- ✓ практична одиниця електрорушійної сили, яка дорівнює 10^8 одиницям електрорушійної сили СГСМ, з назвою "вольт" ;
- ✓ практична одиниця сили струму - ампер, яка дорівнює 10^{-1} електромагнітної одиниці сили струму СГСМ ;
- ✓ практична одиниця електричної ємності - фарада - яка дорівнює 10^9 одиниці електричної ємності СГСМ.

Кожній із приведених практичних електричних одиниць приводяться відповідні обґрунтування, які з часом змінювались, обґрунтовувались враховуючи досягнення в розвитку науки і техніки.

ПОЗАСИСТЕМНІ ОДИНИЦІ.

Поряд з системними одиницями фізичних величин в практиці вимірювання використовувались одиниці, які не входили ні в одну із систем - так звані позасистемні одиниці. Так, широке розповсюдження одержали одиниці тиску : атмосфера, бар, міліметри ртутного стовпа, міліметри водяного стовпа. Позасистемними одиницями часу є хвилина, година; одиницями довжини - ангстрем, світловий рік - парсек; одиницями площі - ар, гектар; одиницями електричної енергії - електрон-вольт, кіловат-година, одиницями акустичних величин - децибела, фон - октава та ін.

Проте при уніфікації одиниць і прийнятті єдиної системи одиниць кількість позасистемних одиниць повинна зменшитися до мінімуму. Крім того багато позасистемних одиниць є кратними або дольними системи СІ і можуть використовуватися для практичних вимірювань (тона, гектар, міліметр, мікрон та ін.).

МІЖНАРОДНА СИСТЕМА ОДИНИЦЯ.

Наявність великої кількості систем одиниць фізичних величин, а також значної кількості позасистемних одиниць привело до значних незручностей при переході з однієї системи одиниць в другу і все це разом вимагало як найшвидшої уніфікації одиниць вимірювання.

Необхідна була єдина система одиниць фізичних величин, яка була б зручною для практичних вимірювань і охоплювала б різні області вимірювання і повинна зберігати принцип когерентності.

Так, система МКГСС успішно використовувалась в механіці та прикладних науках, але не узгоджувалась з практичними електричними одиницями. Розміри одиниць системи СГС широко використовувались в фізиці, але занадто незручні для використання в техніці.

В 1954 році X Генеральною конференцією по мірам і вагам встановлено шість основних одиниць (метр, кілограм, секунда, ампер, градус Кельвіна і свічка) практичної системи одиниць для міжнародних відношень. На цей час стали членами Метричної конвенції біля 40 найбільш розвинутих держав. Одночасно Міжнародний комітет по мірам і вагам утворив комісію по розробці єдиної Міжнародної системи одиниць. Система одержала назву Міжнародної системи одиниць, скорочено СІ (SI - початкові букви від французької назви *Systeme International*).

Прийняття Міжнародної системи одиниць було важливим прогресивним актом, який закріпив велику багаторічну роботу в цьому напрямку і узагальнив досвід роботи наукових організацій по метрології, стандартизації, фізиці і електротехніці.

Міжнародна система одиниць прийнята Міжнародним союзом фізиків, Міжнародною електротехнічною комісією і іншими міжнародними організаціями. Організація об'єднаних націй по освіті, науці і культурі (ЮНЕСКО) призвала всі країни прийняти Міжнародну систему одиниць. На сьогодні більше 100 держав приєдналися до Метричної конвенції і в більшості країн систему прийнято законодавчо.

В 1970 році в СРСР випущений стандарт "Одиниці фізичних величин", в якому в основу покладено Міжнародну систему одиниць і прийнято до обов'язкового виконання.

Переваги Міжнародної системи одиниць :

- ✓ універсальність, що забезпечує її використання в науці, техніці і господарстві;
- ✓ уніфікація одиниць для всіх видів вимірювання; так замість кількох одиниць тиску (атм., мм.рт.ст., мм.вод.ст., бар та ін.) в СІ прийнята єдина одиниця тиску - паскаль, замість кількох одиниць роботи і енергії прийнята одиниця - джоуль (Дж);
- ✓ когерентність (узгодженість) системи, коефіцієнти пропорційності в фізичних рівняннях для визначення похідних дорівнюють одиниці;
- ✓ використання зручних для практичних вимірювань основних і похідних одиниць;

- ✓ чітке розмежування в СІ одиниць маси (кілограм) і сили (ньютон);
- ✓ спрощений запис рівнянь і формул, бо відсутні в них перехідні коефіцієнти переходу з однієї системи в другу;
- ✓ відпадає необхідність вивчення всіх систем одиниць;
- ✓ покращення взаєморозуміння при подальшому розвитку науково - технічних та економічних зв'язків між державами.

ОСНОВНІ ТА ДОДАТКОВІ ОДИНЦІ СІ.

В 1954 році Х Генеральна конференція по мірам і вагам затвердила основні одиниці Міжнародної системи одиниць, які повинні охопити всі області науки і техніки, скласти основу для утворення похідних одиниць, бути зручними для практичних вимірювань і відтворюватися за допомогою установок і еталонів з найбільшою точністю.

В 1971 році XIV Генеральна конференція по мірам і вагам прийняла сьому основну одиницю СІ - одиниця кількості речовини – моль.

Основні одиниці СІ з скороченими позначеннями українською та латинською буквами приведені в таблиці _.

ОСНОВНІ ОДИНЦІ СІ

Таблиця _.

Величини	Одиниці вимірювання	Скорочені позначення одиниць	
		українські	латинські
Довжина	метр	м	m
Маса	кілограм	кг	kg
Час	секунда	с	s
Сила електричного струму	ампер	А	A
Термодинамічна температура	кельвін	К	K
Сила світла	кандела	кд	Kd
Кількість речовини	моль	моль	mol
Додаткові одиниці			
Плоский кут	радіан	рад	rad
Тілесний кут	стерадіан	ср	sr

Визначення основних одиниць в відповідності з рішенням Генеральної конференції по мірам і вагам :

Метр – довжина, що дорівнює 1650763,73 довжин випромінювання хвиль в вакуумі відповідно переходу між рівнями $2p_{10}$ та $5d_3$ атома криптону-86.

Кілограм – одиниця маси, що дорівнює масі Міжнародного прототипа кілограма

Секунда – 9192631770 періодів випромінювання переходу між двома сверхтонкими, рівнями, основного стану атома цезія-133.

Ампер – сила незмінного струму, який, проходячи по двох паралельних прямолінійних провідниках нескінченної довжини і занадто малого круглого перерізу та розташованими на віддалі 1 метра один від одного в вакуумі, утворив би між провідниками силу в $2 \cdot 10^{-7}$ Н на кожний метр довжини.

Кельвін – одиниця термодинамічної температури - $\frac{1}{273,16}$ частини термодинамічної температури потрійної точки води.

Кандела – сила світла, що випромінюється з площі $\frac{1}{600.000}$ перерізу повного випромінювача в перпендикулярному до цього перерізу напрямку при температурі твердіння платини при тискові 101325 Па.

Моль – кількість речовини, яка вміщує стільки ж молекул (атомів, частинок), скільки вміщується атомів в нукліді вуглецю-12 масою 0,012 кг.

Крім основних одиниць Міжнародна система одиниць включає в себе також і дві додаткові одиниці - для вимірювання площинного та телесного кутів.

Радіан – одиниця площинного кута, що дорівнює куту між двома радіусами кола, дуга між якими по довжині дорівнює радіусу. В градусному визначенні радіан дорівнює $57^{\circ}17'44.8''$.

Стерадіан - одиниця тілесного кута, вершина якого розміщена в центрі сфери і який на поверхні сфери вирізає поверхню площі квадрата стороною рівною радіусу сфери.

Кутові одиниці не можна ввести в основні, тому що це привело б до певних незручностей в трактовці розмірів величин пов'язаних з обертанням (дуги кола, площа круга та ін.). Разом з тим вони і не похідні одиниці, тому що не залежать від вибору основних одиниць. Дійсно при любых одиницях довжини розміри радіана і меридіана залишаються незмінними.

ПОХІДНІ ОДИНИЦІ СИСТЕМИ СІ.

Крім основних та додаткових одиниць системи СІ є велика група похідних одиниць, які утворюються на основі законів встановлюючих зв'язок між фізичними величинами, або ж на основі певних фізичних величин. Відповідні похідні одиниці СІ виводяться із рівняння зв'язку між величинами. В залежності від наукового напрямку утворені похідні одиниці СІ для механічних, теплових, електричних, магнітних, акустичних, світлових та величин іонізуючого випромінювання.

КРАТНІ ТА ЧАСТКОВІ ОДИНИЦІ.

