##### ОСНОВИ ТЕОРІЇ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

**Лабораторна робота №1.**

**Аналіз метрологічних характеристик засобів вимірів. Вивчення законів розподілу похибок засобів вимірювань та статистична обробка результатів вимірювань**

**1.1. Засоби вимірювань**

Метрологія – наука про виміри, методи та засоби забезпечення їх єдності та способи досягнення необхідної точності.

1. Вимірювання – знаходження чисельного значення фізичної величини, що вимірюється, досвідченим шляхом за допомогою засобів вимірювань.

За способом отримання результату, що є метою будь-якого виміру, виміри поділяються на прямі, непрямі сукупні та спільні.

Прямі виміри – це виміри, у яких шукане значення вимірюваної величини перебуває безпосередньо з дослідних даних, т. е. порівнянням її з одиницею фізичної величини чи показаннями вимірювальних приладів, градуйованих у цих одиницях. До прямих відноситься переважна більшість вимірювань, що застосовуються на практиці.

Непрямі виміри – це виміри, у яких шукане значення вимірюваної величини перебуває на підставі відомої залежності між цією величиною і величинами, що піддаються прямим вимірам.

Сукупні виміри – це одночасно виміри кількох однойменних величин, у яких шукане значення вимірюваної величини шляхом розв'язання системи рівнянь, одержуваної при прямих вимірах різних поєднань цих величин.

Сумісні виміри – це одночасні виміри кількох не однойменних величин з метою знаходження залежності між ними.

Вимірювання проводяться різними методами, під якими мається на увазі сукупність прийомів, принципів та засобів вимірювання. У практичній діяльності застосовується безліч різних методів вимірювання з розвитком науки і техніки кількість їх все збільшується. Для прямих вимірів, наприклад, застосовують кілька основних методів:

• метод безпосередньої оцінки, коли значення вимірюваної величини визначається безпосередньо за показаннями вимірювального приладу, наприклад термометра, манометра та ін;

• різницевий або диференціальний метод, коли вимірювана величина визначається шляхом вимірювання різниці між вимірюваною та відомою величинами, наприклад, при порівнянні вимірюваної міри довжини зі зразковою на компараторі;

• нульовий метод, коли вимірювану величину порівнюють із відомою величиною, підбираючи її так, щоб різниця між ними дорівнювала нулю (прикладом може бути зважування на рівноплечих вагах з використанням набору гирь);

• метод збігу, коли використовується збіг позначок шкал або періодичних сигналів, з цього принципу побудований, наприклад, косинус штангенциркуля для вимірювання розмірів деталей.

2. Засоби вимірів - технічні засоби (або їх комплекс), що використовуються при вимірах та мають нормовані метрологічні характеристики. У тому числі і область вимірювань і межі вимірювань, клас точності або межі похибки, що допускається, градуювання, калібрування, поправки.

За характером участі у процесі вимірювання та конструктивного виконання засобу вимірювання можна розділити на: заходи, вимірювальні перетворювачі, вимірювальні прилади, вимірювальні установки, вимірювальні системи.

Мірами називаються засоби вимірювань, призначені для відтворення та (або) зберігання певної фізичної величини заданого значення розміру. Прикладом їх є гирі для вимірювання маси, плоскопаралельні кінцеві заходи (плитки), мірні кружки та ін. Сюди ж відносяться калібри, шаблони та подібні до них безшкальні вимірювальні інструменти.

Розрізняють заходи: однозначні (гиря 1 кг, калібр, конденсатор постійної ємності; багатозначні (масштабна лінійка, конденсатор змінної ємності, мірна кружка з кількома відмітками тощо); набори мір (набір ваг, набір калібрів). Порівняння з за допомогою спеціальних технічних засобів - компараторів (ваги важеля, вимірювальний міст і т.д.)

Вимірювальні перетворювачі (ВП) - ЗВ, що служать для перетворення вимірюваної величини в іншу величину або сигнал вимірювальної інформації, зручний для обробки, зберігання, подальших перетворень.

Вимірювальними приладами є засоби вимірювання, призначені для вироблення сигналів вимірювальної інформації у формі доступної для безпосереднього сприйняття спостерігачем.