Найбільш прогресивним способом утворення кратних та часткових одиниць є прийнята в метричній системі мір десяткова кратність між великими і малими одиницями. Десяткові кратні та часткові одиниці від одиниць СІ утворюються шляхом приєднання приставок від 10^{+12} до 10^{-18} , наведених в таблиці _.

Таблиця _.

МНОЖНИКИ ТА ПРИСТАВКИ ДЛЯ УТВОРЕННЯ КРАТНИХ ТА ЧАСТКОВИХ ОДИНИЦЬ.

МНОЖНИК	ПРИСТАВКИ		
	НАЗВА	ПОЗНАЧЕННЯ	
		українське	міжнародне
$1.000.000.000.000=10^{12}$	тера	Т	T
$1.000.000.000=10^9$	гіга	Г	G
$1.000.000=10^6$	мега	М	M
$1.000=10^3$	кіло	к	k
$100=10^2$	гекто	г	h
$10=10^1$	дека	да	da
$0,1=10^{-1}$	деци	д	d
$0,01=10^{-2}$	санті	с	c
$0,001=10^{-3}$	мілі	м	m
$0,000.001=10^{-6}$	мікро	мк	μ
$0,000.000.001=10^{-9}$	нано	н	n
$0.000.000.000.001=10^{-12}$	піко	п	p
$0,000.000.000.000.001=10^{-15}$	фемто	Ф	f
$0,000.000.000.000.000.001=10^{-18}$	атто	а	a

ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН.

При вимірюваннях фізичних величин слід чітко розмежовувати два поняття: істинні значення фізичних величин та їх імперичні проявлення - результати вимірювань.

Істинне значення фізичної величини - це значення, яке ідеальним чином відображає властивості об'єкта як в кількісному так і в якісному відношеннях. Істинні значення не залежать від засобів нашого пізнання і являють собою ту абсолютну істину, до якої наближається спостерігач, намагаючись виразити їх у вигляді числового значення.

Результат вимірювання є продуктом пізнання спостерігача і являє собою приблизну оцінку значення вимірюваної величини. Результати залежать від методів вимірювання, технічних засобів, властивостей органів чуття спостерігача та самих фізичних величин.

Різниця Δ між результатом вимірювання X' та істинним значенням вимірюваної величини називається похибкою вимірювання :

$$\Delta = X' - Q \quad (_)$$

Проте оскільки істинне значення Q вимірюваної фізичної величини невідоме, то невідомі і похибки вимірювань, тому для одержання хоча б приблизних відомостей про них в формулу ($_$) замість істинного значення підставляється, так зване, дійсне значення A_d . Під дійсним значенням фізичної величини слід розуміти її значення, знайдене експериментально і настільки наближається до істинного, що для даної межі може використовуватися замість нього. За дійсні значення використовувати розрахункові значення по формулам, показам еталонів, зразкових приладів і більш точних технічних засобів вимірювання.

Причинами виникнення похибок можуть бути: недосконалість методів вимірювання, технічних засобів, органів чуття спостерігача, зміна умов проведення експерименту та зовнішнього середовища. Так, зміна умов проведення впливає на фізичну величину, на технічні засоби і на самого спостерігача.

Кожна з наведених причин виникнення похибок є джерелом багаточисельних чинників, під впливом яких формується загальна похибка вимірювань їх можна об'єднати в дві великі групи:

1. Фактори, які з'являються нерегулярно і несподівано зникають або проявляються з непередбачуваною інтенсивністю. До них відносяться: перекося елементів приладів в їх направляючих, нерегулярні зміни моментів в опорах, зміна зовнішніх умов і середовища, зміна уваги спостерігача тощо.

Доля сумарної похибки, яка виникає під впливом цих чинників називається випадковою похибкою вимірювань. Її основна особливість полягає в тому, що вона змінюється випадково при повторних вимірюваннях однієї і тієї ж величини. Крім того не завжди можна визначити причину появи випадкових похибок.

При розробці нових засобів вимірювання інтенсивність появи більшості чинників цієї групи вдається виявити і звести до загального рівня, так що вони більш-менш однаково впливають на формування випадкової похибки. Проте, деякі з них настільки сильно проявляються, наприклад, зміна напруги в мережі електроживлення, що похибка виходить за допустимі межі. Такі похибки в складі випадкових похибок називаються *грубими*. До них приєднуються і *промахи* - похибки, які залежать від спостерігача, його стану, відрахунку по шкалі та запису результатів вимірювань.

2. Чинники, які постійні або закономірно змінюються в процесі вимірювань фізичної величини. До них відносяться методичні похибки, зміщення стрілки приладу та недосконалість елементів (пружних) засобу вимірювання. Складові сумарної похибки, які з'являються, під дією чинників другої групи називаються *систематичними похибками вимірювань*. Їх особливість полягає в тому, що вони або постійні по величині, або ж закономірно змінюються при повторних вимірюваннях однієї і тієї ж величини.

Таким чином, в процесі вимірювання фізичної величини під дією багаточисельних чинників проявляються як випадкові δ , так і систематичні θ похибки вимірювань:

$$\Delta = \delta + \theta \quad (_)$$

Для одержання точних результатів вимірювань, які б мінімально відрізнялись від істинного значення, необхідно провести багаточисельні вимірювання з наступною математичною обробкою експериментальних даних.

Систематичні похибки θ , як правило визначаються і виключаються з результатів вимірювання і називаються вони відкоректованими - результатами \bar{X} вимірювань. Випадкова похибка при цьому дорівнює різниці між відкоректованим результатом вимірювання і істинним значенням вимірюваної величини.

$$\Delta = \bar{X} - \theta \quad (_)$$

При виключенні систематичної похибки результат вимірювання складається із відкоректованого значення вимірюваної величини і випадкової похибки, а сам результат стає випадковою величиною.

ОПИС ВИПАДКОВИХ ПОХИБОК.

Найбільш універсальний спосіб опису випадкових величин полягає в знаходженні їх інтегральних або диференціальних функцій розподілу.

Розглянемо результати окремих спостережень X_i як випадкові точки на осі OX (рис. $_$), які можуть зайняти положення до точки $X=Q$ рис. $_$, або ж розміщуватись навколо точки $X=Q$ рис. $_$.



Рис. $_$. Розміщення результатів спостережень по осі OX .

Під інтегральною функцією розподілу результатів спостережень слід розуміти залежність ймовірності того, що результат спостереження X_i в i -му досліді буде меншим деякого значення X_i від самої величини X .

$$F_X(X) = P [X_i \leq X'] \quad ()$$

При переміщенні точки X' вправо по осі OX , ймовірність того, що в результаті вимірювання точка X_i розміститься лівіше точки, X' , а інтегральна функція асимптотично наближається до 1 (рис. _).

При $X=Q$, коли результати вимірювань розміщені і з правого, і з лівого боків від точних результатів спостережень інтегральна функція має точку перегину (рис. _), тобто вона має симетричний розподіл результатів відносно істинного значення вимірюваної величини.

Більш наочним описом є опис результатів спостережень і випадкових похибок за допомогою диференційних функцій розподілу ймовірностей і позначається через $P_X(X)$ і відповідно $P_\delta(\delta)$. Диференційна функція розподілу являє собою похідну від інтегральної функції розподілу по своєму аргументу :

$$P_X(X) = \frac{F_X(X)}{dx} ; \quad P_\delta(\delta) = \frac{F_\delta(\delta)}{d\delta} ;$$

Графік диференційної функції розподілу, який називається кривою розподілу, має дзвіноподібну форму і має максимум при $X=Q$ (рис. _) і відповідно при $\delta = 0$ (рис. _)

Поскільки інтегральна функція $F_X(X \rightarrow \infty) = 1$, то справедлива рівність :

$$\int_{-\infty}^{+\infty} P_X(X) dx = \int_{-\infty}^{+\infty} P_\delta(\delta) d\delta = 1 \quad ()$$

Таким чином, площа обмежена кривою розподілу і віссю абсцис дорівнює 1, а по формі кривої розподілу можна сказати про те, які значення випадкових похибок більш, а які менш ймовірні. Чим більша висота дзвону, тим більша ймовірність появи малих похибок і значно менша ймовірність появи великих похибок. Тобто, результати спостереження зосереджені навколо істинної величини Q . Це дає можливість прийняти за одиницю істинного значення вимірюваної величини координату центра тяжіння фігури обмеженої кривою розподілу і віссю абсцис, і назвати математичним сподіванням результатів спостережень :

$$M[X] = m_X = \int_{-\infty}^{+\infty} X \cdot P_X(X) dx \quad ()$$

Виходячи з рівняння () можна дати визначення систематичної та випадкової похибок вимірювань.

Систематичною похибкою називається різниця між математичним сподіванням та істинним значенням вимірюваної величини :

$$\theta = M[X] - Q \quad ()$$

Випадковою похибкою називається різниця між результатом спостереження та математичним сподіванням результатів :

$$\delta = X - M[X] \quad ()$$

Істинна величина вимірюваної величини:

$$\theta = X - Q - \delta \quad ()$$

Поряд з математичним сподіванням результатів спостережень особливе значення має дисперсія розподілу результатів спостережень і позначається $D[X]$:

$$D[X] = D[\delta] = M[(X - m_x)^2] = M[\delta^2] = \int_{-\infty}^{+\infty} (X - m_x)^2 P_x(X) dx = \int_{-\infty}^{+\infty} \delta^2 P_\delta(\delta) d\delta \quad (1)$$

Дисперсія розподілу випадкових похибок дорівнює дисперсії розподілу результатів спостережень і характеризує їх розподіл відносно математичного сподівання. Дисперсія розподілу збільшується з зростанням випадкових похибок вимірювань. Дисперсію в механічній інтерпретації являє собою момент інерції фігури обмеженої кривою розподілу і віссю абсцис.

Дисперсія розподілу має розмірність квадрата вимірюваної величини і це не зручно для користування. Значно частіше користуються середнім квадратичним відхиленням результатів спостереження або ж випадкових похибок:

$$\sigma_x = \sqrt{D[X]} \qquad \sigma_\delta = \sqrt{D[\delta]} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (\delta_i^2)} \quad (2)$$

При обмеженості експериментальних даних розподіл результатів спостережень навколо істинного значення і випадкових похибок може бути різним по формі: трикутник, прямокутник, трапеція та ін. Проте при збільшенні кількості результатів спостережень найбільш ймовірним розподілом буде нормальний, диференціальна функція якого має вигляд :

$$P_\delta(\delta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{\delta^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

На рис. _ приведені криві нормального розподілу випадкових похибок при різних значеннях середнього квадратичного відхилення ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$). З рисунка видно, що чим менше значення середнього квадратичного відхилення, тим дзвін піднімається вище, тим менша ймовірність появи великих похибок, зменшується розсіювання і підвищується точність вимірювання вимірюваної величини. Для оцінки вимірюваної величини досить часто використовують *довірчий інтервал*, в якому з певною ймовірністю може знаходитися істинне значення вимірюваної величини.

$$\delta_p = t_p \frac{\delta^\sigma}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

Виходячи з цього істинне значення вимірюваної величини дорівнює :

$$Q = m_x \pm \delta_p = m_x \pm t_p \frac{\delta^\sigma}{\sqrt{n}}; \quad p = \dots \% \quad (5)$$

де :

m_x - середнє арифметичне значення результатів вимірювання;

t_p - коефіцієнт Стюдента.

ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ

Засоби вимірювання являють собою сукупність технічних засобів елементів, які використовуються при вимірюванні і мають нормовані метрологічні характеристики, властивості, тобто відповідають вимогам метро-

логії по одиницям, точності вимірювання, надійності і відтворенню одержаних результатів, а також вимогам по розмірам, конструкції та якості.

ОСНОВНИМИ видами засобів вимірювання є міри, вимірювальні прилади, вимірювальні перетворювачі, вимірювальні установки та вимірювальні системи.

Мірою - називається засіб вимірювання, призначений для відтворення фізичної величини заданого розміру. Наприклад: ваги - міра маси: 1 кг; 0,5 кг; 0,2 кг : 0,1 кг та ін..

Вимірювальним приладом - називається засіб вимірювання, призначений для подання Інформації в формі, доступній для безпосереднього сприйняття спостерігачем. По формі видачі інформації прилади діляться на аналогові, покази яких є неперервна функція вимірюваної величини, та цифрові, покази яких дискретні, а інформація подається в цифровій формі. Крім того, прилади бувають: показуючі, самопишучі, сигналізуючі, регулюючі, з лічильниками, нормуючими перетворювачами та іншими додатковими функціями.

Вимірювальний перетворювач - засіб вимірювання, призначений для формування сигналу вимірюваної інформації в формі, зручній для передачі, подальшого перетворення, обробки та збереження, але безпосередньо не сприймається спостерігачем.

Вимірювальні перетворювачі досить різновидні як по принципу дії, так і по характеру вихідного сигналу. Вони класифікуються по виду вимірювальної величини (перетворювачі температури, тиску, рівня густини та ін.), по принципу дії (пневматичні, електричні та ін.), по виду і характеру вихідного сигналу (неперервні, дискретні).

Важливою характеристикою первинного вимірювального перетворювача є функціональна залежність між вимірювальною величиною та вихідним сигналом перетворювача (краще лінійна залежність).

Вимірювальна установка - сукупність функціонально об'єднаних вимірювальних приладів, вимірювальних перетворювачів та інших допоміжних пристроїв, розміщених в одному місці і пов'язаних єдністю конструктивного виконання і призначена для формування сигналів вимірювальної інформації в формі доступній для сприймання спостерігачем. Прикладом такої установки може бути установка для визначення якості хліба, вино-матеріалів та ін.

Вимірювальна система - сукупність засобів вимірювання (мір, вимірювальних приладів, вимірювальних перетворювачів) та допоміжних пристроїв, з'єднаних між собою каналами зв'язку і призначена для формування сигналів вимірювальної інформації в формі доступній для автоматичного опрацювання, передачі і використання в автоматичних системах управління.

До ДОПОМІЖНИХ засобів вимірювання відносяться засоби вимірювання, які впливають на метрологічні властивості інших засобів вимірювання при їх використанні по прямому призначенню чи повірках. Покази додаткових засобів вимірювання використовуються при обчисленні поправок до результатів вимірювання приладами прямого призначення, наприклад: використання термометра для вимірювання температури навколишнього середовища при вимірюванні тиску вагопоршневим манометром. Або ж використання допоміжних засобів вимірювання для стабілізації величин, впливаючих на точність вимірювання основних величин. Наприклад, використання психрометрів для вимірювання та стабілізації вологості середовища при точних інтерференційних вимірюваннях довжин.

Відтворення, зберігання та передача розмірів одиниць фізичних величин проводиться за допомогою еталонів та зразкових приладів: від еталонів робочим мірам та приладам за допомогою зразкових засобів вимірювання.

Еталони являють собою засоби вимірювання (комплекс засобів вимірювання), за допомогою яких проводиться відтворення та зберігання одиниць фізичних величин з метою передачі розміру зразковим, а від них і робочим приладам. Вони затверджені в якості еталонів в установленому порядку.

Еталон, який відтворює одиницю фізичної величини з найбільшою точністю називається первинним. Первинний еталон основної одиниці відтворює одиницю в відповідності з її визначенням. Прикладом первинного еталону є комплекс засобів вимірювання для відтворення метра в довжинах хвиль криптона - 86. Для відтворення одиниць в особливих умовах створюються і затверджуються спеціальні еталони.

Первинні та спеціальні еталони офіційно затверджуються державною метрологічною установою і називаються державними. Крім того на кожний державний еталон затверджується державний стандарт. Основне призначення еталонів - служити матеріально - технічною базою відтворення та зберігання одиниць фізичних величин.

В метрологічній практиці широке розповсюдження одержали вторинні еталони, значення яких установлене по первинних еталонах. Прикладом вторинного еталона є еталон - копія. Одиниці маси кілограма в вигляді платино - іридієвої ваги №26 і робочий еталон кілограма, який виготовлений із нержавіючої сталі.

По своєму метрологічному призначенню - вторинні еталони діляться на еталони - копії, еталони - порівняння, еталони - свідки та робочі еталони.

Еталон-копія – вторинний еталон, який призначений для зберігання одиниці фізичної величини та передачі її розміру робочим еталонам. Він не завжди може бути фізичною копією державного еталону.

Еталон-порівняння – вторинний еталон, який використовується для порівняння еталонів, якщо вони не можуть порівнюватися між собою.

Еталон-свідок – вторинний еталон, який використовується для говірки, збереження державного еталона і для заміни його в разі пошкодження чи втрати первинного еталона.

Робочий еталон – вторинний еталон, який використовується для збереження одиниці і передачі її розміру зразковим засобам вимірювання вищої точності.

Найбільш точнішими первинними еталонами є міжнародні еталони, які зберігаються в Міжнародному бюро мір та ваг (МБМВ). Програмою діяльності МБМВ передбачено систематична повірка національних еталонів: метр та кілограм повіряються 1 раз в 25 років; електричні та світлові еталони (вольт, Ом, кандела та ін.) - раз в 3 роки.