Їх можна розділити на такі основні групи: прилади, що показують, що відраховують показання за шкалою в цифровій системі; реєструючі прилади, що записують показання або друкують їх у цифровій формі; самописні прилади, що записують показання у вигляді діаграм; аналогові прилади, що вимірюють безперервні функції; регулюючі вимірювальні прилади, що застосовуються у пристроях автоматики; прилади порівняння, що дозволяють порівнювати вимірювану величину з певною мірою; інтегруючі прилади, що підсумовують вимірювання (лічильники електричної енергії, водоміри та ін.).

Вимірювальна установка (ВУ) – сукупність функціонально об'єднаних заходів, вимірювальних приладів, вимірювальних перетворювачів та інших пристроїв, призначених для вимірювання однієї або кількох фізичних величин та розташованих в одному місці. Вимірювальну установку, призначену для випробувань будь-яких виробів, іноді називають випробувальним стендом.

Вимірювальна система (ВС) – сукупність функціонально об'єднаних заходів, вимірювальних приладів, вимірювальних перетворювачів, ЕОМ та інших технічних засобів, розміщених у різних точках контрольованого простору з метою вимірювання однієї або кількох фізичних величин, властивих цьому простору. Прикладом може бути радіонавігаційна система визначення місцезнаходження судів, що з низки вимірювальних комплексів, рознесених у просторі значну відстань друг від друга. До сучасних ЗС належать автоматизовані вимірювальні системи (АВС), інформаційно-вимірювальні системи (ІВС), вимірювально-обчислювальні комплекси (ВОК).

Засоби вимірювань можна класифікувати за основними видами вимірювань, до яких відносяться, наприклад, лінійні, кутові, просторові вимірювання маси, об'єму, щільності, сили, швидкості, прискорення, часу, теплотехнічні, електричні, магнітні, радіотехнічні, акустичні, оптичні випромінювань, що іонізують, визначення складу та фізико-механічних властивостей матеріалів.

За роллю та метрологічним призначенням всі ЗВ поділяються на два види: зразкові засоби вимірювань (ЗЗВ), або еталони, та робочі засоби вимірювань (РЗВ).

При цьому зразкові мають підвищену точність і призначені для відтворення та зберігання одиниць вимірювань або для перевірки та градуювання інших вимірювальних засобів, що мають меншу точність, а робітники використовуються для практичних вимірювань.

Робочі ЗВ (РЗВ) призначені щодо технічних вимірів. За умовами застосування вони можуть бути: 1) лабораторними, які використовуються при наукових дослідженнях, проектуванні технічних пристроїв, медичних вимірах; 2) виробничими, які використовуються контролю характеристик технологічних процесів, контролю якості готової продукції , відпустки товарів; 3) польовими, що використовуються безпосередньо при експлуатації таких технічних пристроїв, як літаки, автомобілі, річкові та морські судна та ін.

Зразкові ЗВ (ЗЗВ) розрізняють за ступенем зменшення точності: на зразки, зразкові заходи та вимірювальні прилади обмеженої точності. Вищою ланкою в метрологічної ланцюга передачі розмірів одиниць вимірів є зразки, які є відтворення і зберігання одиниць вимірів відповідно до їх визначенням.

Еталони можна поділити на три основні види: первинні, вторинні та робочі. Первинні зразки мають найвищу точність, досяжну при цьому стані вимірювальної техніки, і є матеріальною основою всієї державної системи забезпечення єдності вимірів.

Під точністю вимірювального засобу розуміється ступінь достовірності результату вимірювань: вона характеризується допустимою похибкою вимірювання у відсотках, яка встановлена для вимірювального засобу.

Вимірювальні прилади розрізняються за класами точності, які вибирають із низки цифр 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 4,0; 5,0, що означає допустиму похибку вимірювання у відсотках.