Слід відмітити, що міжнародні та державні еталони являють собою первинні еталони одиниць фізичних величин, проте міжнародні еталони по точності вищі за національні еталони. Еталони і засоби вимірювання постійно вдосконалюються, враховуючи досягнення науки, техніки і практики, постійно підвищуючи точність відтворення розмірів одиниць фізичних величин. Процес правильної передачі розміру одиниці від еталона до робочих засобів вимірювання проводиться в певному порядку і відповідності з повірочною схемою.

Повірочна схема являє собою вихідний документ, який встановлює метрологічну супідрядність еталонів, зразкових засобів вимірювання та порядок передачі розміру одиниць зразковим і робочим засобом вимірювання. В повірочній схемі вказується назва затвердженого державного еталона, вторинних еталонів, зразкових і робочих засобів вимірювання; методи повірки, похибки відтворення і передачі розміру одиниць кожного засобу вимірювання.

Повірочні схеми регламентуються "Державною системою єдності вимірювань".

ПОХИБКИ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ.

В результаті дії багатьох випадкових та детермінованих факторів, які pojawiaються як в процесі виготовлення та експлуатації засобів вимірювання, так і в процесі вимірювань номінальні значення мір і покази вимірювальних приладів неминуче відрізняються від істинного значення вимірюваної величини. Ці відхилення характеризують похибки засобів вимірювання: абсолютні, відносні та приведені.

Абсолютною похибкою називається алгебраїчна різниця між показами приладу та істинним або (дійсним) значенням вимірюваної величини.

$$\Delta = A_n - A_u, \quad (1)$$

де :

A_n - покази приладу;

A_u - істинне значення вимірювальної величини.

Проте в метрологічній практиці вимірювання частіше доводиться мати справу не з істинним, а дійсним значенням вимірювальної величини, яке знаходиться експериментальним або розрахунковим шляхом за допомогою більш точних приладів.

$$\Delta = A_n - A_d, \quad (2)$$

де :

A_d - дійсне або розрахункове значення вимірювальної величини.

Відносною похибкою називається відношення абсолютної похибки Δ до дійсного значення вимірювальної величини в даній точці і виражається в відсотках.

$$a = \frac{\Delta}{A_d} \cdot 100\%, \quad (3)$$

При нулевому значенні вимірюваної величини значення відносної похибки наближається до нескінченості.

Приведеною похибкою називається відношення абсолютної похибки до розмаху шкали засобу вимірювання (нормуючого значення).

$$\gamma = \frac{\Delta}{N} \cdot 100\%, \quad (4)$$

де :

N - розмах шкали вимірюваного засобу.

Слід відмітити, що при імітаційному методі перевірки замість шкали приладу в одиницях вимірюваної величини підставляється нормоване значення шкали, яке відповідає градуйованим таблицям.

Варіація - найбільша різниця результатів вимірювання, яка відповідає одному й тому ж дійсному значенню вимірюваної величини.

Крім того, похибки засобів вимірювання діляться на:

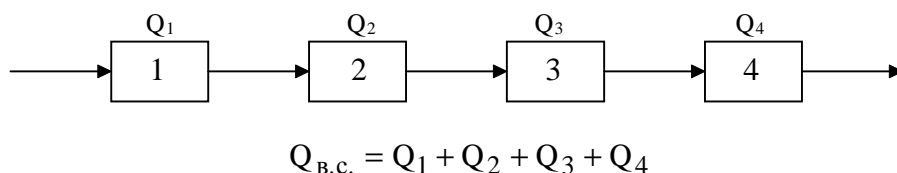
1. **Статичні**, які pojawiaються при вимірюванні постійних величин технологічних процесів в приладах і перетворювачах;
2. **Динамічні**, які pojawiaються при вимірюванні перехідних процесів і обумовлені інерційними властивостями засобів вимірювання.

1.1 Статичні похибки, в свою чергу, діляться на *систематичні* і *випадкові*. Систематична похибка засобу вимірювання:

а) залишається постійною або ж закономірно змінюється.

б) визначається при повірках та атестаціях зразкових і робочих засобів вимірювання, а в результатах вимірювання враховується як поправка з протилежним їй знаком.

Систематичну похибку θ (тета) вимірюваної величини можна показати як суму похибок схеми, визначеної самою структурною схемою засобу вимірювання та технологічними похибками виготовлення його елементів.



Між похибками схеми та технологічними похибками є суттєва принципова різниця. Якщо перші впливають на характер зміни по шкалі сумарної похибки всіх засобів вимірювання, то технологічні похибки індивідуальні для кожного екземпляра, тобто значення для кожного приладу в одній і тій же точці різні.

Технологічні систематичні похибки засобів вимірювання діляться на адитивні, коли похибка по всій шкалі постійна, і мультиплекативні, коли похибка або зростає, або ж зменшується з зростанням вимірюваної величини.

Похибка, яка властива засобам вимірювання при нормальних їх умовах роботи, називається *основною похибкою* (Нормальні умови відповідають температурі 20°C, тиску 101,325 Н/м², вологість не більше 80 %).

Додатковою похибкою називається похибка, яка виникає в засобі вимірювання при відхиленні зовнішнього середовища від нормальних умов.

Основні та додаткові похибки визначаються межами допустимих основних та додаткових похибок і задаються формулами або ж в вигляді таблиць межових допустимих абсолютних основних похибок для різних номінальних значень.

Клас точності - узагальнююча характеристика засобу вимірювання, яка визначається межами допустимих основних та додаткових похибок, а також іншими властивостями засобів вимірювання, що впливають на їх точність, значення яких устанавлюється стандартами на окремі види засобів вимірювання.

Історично склалося так, що на класи точності розділені всі засоби вимірювання, крім приладів для кутів вимірювань кутів та довжин.

Основою для присвоєння засобам вимірювання того чи іншого класу точності є їх основна похибка та спосіб її виявлення. Якщо основна похибка виражена в одиницях вимірюваної величини по формулі $Q_{\text{осн}}$, то клас точності позначається порядковим номером в ряду чисел. Засобам з більшою основною похибкою присвоюється клас точності з більшим порядковим номером, а з меншою похибкою - менший номер. Клас точності засобу вимірювання характеризує їх точності властивості, але не безпосереднім показником точності вимірювання, тому що точність залежить від методу, умов проведення вимірювань, розмаху шкали приладу та ін.

Засобам вимірювання, межі допустимих основних похибок яких задані в вигляді приведених похибок присвоюються класи точності із слідуєчого ряду чисел :

$$K = [1; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0;] \cdot 10^n$$

$$n = 1; 0; -1; -2; -3; \dots ;$$

Класи точності в відповідності з стандартами, як правило показуються на шкалах приладів. Промислові прилади мають класи точності 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 3; 4. Для окремих видів засобів вимірювання вибирається ряд чисел не більше 5.

При вимірюванні величин в відсотках клас точності на шкалі приладу обводиться колом.

Для встановлення похибок засоби вимірювання періодично проводиться його повірка зразковими засобами, які по класу точності на декілька класів вищі за той що повіряється. Повірка проводиться спочатку при зростанні вимірюваної величини (прямий хід), а потім при її зменшенні (зворотній хід). Якщо при повірці приладу встановлено, що найбільша приведена похибка не перевищує або рівна класу точності, то прилад визнається придатним для подальшої експлуатації.

Класифікація засобів вимірювання проводиться в залежності від призначення, будови, точності, характеру показів, місця розміщення та інших характеристик.

Основною класифікацією передбачається розподіл засобів вимірювання по роду вимірюваних величин :

- ✓ температура - термометри і пірометри ;
- ✓ тиск - манометри, вакууметри, мановакууметри, тягоміри, напіроміри ;
- ✓ витрата і кількість - витратоміри, лічильники ;
- ✓ рівень - рівнеміри, показчики рівня, сигналізатори рівня ;
- ✓ концентрація - концентратоміри ;
- ✓ склад газів - газоаналізатори ;
- ✓ якість води - кондуктометри, рН-метри, киснеміри та ін.;
- ✓ густина - густиноміри ;
- ✓ вологість - вологоміри.

Додатково засоби вимірювання розподіляються на такі групи :

- ✓ по призначенню - промислові (технічні) та лабораторні ;
- ✓ по принципу дії - механічні, електричні, пневматичні, хімічні, рідинні, радіоізотопні та ін.;
- ✓ по характеру показів - показуючі, реєструючі (записуючі і друкуючі), інтегруючі;
- ✓ по місцезнаходженню - щитові, місцеві та з дистанційною передачею;
- ✓ по габаритам - мініатюрні, малогабаритні, нормальні та великогабаритні;
- ✓ по умовам роботи - стаціонарні та переносні.

Промислові засоби вимірювання найбільш поширена група приладів, які широко використовуються в усіх галузях промисловості, мають порівняно просту та надійну конструкцію, високу надійність і невисоку точність. Покази промислових приладів наглядні на досить великій віддалі. Крім того, промислові прилади мають сигналізуючі та регулюючі пристрої, перетворювачі стандартних сигналів, задатчики та ін.

ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ.

В залежності від призначення, будови і принципу дії засоби вимірювання мають різні метрологічні властивості, які характеризуються точністю, чутливістю, швидкодією, надійністю, похибками, класом точності та ін.

1) *Точність засобу вимірювання* – якість засобу вимірювання, яка відображує близькість до нуля його похибок. Чим вище точність засобу вимірювання, тим менша різниця між результатами вимірювань та істинним значенням вимірюваної величини.

2) *Правильність засобу вимірювання* – якість засобу вимірювання, яка відображує близькість до нуля його систематичних похибок.

3) *Чутливість засобу вимірювання* – відношення вимірюваного сигналу на виході засобу вимірювання до вимірюваної величини, яка призвела до зміни сигналу. Розрізняють абсолютну та відносну чутливість.

4) *Абсолютна чутливість* визначається як відношення приросту сигналу на виході засобу вимірювання до приросту вимірюваної величини :

$$S = \frac{\Delta \ell}{\Delta A}, \quad (1)$$

абсолютна кутова чутливість :

$$S = \frac{\Delta \varphi}{\Delta A}, \quad (2)$$

Відносна чутливість визначається за формулою :

$$S_b = \frac{\Delta \ell}{\Delta A / A}, \quad ()$$

відносна кутова чутливість :

$$S_b = \frac{\Delta \varphi}{\Delta A / A}, \quad ()$$

де: $\Delta \ell$; $\Delta \varphi$ - відповідно лінійна та кутова зміна вихідного сигналу; ΔA - приріст вимірюваної величини.

- 5) *Стабільність* засобу вимірювання – якість засобу вимірювання, яка відображає незмінність в часі його метрологічних властивостей.
- 6) *Збіжність* засобу вимірювання – якість засобу вимірювання, яка відображає близькість до нуля його випадкових похибок, або ж близькість результатів вимірювань між собою, виконаних в однакових умовах.
- 7) *Межа допустимої похибки* засобу вимірювання – найбільша похибка засобу вимірювання, при якій він придатний для вимірювання і дозволяється його експлуатація.

Похибки засобу вимірювання повинні знаходитись в межах допустимих похибок, а засіб вимірювання відповідати встановленому класу точності.

- 8) *Швидкодія засобу вимірювання характеризується часом між початком зміни* вимірюваної величини і моментом показу засобу вимірювання. Швидкодія засобу вимірювання пов'язана з інерційністю засобу вимірювання, його елементів, принципу роботи, тепловими та гідравлічними факторами. Чим вища швидкодія засобу вимірювання, тим кращі його якості. Для автоматичних самопишучих приладів швидкодія - час проходження повзунком з одного в другий кінець шкали приладу.
- 9) *Надійність* засобу вимірювання характеризує його властивість зберігати працездатність на протязі заданого часу. Надійність може визначатись його безвідмовністю, довговічністю ремонтпридатністю та ін..

Поряд з приведеними властивостями ЗВ стандартами передбачаються наступні нормовані метрологічні характеристики, які повинні знаходитись в регламентуємих межах :

- 1) Діапазон вимірювання фізичних величин. Розмах шкали ЗВ вибирається із приведеного стандартом ряду в одиницях вимірювання фізичної величини. Крім того, розмах шкали може бути вираженим в відсотках та нормованих одиницях, які використовуються при повірках ЗВ. Наприклад, шкала потенціометра: $0 \div 600^{\circ}\text{C}$ зр.ХК; нормоване значення шкали : $0 \div 49,1 \text{ mV}$
- 2) Межі допустимої похибки ЗВ. Як правило нормується приведена похибка ЗВ, яка відповідає його класу точності.
- 3) Основні похибки ЗВ в відповідності з нормативно - технічною документацією на даний ЗВ:
 - Δ – межа допустимо абсолютної похибки при довірчій ймовірності не менше 0,95;
 - Δ_{\circ} – межа допустимої випадкової складової похибки при довірчій ймовірності не менше 0,95.
 - $\sigma(\Delta_{\circ})$ – межа допустимого середнього квадратичного відхилення випадкової складової похибки;
 - Δ_c – межа допустимої систематичної складової похибки ;
 - $\sigma(\Delta_c)$ – межа допустимого середнього квадратичного відхилення систематичної складової похибки;
 - $M(\Delta_c)$ – математичне сподівання систематичної складової похибки.
- 4) Час проведення вимірювання фізичної величини.
- 5) Додаткові похибки, визначаються по кожній із впливаючих величин і регламентуються їх межі.

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ.

В реальних умовах експлуатації похибки засобів вимірювання (ЗВ), перш за все, визначаються відхиленням реальних характеристик $y(x)$ від номінальних $y(x_0)$ самої вимірюваної величини, тому забезпечення високої точності вимірювань пов'язано мінімізацією відхилення $\Delta y = y(x) - y(x_0)$.

В рівняння засобу вимірювання, крім вимірюваної величини x , входить ряд конструктивних параметрів засобу, які в процесі експлуатації змінюються, тому загальне рівняння має наступний вигляд :

$$y = F(x; \ell_1; \ell_2 \dots \rho_1, \rho_2; \dots U; f), \quad (1)$$

де: $\ell_1; \ell_2$ – конструктивні характеристики;

ρ_1, ρ_2 – фізичні характеристики матеріалів:

U та f – напруга та частота джерела живлення.

Значення ℓ, ρ, U, f можуть відрізнятися від розрахункових (номінальних) із-за технологічних чинників і зміни зовнішніх умов в процесі експлуатації ЗВ. Виходячи із залежності (1) можна визначити похибку ЗВ під впливом кожного параметра. Сумарна похибка ЗВ визначається як сума його складових:

$$\Delta y = \Delta y_{\ell_1} + \Delta y_{\ell_2} + \dots + \Delta y_{\rho_1} + \Delta y_{\rho_2} + \Delta y_U + \Delta y_f, \quad (2)$$

Виходячи з аналізу похибок можна запропонувати два методи зменшення похибок ЗВ. Один полягає в підвищенні точності за рахунок стабілізації параметрів статичної характеристики ЗВ, тобто зведення до мінімуму складових похибок $\Delta y_{\ell}, \Delta y_{\rho}, \Delta y_U, \Delta y_f$ ін.. Цей метод підвищення точності ЗВ називають конструктивним або технологічним і досягається за рахунок покращення технології виготовлення, якості металу термостатування окремих елементів, стабілізації живлення та ін.. Цей метод ще називають класичним.

Другий метод підвищення точності вимірювань полягає в веденні в процесі вимірювання структурної або тимчасової надмірності. Це дає можливість одержати додаткову інформацію про вимірювану величину та перешкоди, опрацювання яких по спеціальних алгоритмах дозволяє підняти точність вимірювань. Ці методи називаються структурними.

Особливість структурних методів полягає в тому, що можна одержати досить точні результати вимірювань без підвищення метрологічних властивостей звичайних ЗВ за рахунок опрацювання додаткової інформації по спеціальному алгоритму, використовуючи при цьому ЕОМ.

Методи зменшення випадкових складових похибок ґрунтуються на статистичній обробці результатів

- ✓ багаторазових,
- ✓ багатоканальних вимірювань величини x .

Якщо виконано n послідових і незалежних вимірювань величини x , то після їх обробки вимірювана величина x матиме в \sqrt{n} раз меншу середньоквадратичну похибку порівнюючи з результатом одноразового вимірювання. Таким чином збільшуючи кількість вимірювань n можна зменшити випадкову складову похибки ЗВ.

Другим методом зменшення випадкової складової похибки ґрунтується на статистичній обробці результатів багатоканальним вимірювань (рис. 1).

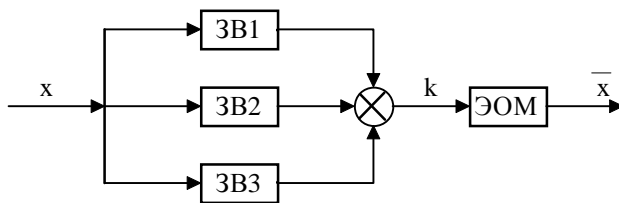


Рис. 1

Вимірювальна величина X одночасно вимірюється кількома ЗВ і через комутатор результати подаються в обчислювальну машину, де проходять обробку результатів по спеціальній програмі. Кількість результатів вимірювань збільшується в K число каналів вимірювання, а похибки зменшуються в $\sqrt{n * k}$.