Позначення класу точності засобами вимірів. На циферблати, щитки, корпуси засобів вимірювань наносяться умовні позначення класу точності, що включають числа, великі літери латинського алфавіту або римські цифри з додаванням знаків, зазначених у табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Приклади позначення класу точності засобів вимірів.

|  |  |
| --- | --- |
| Позначення класу точності | |
| В документації | На засобі вимірювань |
| Клас точності 1,5 | 1,5 |
| Клас точності 0,5 | 0,5 |
|  |  |
| Клас точності 0,5 | 0,5 |
| Клас точності 0,02/0,01 | 0,02/0,01 |
| Клас точності М | М |
| Клас точності С | С |

Для засобів вимірювань з суттєво нерівномірною шкалою додатково можуть бути зазначені межі основної відносної похибки, що допускається, для частини шкали, що лежить в межах, відзначених спеціальними знаками (наприклад, точками або трикутниками). До значення межі допускається відносної похибки додається знак %, і всі позначення поміщаються в гурток, наприклад, 10%. Цей знак не є позначенням класу точності. На високоточні заходи або засоби вимірювань, а також засоби вимірювань, для яких встановлені особливі зовнішні ознаки, що залежать від класу точності, наприклад на гирі шестигранної або паралелепіпедної форми, клас точності може бути не нанесений.

**1.2. Метрологічні характеристики засобів вимірювань**

Під засобом вимірювань розуміється технічний пристрій (або їх комплекс), призначений для вимірювань, що має нормовані метрологічні характеристики, що відтворюють та (або) зберігають одиницю фізичної величини, розмір якої приймається незмінним (у межах встановленої похибки) протягом відомого інтервалу часу.

Засоби вимірювань можна класифікувати за такими основними ознаками: типу, виду та метрологічним призначенням.

Тип - це сукупність засобів вимірювань, що мають принципову однакову схему, конструкцію та виготовляються за одним і тим же технічним умовам.

Вид – це сукупність типів засобів вимірів, призначених для вимірів будь-якої фізичної величини.

Засоби вимірів поділяються:

за метрологічним призначенням

– на робочі засоби вимірів, призначені для вимірів фізичних величин;

– метрологічні засоби вимірів, призначені для забезпечення єдності вимірів;

з конструктивного виконання

-вимірювальні прилади;

- вимірювальні установки;

- вимірювальні системи;

- вимірювальні комплекси; за рівнем автоматизації

- неавтоматизовані;

– автоматизовані;

- автоматичні;

за рівнем стандартизації:

- стандартизовані;

- нестандартизовані;

по відношенню до вимірюваної фізичної величини:

- основні;

- допоміжні.

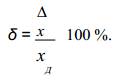
Внаслідок впливу великої кількості випадкових та детермінованих факторів, що виникають у процесі виготовлення, зберігання та експлуатації вимірювальних засобів, номінальні значення заходів та показання вимірювальних приладів відрізняються від справжніх значень вимірюваних величин. Ці відхилення характеризують похибки вимірювальних засобів.

Під абсолютною похибкою (∆х) міри розуміється різниця алгебри між її номінальним (хн) і дійсним (хд) значеннями.

Під абсолютною похибкою (∆х) вимірювального приладу розуміється різниця алгебри між показанням (хп) приладу і дійсним значенням (хД) вимірюваної величини.

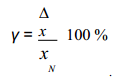
Похибка міри визначається за формулою ∆х = хн – хд, а похибка вимірювального приладу – з аналогічного виразу ∆х = хп – хд.

Ступені точності засобів вимірів характеризує відносна похибка, тобто. виражене у відсотках відношення абсолютної похибки до дійсного значення вимірюваної чи відтворюваної цим засобом вимірювань величини:



У цю формулу замість ХД можна підставити номінальне значення міри або показання вимірювального приладу.

Якщо діапазон вимірювання приладу включає і нульове значення вимірюваної величини, відносна похибка звертається в нескінченність в нульовій точці шкали. У цьому випадку користуються поняттям наведеної похибки, що дорівнює відношенню абсолютної похибки вимірювання вимірювального приладу до деякого значення хn:



У цю формулу замість ХД можна підставити номінальне значення міри або показання вимірювального приладу.

Якщо діапазон вимірювання приладу включає і нульове значення вимірюваної величини, відносна похибка звертається в нескінченність в нульовій точці шкали. У цьому випадку користуються поняттям наведеної похибки, що дорівнює нормуючого значення застосовується значення, характерне для даного виду вимірювального приладу. Це може бути, наприклад, діапазон або верхня межа вимірів, довжина шкали тощо.

Важливою характеристикою вимірювального пристрою є поріг реагування (чутливості). Під порогом реагування розуміється зміна вимірюваної величини, що викликає найменшу зміну показань вимірювального приладу, яка ще може бути виявлено спостерігачем при нормальному для даного приладу способу відліку показань.