Метод зменшення систематичної складової похибки полягає в тому, що вимірювана величина x порівнюється з результатами вимірювання мір X_{M_1}, X_{M_2} або ж зразкових засобів. Вимірювання, як правило, багатостадійне. Метод порівняння з мірами (рис. 2) полягає в тому, що спочатку вимірювана величина x поступає через комутатор Π на ЗВ, а потім підключаються міри X_{M_1}, X_{M_2} .

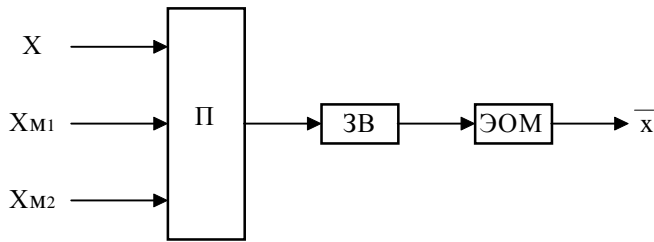


Рис.

Результати вимірювань обробляються по спеціальному зразковому алгоритму за допомогою обчислювальної машини. Другим є метод порівняння результатів вимірювання вимірювальної величини x по двох засобах вимірювання - (рис. ___): зразковому (ЗЗВ) і звичайному (ЗВ).

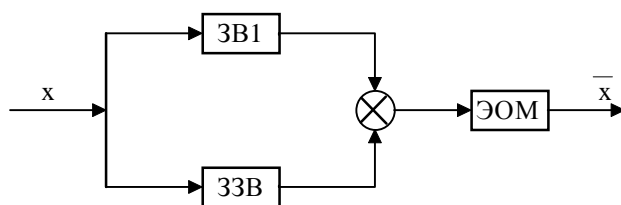


Рис.

Вимірювана величина за допомогою комутатора по черзі з звичайного та зразкового подається в обчислювальну машину, де проходить обробка даних по відповідному зразковому алгоритму і визначається достовірне значення x . Цей метод найбільш простий, доступний і реалізуемий.

ДЕРЖАВНА СИСТЕМ ПРИЛАДІВ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ (ДСП).

Складність виробництв, складність завдань контролю та управління, специфіка умов експлуатації вимагають нових розробок та випуску великої кількості технічних засобів автоматизації. В кінці 50-х років з метою забезпечення промисловості автоматичними системами контролю та управління була розпочата робота по упорядкуванню та уніфікації приладів та засобів автоматизації, яка явилась початком розробки державної системи приладів та засобів автоматизації.

Перший етап. На початку 60-х років з'явилась універсальна система елементів промислової пневмоавтоматики (УСЕПА), що явилось початком реалізації ДСП. Блочно - модульний принцип побудови покладено в електричну агрегатну уніфіковану систему приладів (ЕАСУ), з уніфікованим електричним сигналом (0-5 мА).

В 60-х роках були сформовані наукові основи побудови ДСП, загальна структура системи, яка забезпечила єдиний підхід до розробки систем автоматизації з різними енергетичними носіями сигналів та принципи взаємної конструктивної, інформаційної та експлуатаційної сумісності технічних засобів.

Другий етап розвитку ДСП співпав з розробкою та впровадженням систем контролю та керування в промисловості, а також з розробкою приладів та датчиків в відповідності з принципами ДСП. Широкий розвиток отримали принципи агрегатної побудови приладів та датчиків на основі базових конструкцій та модулів.

Третій етап розвитку ДСП відноситься до середини 70-х років і співпадає з широким впровадженням автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП). В цей період швидкими темпами розвиваються управляючі електронні машини, які використовуються для управління технологічними процесами.

В основу побудови ДСП покладено наступні основні системотехнічні принципи:

- ✓ функціональний розподіл технічних засобів на основі типізації функціональних задач і структур;
- ✓ мінімізація номенклатури технічних засобів;
- ✓ агрегатна побудова технічних засобів на основі уніфікованих блоків і модулів;
- ✓ агрегатна побудова систем керування;

- ✓ сумісність приладів і пристроїв ДСП при роботі в АСУТП на основі уніфікації сигналів зв'язку, конструкцій, приєднувальних розмірів, живлення, експлуатаційних вимог, метрологічних характеристик засобів вимірювання та перетворення.

Таким чином, державна система приладів та засобів автоматизації (ДСП) – сукупність нормалізованих рядів уніфікованих блоків, приладів і пристроїв для одержання, опрацювання та використання інформації, які відповідають єдиним технічним, метрологічним вимогам і мають єдині параметри вхідних і вихідних сигналів, нормалізовані габаритні та приєднувальні розміри, а також мають економічно обґрунтовану точність, надійність, довговічність та естетичність.

До складу ДСП входить більше 2 тисяч типів, промислових приладів та засобів автоматизації, які забезпечують побудову автоматичних систем необхідного призначення.

Виготовлення приладів та засобів автоматизації проводиться в відповідності з стандартними ДСП, які забезпечують єдину ідеологію системи і включають більше 200 стандартів.

По функціональному признаку виробу ДСП розділяються їм наступні групи.

- ✓ засоби одержання інформації від об'єкту;
- ✓ засоби прийому, перетворення передачі інформації по каналах зв'язку;
- ✓ засоби перетворення, зберігання, опрацювання інформації формування команд управління;
- ✓ засоби використання та відображення інформації.

По виду енергії живлення та носія сигналу ДСП розділяються на наступні гілки:

- ✓ електрична;
- ✓ пневматична;
- ✓ гідравлічна;
- ✓ комбінована;
- ✓ без використання зовнішньої енергії.

Електрична гілка ДСП – це ряд приладів та засобів автоматизації, в яких для живлення використовується електрична енергія, а носієм інформації є електричний сигнал. Електрична гілка розділяється на дві підгрупи : аналогову та дискретну.

Носієм інформації аналогової електричної гілки - є постійний струмовий сигнал. Стандартні діапазони зміни сигналів постійного струму : 0 - 5 мА ; 0 -20 мА ; 4 -20 мА ; 0 -100 мА, а по напрузі : 0-10 мВ; 0 - 10 В. Значення опорів навантаження та ліній зв'язку знаходиться в межах від 250 Ом до 2500 Ом.

Носієм інформації дискретної (цифрової) гілки є змінний струмовий сигнал. Стандартні діапазони зміни сигналів по напрузі : 0 - 0,5В; 0 - 2В; -1 - 0 - 1В; по частоті: від 2 до 4 кГц; від 4 до 8 кГц; по взаємодуції: 0 - 10 мГн; -10 - 0 - 10 мГн; 0 -20 мГн.

Пневматична гілка ДСП - це ряд приладів та пристроїв, джерелом енергії яких є стиснене повітря, а носієм інформації - пневматичний сигнал в межах від 20 до 100 кПа. Засоби пневмоавтоматики є основними засобами автоматизації цукрової, спиртової та інших харчових виробництв.

Гідравлічна гілка ДСП - це ряд приладів та пристроїв, джерелом живлення і енергетичним носієм є гідравлічні сигнали за рахунок стиснення рідин. Робочий тиск енергетичних носіїв лежить в межах від 1 до 64 МПа.

Гілка приладів та пристроїв ДСП, працюючих за рахунок допоміжної енергії - це ряд пристроїв та приладів, які працюють за рахунок енергії середовища, параметри якого вони вимірюють чи регулюють. До цієї гілки відносяться регулятори прямої дії, монотричні термометри та інші.

Крім того, зв'язок між гілками ДСП проводиться за допомогою перетворювачів сигналів, що дозволяє при автоматизації виробничих процесів створювати різні комбінації із приладів і засобів автоматизації різних гілок.

СУТЕМИ ДИСТАНЦІЙНИХ ПЕРЕДАЧ СИГНАЛІВ вимірювальної інформації призначені для передачі сигналів від передаючого перетворювача до вимірювального пристрою, розміщених на певній відстані один від одного. Система являє собою комплекс технічних засобів, зв'язаних між собою лініями зв'язку, до складу якої входить:

- ✓ передаючий перетворювач, який знаходиться під дією вимірювальної величини об'єкта ;
- ✓ ліній зв'язку, по яким передається сигнал вимірювальної інформації на певну віддачу;
- ✓ вимірювального засобу для відтворення сигналу вишівальної інформації в формі сприйнятній для спостерігача або для подальшого використання в системах контролю та управління.

Системи дистанційної передачі розділяються на дві групи: системи з уніфікованими сигналами ДСП та неуніфікованими, періодичними сигналами, які формуються безпосередньо перетворювачами - датчиками. Більш широке застосування мають системи дистанційної передачі з уніфікованими сигналами (електричні, пневматичні, гідравлічні та ін.). До систем з неуніфікованими сигналами відносяться : диференційно - трансформаторні, сельсинні, омичні та ін. ...

Принцип дії диференційно - трансформаторної системи ґрунтується на компенсації різниці трансформованих ЕРС в котушках передаючого перетворювача (ПП) та вторинного приладу (ВП).

До складу ДСП (рис. ___) входять дві опакові трансформаторні котушки КТ1 і КТ2, які розміщені відповідно в перетворювачі і вторинному приладі. Котушки мають первинну та вторинну обмотки. Первинні обмотки намотані по (всій довжині котушки, а вторинна розділена на дві секції, кожна з яких розміщена на половині первинної обмотки. Всередині кожної котушки розмішені металеві сердечники, переміщення яких проводиться чутливим елементом ПП і лекалом ВП. Первинні обмотки системи включені послідовно, а їх живлення проводиться змінним струмом від трансформатора підсилювача. Вторинні обмотки системи включені зустрічно і підключені на вхід електричного підсилювача вторинного приладу.

Якщо сердечник котушок знаходиться в середньому положенні, то різнична електрорушійна сила (ЕРС) вторинних обмоток обох котушок буде дорівнювати нулю бо в зустрічно-включених секціях наведені ЕРС рівні між собою :

$$l_1 = l_2; E_1 = 0; l_3 = l_4; E_2 = 0; \quad ()$$

В даному разі розбаланс теж дорівнює нулю:

$$\Delta E = E_1 - E_2 \quad ()$$

При відхиленні сердечника 1 від середнього положення під дією мембранного чутливого елемента ЧЕ наведені ЕРС в секціях котушки датчика зміняться, бо зміниться величина взаємодукції. Рівність різничних ЕРС в котушках порушується і на вхід ЕП поступає сигнал небалансу :

$$\Delta E = E_1 - E_2 \quad ()$$

Сигнал небалансу підсилюється фазочутливим підсилювачем 2 і на управляючу обмотку реверсивного двигуна (РД) подається напруга змінного струму частотою 50 Гц. На обмотку збудження РД поступає змінна напруга від мережі з частотою 50 Гц і здвинута по фазі на 90 за рахунок конденсатора С2. Обертове магнітне поле приводить в обертовий рух РД, який через редуктор поверне кулачок і перемістить плунжер 5 котушки вторинного приладу в аналогічне - положення плунжера котушки датчика і стрілку 4 в нове положення. При цьому індуктуемі ЕРС стануть рівними по величині, взаємокомпенсують одна одну, а сигнал небалансу стане рівним нулю :

$$E_1 = E_2; \Delta E = E_1 - E_2 = 0 \quad ()$$

Зникає обертове магнітне поле РД, двигун і стрілка приладу 4 зупиняються на відліковій точці, тому що змінюється частота напруги управляючої обмотки на 100 Гц.

Напрямок обертання РД залежить від фази вхідного сигналу Е, а фаза залежить від напрямку переміщення плунжера датчика від зрівноваженого стану системи.

Основна похибка диференційно - трансформаторно передачі дорівнює 1 при відстані до 1 км.

ДТП досить проста, надійна і точна система, проте вона обмежена підключенням лише одного ВП і її використання в управляючих ЕОМ.

Проте останнім часом Івано-Франківський завод випускає дифманометри з струмовим - перетворювачем (0-5 мА).

ДТП працюють з вторинними приладами серії : КВД; КПД; КСД; РП-160 та ін. Сельсінна система - дисканційної передачі (рис.2.і2.) складається з двох аналогічних синхронних електромашин, одна з яких жорстко закріплена з валом машини - сельсін - датчик СД, а друга - сельсін - приймач СП. Статорні однофазні обмотки СД та СП живляться напругою змінного струму і в обох машинах утворюють пульсуючі магнітні потоки з частотою . Трифазні роторні обмотки обох сельсінів з'єднані між собою лініями' зв'язку.

Ротор - сельсін датчика жорстко пов'язаний з обертальним валом машини Моб., а на осі ротора сельсін - приймача закріплена стрілка.

При однакових положеннях роторів СД і СП по відношенню до статорних обмоток ($\alpha_1 = \alpha_2$), в роторних фазних обмотка 1 і 1'; 2 і 2'; 3 і 3' наводяться однакові ЕРС. Різнична ЕРС в, відповідних парах роторних обмоток буде дорівнювати нулю і струми між цими парами теж дорівнюватимуть нулю :

$$i_1 = i_2 = i_3 = 0 \quad ()$$

Якщо ж зміниться положення ротора сельсін - датчика і відхилиться він на кут θ , то в відповідних фазних роторних обмотках СД і СП наведені ЕРС будуть різні, тому що роторні обмотки займають різні положення, відносно статорних обмоток.

При появі різничної ЕРС між відповідними обмотками роторів СД і СП зрівноважуючі струми i_1, i_2, i_3 , що призведе до наведення електромагнітного поля в їх обмотках. В результаті взаємодії електромагнітних полів обмоток ротора і пульсуючого магнітного поля утворюється сила Лоренца, яка дає момент для повороту ротора СП на кут θ . При однаковому положенні роторів СД і СП зникають зрівноважуючі струми і електромагнітні поля роторних обмоток і, ротор СП зупиняється. По стрілці і шкалі проводиться відлік параметра.

Якщо ротор СД повертається зусиллям валу машини $M_{об}$, то ротор СП повертається Сінхронно з ротором СД за рахунок взаємодії магнітних полів.

ОМІЧНІ ПЕРЕДАЧІ в вимірювальній техніці одержали досить широке визнання і розповсюдження. Первинним перетворювачем (датчиком) омічної системи може бути резисторний перетворювач різних конструкцій: змінний резистор, тензоперетворювач, термометр опору та ін.. В залежності від зміни вимірювальної величини змінюється електричний опір резисторного перетворювача, для вимірювання якого використовуються різні вторинні прилади: вольтметри, мілівольтметри, міліамперметри, логометра, автоматичні мости і потенціометри.

ФЕРРОДИНАМІЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ використовуються для перетворення кутових переміщень в уніфікований вихідний електричний сигнал.

ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ СТАНДАРТИЗАЦІЇ

Слід розрізняти стандартизацію *фактичну* і стандартизацію *офіційну* (переважно промислово), яка завжди завершиться випуском стандартів, еталонів або інших нормативне - технічних документів, що мають цілком визначену форму, систему індексації, порядок затвердження і відміни, ступінь обов'язковості, строки дії та ін.

Фактична стандартизація виникла у глибокій давнини, писемність, система лічіння, грошові одиниці, одиниці мір і ваги, літочислення, землеволодіння, архітектурні стилі, різні гіпотези і теорії, громадські та карні кодекси, кодекси законів про працю, міжнародні звичаї та конвенції, взагалі всі закони і моральні норми, правила гуртожитку і багато іншого, все це - прояви фактичної стандартизації.

Остання розвивалася поступово, її успіхи сприяли культурному, науково-технічному прогресу на всіх ступенях цивілізації, причому для стандартизації вища мета ніколи не була достатньо високою.

Нема сфери діяльності людини, якої не торкалася б стандартизація. Стандартизація офіційно починається з 15 вересня 1925 р., коли був утворений Комітет з стандартизації при Раді праці і оборони.

Використовуючи досвід спільної праці метрологів і стандартизаторів та враховуючи, що все технічне законодавство в державі здійснюється через стандарти, а метрологія і стандартизація - складові частини однієї справи, уряд об'єднує державну службу мір і ваги з стандартизацією.

13 серпня 1954 р. було утворено Комітет стандартів, мір і вимірювальних приладів. Подальше посилення ролі стандартизації і метрології в народному господарстві привело до перетворення цього комітету 9 листопада 1970 р. в Державний комітет стандартів Ради Міністрів СРСР (Держстандарт СРСР).

Держстандарт СРСР згідно з директивами уряду керував роботами в галузі стандартизації в межах всієї держави і їх координацією, а також єдністю і точністю вимірювання у всіх галузях науки, техніки і виробництва.

Верховна Рада України постановою від 12 вересня 1991 р. № 1545 - XII "Про порядок тимчасової дії на території України окремих актів законодавства Союзу РСР" повідомила, що залишаються *діяти* вимоги постанов Ради Міністрів СРСР та Української РСР щодо організації робіт в галузі стандартизації, метрології та якості продукції. Крім того, вважати чинними на території України державні стандарти Союзу РСР, галузеві та республіканські стандарти, технічні умови, будівельні норми, правила та інші нормативно-технічні документи.

Визначаючи міжнародний характер стандартизації, метрології та сертифікації і визнаючи їх необхідність для забезпечення сполучення, взаємозамінності продукції, її безпеки для життя і здоров'я людини, охорони навколишнього середовища, а також усвідомлюючи їх важливе значення в усуненні технічних бар'єрів у торгово-економічному і науково-технічному співробітництві, у підвищенні ефективності виробництва в межах всієї держави, 13 березня 1992 р. між державами СНД досягнуто угоди про проведення узгодженої політики в галузі стандартизації, метрології та сертифікації.