При вимірі змінних у часі величин велике значення набуває аналіз динамічних похибок, які спотворюють частотний спектр функції, що вимірюється.

а) Метрологічні показники засобів вимірів.

При виборі засобів вимірювань залежно від заданої точності виготовлення деталей необхідно враховувати їх метрологічні показники. До них відносяться:

довжина поділу шкали – відстань між серединами двох сусідніх позначок (штрихів, крапок тощо) шкали.

Ціна поділу шкали – різниця значень величин, що відповідають двом сусіднім позначкам шкали (у мікрометра вона дорівнює 0,01 мм).

Градуювальна характеристика – залежність між значеннями величин на виході та вході засобу виміру.

Діапазон показань – область значень шкали, обмежена кінцевим та початковим значеннями шкали, тобто найбільшим та найменшим значеннями вимірюваної величини.

Діапазон вимірювань – область значень вимірюваної величини, у межах якої нормовані межі похибки засобу вимірювання, що допускаються.

Чутливість приладу – відношення зміни сигналу на виході вимірювального приладу до зміни величини, що вимірюється (сигналу) на вході. Так, якщо зміна вимірюваної величини склала відношення абсолютної похибки вимірювання вимірювального приладу до деякого значення хn::  що викликало переміщення стрілки показуючого пристрою на  то абсолютна чутливість приладу становить:

Варіація (нестабільність) показань приладу – різниця алгебри між найбільшим і найменшим результатами вимірювань при багаторазовому вимірі однієї і тієї ж величини в незмінних умовах.

Стабільність засобу вимірів – властивість, що виражає незмінність у часі його метрологічних показників (показань).

б) Метрологічні характеристики засобів вимірів

Усі засоби вимірів незалежно від виконання мають ряд загальних властивостей, необхідні виконання ними функціонального призначення. Технічні характеристики, що описують ці властивості та впливають на результати та похибки вимірювань, називаються метрологічними характеристиками засобів вимірювань.

Залежно від специфіки та призначення засобів вимірювання нормуються різні набори або комплекси метрологічних характеристик, які повинні бути достатні для обліку властивостей засобів вимірювання при оцінці похибки вимірювань.

Набір метрологічних характеристик, що входять у встановлений комплекс, вибирають таким чином, щоб забезпечити їх контроль при прийнятних витратах. В експлуатаційній документації коштом вимірювань вказують методи розрахунку інструментальної складової похибки вимірювань при використанні засобів вимірювання даного типу в реальних умовах застосування.

Передбачено таку номенклатуру метрологічних характеристик:

1) Характеристики, призначені визначення результатів вимірів (без запровадження поправок):

- Функція перетворення вимірювального перетворювача - f (х);

– значення однозначної чи багатозначної міри – у;

– ціна поділу шкали вимірювального приладу чи багатозначного заходу;

– вид вхідного коду, число розрядів коду, вартість одиниці найменшого розряду засобів вимірювань, призначених для видачі результатів у цифровому коді.

2) Характеристики похибок засобів вимірювань, які включають: значення похибки, її систематичні та випадкові складові, похибки випадкової складової сл H від гістерези – варіація Н вихідного сигналу (показання).

Для систематичної складової похибки засобів вимірювань вибирають характеристики з таких як:

- Значення систематичної складової;

– значення систематичної складової, математичне очікування М [Δсист] та середнє квадратичне відхилення σ[Δсист] систематичної складової Δd = 0,01 мм, що викликало переміщення та середнє квадратичне відхилення σ[Δсист] та середнє квадратичне відхилення σ[Δсист] систематичної складовоїΔd 0,01 мм, що викликало переміщення системи систематичної складової похибки.

Для випадкової складової Δd = 0,01 мм, що викликало переміщення похибки, вибирають наступні характеристики:

– середнє квадратичне відхилення σ[Δсист] та середнє квадратичне відхилення σ[Δсист] систематичної складової Δd = 0,01 мм, що викликало переміщення cлл] випадкової складової похибки;

– середнє квадратичне відхилення випадкової складової похибки та нормалізована автокореляційна функція rΔсл(τ) або функція спектральноїΔd = 0,01 мм, що викликало переміщення сл(τ) або функція спектральної) або функція спектральної щільності SΔd = 0,01 мм, що викликало переміщення cлл(ω) випадкової складової похибки. похибки.