Угодою передбачено:

- використання і розвиток основних положень діючих систем стандартизації та метрології;
- визнання діючих стандартів ГОСТ як міждержавних;
- збереження аббревіатури ГОСТ за новими міждержавними стандартами;
- проведення робіт з сертифікації на підставі загальних організаційно-методичних положень;
- визнання існуючих державних еталонів одиниць фізичних величин як міждержавних;
- створення міждержавної ради із стандартизації, метрології та сертифікації.

Міждержавна рада із стандартизації, метрології та сертифікації здійснює координацію і розробляє рішення щодо проведення узгодженої політики в галузі стандартизації, метрології та сертифікації. Вона складається з повноважних представників держав-учасників узгодження від 13 березня 1992 р. Представниками у раді є керівники національних органів стандартизації, метрології та сертифікації, які від імені держав наділяються правом бути членами ради і уповноваженнями, необхідними для виконання функцій, покладених на цю раду.

Робочим органом ради є постійно діючий технічний секретаріат. Місцем його знаходження обрано місто Мінськ. Офіційна мова ради та її робочого органу російська.

Виходячи з наведеного, внесено зміну в найменування комітету: Державний комітет України з стандартизації, метрології та якості продукції (Держстандарт України) переіменовано в Державний комітет України з стандартизації, метрології та сертифікації.

Схему організації робіт з державної стандартизації в Україні наведено на схемі 1. У структурі Держстандарту України налічується 35 центрів стандартизації та метрології , в тому числі : 26 обласних (Український науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації та 9 міських.

Крім того, до Держстандарту України входять декілька науково- дослідних інститутів (Львівський ДНДІ "Система", Харківське науково-виробниче об'єднання "Метрологія" УкрНДПССІ), два навчальні заклади (Вище училище метрології та якості у м. Одесі і Український навчально-науковий центр по стандартизації, метрології та якості продукції у м. Києві - колишній Київський філіал Всесоюзного інституту стандартизації і метрології (ВІСМ), заводи ("Еталон" у містах Києві, Харкові, Донецьку, Умані, Білій Церкві), дослідні заводи ("Прилад" у містах Вінніці та Полтаві) і магазини стандартів.

При розробці нової техніки є природним прагнення до використання сучасних науково-технічних досягнень. Важливе місце серед цих джерел займають вітчизняні та зарубіжні (міжнародні, національні та фірменні) стандарти, альбоми типових конструкцій, нормативно-технічні довідники та конструкторські документи на уніфіковані вузли, деталі, конструктивні елементи і матеріали. Все це - результат спеціалізованої інженерно - технічної діяльності, яка іменується *стандартизацією* і відіграє важливу роль у прискоренні технічного прогресу.

Стандартизація, її сутність та основні напрями. Нині в Україні вживаються прийняті на міжнародному рівні єдині визначення термінів стандартизації як науково-технічної діяльності.

Стандартизація - встановлення та застосування правил з метою впорядкування діяльності у певній галузі на користь і при участі всіх зацікавлених сторін, зокрема, для досягнення загальної оптимальної економії при додержанні умов експлуатації (використання) та вимог безпеки.

Стандартизація базується на досягненнях науки, техніки, передового досвіду і визначає основу не тільки сучасного, але й майбутнього розвитку, вона нерозривно пов'язана з прогресом у суспільному виробництві.

Мета стандартизації - оптимальне впорядкування об'єктів *стандартизації* . Перед *стандартизацією* може стояти одна або декілька конкретних задач, що забезпечують відповідність продукції, процесів або послуг своєму призначенню.

Такими задачами можуть бути перш за все управління різноманітністю систем (уніфікація), застосування, сполучення, взаємозамінність, охорона здоров'я, забезпечення безпеки, охорона оточуючого середовища, захист продукції, досягнення взаєморозуміння, підвищення економічних показників, торгівля.

Головна задача стандартизації - створювати системи нормативно-технічної документації (НТД), що визначають прогресивні вимоги до продукції, яка виготовляється для потреб народного господарства, населення, оборони держави та експорту, до її розробки, вироблення та застосування, а також контроль за достовірністю використання цієї документації.

У систему НТД поряд із стандартами і технічними умовами (ТУ) входять інші документи *стандартизації*, затверджені Держстандартом України, будівельні норми і правила (БНіП), затверджені Мінінвестом України, та деякі інші документи.

Міжнародну організацію з *стандартизації* утворено в 1946 р. , а Міжнародну електротехнічну комісію - у 1906 р. В останні роки вони об'єдналися на паритетних засадах.

Основна мета ІСО/МЕК - забезпечити розвиток стандартизації та суміжних з нею галузей для сприяння міжнародному обміну товарами і послугами, а також розвитку співробітництва в інтелектуальній, науково-технічній та економічній діяльності.

Нині членами ІСО є 91 держава, членами МЕК - 41 з усіх регіонів світу. В організаціях ІСО і МЕК працюють 3240 технічних органів, в тому числі 244 технічних комітета (ТК).

ІСО і МЕК затверджено біля 10000 міжнародних стандартів, приблизно стільки ж знаходиться на різних ступінях підготовки та затвердження.

Система ІСО / МЕК є найбільшою з існуючих міжнародних технічних організацій і поширює свою діяльність на всі галузі економіки і науки - від стандартних форм реєстрації до валютних кодів, від будівництва до дорожно-транспортних засобів.

Стандартизація, метрологія і вимірвальна техніка - три основні ланки, рівень і темпи розвитку яких чинять випереджаючий вплив на якість всієї промислової продукції.

Метрологія (від грецьких метрон - міра і логос - вчення) - це вчення про вимірювання, методи та засоби, за допомогою яких досягається потрібна точність; це -наука з єдиними принципами, методами, засобами.

На сучасному етапі розрізняють *теоретичну метрологію*, яка розглядає загальні теоретичні проблеми вимірювання, *історичну метрологію*, курс якої викладається в історико-архівному інституті, *законодавчу метрологію*, що охоплює комплекси взаємозв'язаних загальних правил, вимог і норм, а також інші питання, які потребують регламентації і контролю з боку держави, *прикладну метрологію*, яка вирішує питання практичного застосування методів і засобів вимірювання.

Вимірвальна техніка - одна з складових частин матеріально-технічної бази забезпечення якості продукції. Вона являє собою сукупність методів і засобів вимірювання, яка дає повну і достовірну інформацію про властивості речовин, матеріалів і виробів, про характеристики технологічних процесів. Базуючись на єдності мір і одноманітності вимірювань, за допомогою вимірвальної техніки можна однозначно визнати рівень якості і технічні можливості підвищення.

Процес вимірювання, в результаті якого одержуть дані про значення фізичних величин, є процесом інформаційним. Характер впливу цієї інформації визначається її точністю і достовірністю.

Основна характеристика одноманітності засобів вимірювання - відповідність їх точності встановленим нормам. Досягнення цього тісно пов'язане з важливою їх властивістю - надійністю.

Відповідність показників встановленим нормам залежить від досконалості методик і періодичності перевірки та випробування засобів вимірювання.

Під *метрологічною надійністю засобів* вимірювання розуміють їх властивість зберігати на заданому рівні свої показники протягом потрібного часу.

До технічних вимірювань, пов'язаних з точністю і взаємозамінністю в машинобудуванні, поки що відносять лише лінійні та кутові вимірювання. Результати вимірювання виражають у прийнятих одиницях.

Одиниці фізичних величин (ГОСТ 8.417-81) визначені Міжнародною системою одиниць (СІ), яка складається з семи основних:

метр - м (довжина), кілограм - кг (маса), секунда - с (час), ампер - А (сила електричного струму), кельвін - К (термодинамічна температура), моль - моль (кількість речовини), кандела - КД (сила світла) та двох додаткових: радіан - рад (плоский кут),стерадіан - ер (тілесний кут). 17 твірних одиниць мають спеціальне призначення.

Кратні одиниці і частки одиниць утворюються шляхом множення їх на число 10 у відповідному ступені.

Вибір десяткової кратної або частки одиниці від одиниць СІ викликано перш за все зручністю застосування. Отже, кратні і частки одиниці вибирають таким чином, щоб числові значення величин знаходились у діапазоні від 0,1 до 1000.

Список використаної літератури

1. Саранча Г.А. Метрологія, стандартизація та управління якістю. К, 1993р.
2. Основи стандартизації / Под ред. В.В. Ткаченко. М., 1986г./
3. Справочник терминологии Государственной системы стандартизации. М.,1989г.