У нормативно-технічній документації коштом вимірювань конкретних видів чи типів допускається нормувати функції чи щільності розподілу ймовірностей систематичної і випадкової складової похибки.

3) Характеристики чутливості засобів вимірювань до впливових величин.

Вони вибираються з наступних:

– функція впливу ψ(ζ);

– зміни ε(ζ) значень метрологічних характеристик засобу вимірювань, викликані зміною величин ζ, що впливають, у встановлених межах.

4) Динамічні характеристики, що відображають інерційні властивості засобу вимірювань при впливі на нього мінливих у часі величин – параметрів вхідного сигналу, зовнішніх величин, що впливають, навантаження.

За рівнем повноти опису інерційних властивостей засобів вимірювань динамічні характеристики поділяються на повні та приватні.

До повних динамічних характеристик належать:

- Диференціальне рівняння, що описує роботу засобу вимірювань;

- Передатна функція;

- Перехідна характеристика;

- Імпульсна перехідна характеристика;

- Амплітудно-фазова характеристика;

- Амплітудно-частотна характеристика для мінімально-фазових засобів вимірювань;

– сукупність амплітудно-фазових та фазочастотних характеристик.

Частотними динамічними характеристиками можуть бути окремі параметри повних динамічних характеристик або характеристики, що не відображають повністю динамічних властивостей засобів вимірювань, але необхідні для виконання вимірювань з необхідною точністю (наприклад, час реакції, коефіцієнт демпфування, значення власної резонансної кругової частоти, значення амплітудно-частотної характеристики на резонансної частоти.

Способи нормування розглянутих вище метрологічних характеристик.

в) Класи точності засобів вимірів

Врахування всіх нормованих метрологічних характеристик засобів вимірювань є складною та трудомісткою процедурою. Для засобів вимірювань, що використовуються у повсякденній практиці, прийнято поділ на класи точності, які дають їхню узагальнену метрологічну характеристику.

Вимоги до метрологічних характеристик встановлюються у стандартах коштом вимірювань конкретного типу.

Класи точності присвоюються засобам вимірів з урахуванням результатів державних приймальних випробувань.

Залежно від цього, яка з похибок нормується, класи точності та його позначення різні. Якщо нормується межа абсолютної похибки, то клас точності позначається римськими цифрами чи великими літерами латинського алфавіту (наприклад, М, З т.д.). Якщо нормується межа відносної похибки, то класи точності позначаються арабськими цифрами, які обираються з ряду: 1×10n; 1,5×10n; 2×10n; 2,5×10n тощо; n = 1; 0; -1; -2; …

Позначення класів точності наносяться на циферблати, щитки та корпуси засобів вимірювань, що наводяться в нормативно-технічній документації. Позначення класів точності може супроводжуватись додатковими умовними знаками:

- 0,5; 1,6; 2,5 і т.д. – для приладів, наведена похибка яких визначається згідно (2.1.1.2) та становить 0,5; 1,6; 2,5 % від нормуючого значення хN (Δd = 0,01 мм, що спричинило переміщення – межі допустимої абсолютної похибки). При цьому хN приймається рівним більшому з модулів меж вимірювань, якщо нульове значення вхідного (вихідного) сигналу знаходиться на краю або поза діапазоном вимірювань;

0,5

– – те саме, що й у попередньому випадку, але за xN , що дорівнює довжині шкали або її частини;

- 0,1; 0,4; 1,0 і т.д. – для приладів, які мають відносну похибку становить 0,1; 0,4; 1,0 % безпосередньо від отриманого значення вимірюваної величини;

– 0,02 / 0,01 – для приладів, у яких вимірювана величина не може відрізнятися від значення x, показаного покажчиком, більше, ніж на

δ = C + d ( x / x −1) %,

де С і d – чисельник та знаменник відповідно у позначенні класу точності; хk - більший (за модулем) з меж вимірювань приладу.

**1.3. Оцінку і врахування похибок**

*Похибкою виміру називається відхилення результату виміру від справжнього значення вимірюваної величини.*

*Похибки виміру залежно від характеру причин, що викликають їхню появу, поділяються на систематичні та випадкові.*

*Внаслідок неминучої наявності у всякому вимірі випадкових похибок справжнє значення вимірюваної величини залишається невідомим і замість нього приймається деяке середнє арифметичне значення, яке за великої кількості вимірювань є найкращим наближенням до справжнього значення*

https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image004.gif https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image006.gif .

У математичній статистиці та теорії ймовірностей середнє значення випадкової величини при необмежено великому числі окремих спостережень називається математичним очікуванням.

Мірою розсіювання https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image008.gif в околиці середнього https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image010.gif є дисперсія https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image012.gif, рівна за визначенням

https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image014.gif .

Зазвичай вказується квадратний корінь із дисперсії; ця величина називається середньоквадратичним відхиленням https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image016.gif

https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image018.gif .

Вибірки https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image020.gif (i= 1,n) , отримані в окремих вимірах, можна подати на діаграмі у вигляді стовпців.

Щоб побудувати таку діаграму, слід розбити діапазон всіх можливих значень https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image021.gif https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image023.gif,, що включає всі вибірки https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image024.gif, отримані у вимірах, на невеликі інтервали ширини**https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image026.gif**, а потім відкласти кількість вибірок**https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image028.gif**, що потрапили в ці невеликі інтервалиhttps://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image030.gif, як функцію відhttps://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image031.gif. Зазвичай величина інтервалів вибирається за правилом

якщо n>25, то https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image033.gif ;

якщо n < 25, то https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image035.gif .

Двічі нормалізована по осі ординат діаграма носить назву густини розподілу ймовірностей f(x):

**https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image067.gif .**

Якщо похибки, які у результатах вимірів, обумовлені великою кількістю незалежних подій, всі вони розподілені за цілком певним імовірнісним законом. Доказ цього міститься у центральній граничній теоремі теорії ймовірностей.

Випадкова похибка буде повністю описана з імовірнісного погляду, якщо відомий розподіл ймовірностей, тобто. відома можливість появи тих чи інших значень випадкової величини. Для більшості вимірів має місце нормальний розподіл випадкових помилок (розподіл Гауса).

Похибки таких засобів вимірювань, як автоматичні потенціометри, мости, аналогові стрілочні прилади – мілівольтметри, логометри, а також цифрові прилади, розподілені за рівномірним законом розподілу.

Для отримання повного уявлення про точність та надійність оцінки випадкового відхилення результату спостереження повинні бути зазначені довірчий інтервал та довірча ймовірність. Довірчим інтервалом називається інтервал, який із заданою довірчою ймовірністю потрапляють значення випадкової величини (похибки). Довірчий інтервал виражається у вигляді:

https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image069.gif ,

де https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image071.gif- середнє квадратичне відхилення результату спостереження;

*- квантильний множник, значення залежить від обраного закону розподілу випадкової похибки.

Так для рівномірного закону розподілу https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image075.gif і залежить від довірчої ймовірності. Для нормального закону розподілу https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image077.gif залежить від значення довірчої ймовірності (Р) та кількості вибіркових значень (n).

Для оцінки середнього арифметичного значення https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image080.gif, що приймається як остаточний результат вимірювання, вказується довірчий інтервал при вибраній довірчій ймовірності в наступному вигляді:

https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image082.gif,

де *- квантильний множник, значення залежить від обраного закону розподілу випадкової похибки.

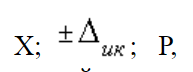
https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image086.gif- середнє квадратичне відхилення результату виміру.

Відповідно до теорії похибок оцінка середнього квадратичного відхилення результату вимірювання в https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image088.gifраз менше оцінки середнього квадратичного відхилення результату спостереження https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image090.gif

https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image092.gif .

**1.4. Форми представлення результатів вимірювань**

Результат виміру – це значення величини, знайдене шляхом виміру. Подаючи результат виміру, завжди необхідно вказати похибку (точність), з якою він виконаний. Високі точності відповідають малі значення похибок, і в цьому полягає якісне поняття точності. Для кількісної оцінки точності застосовують низку критеріїв. Найчастіше застосовується така оцінка точності - точність вимірів визначається інтервалом, у якому із встановленою ймовірністю перебуває сумарна похибка вимірів. При цьому прийнята форма подання результатів вимірювання, подана виразом:



де Х – результат вимірів в одиницях вимірюваної величини;

https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image095.gif - довірчий інтервал, виражений межами сумарної абсолютної похибки в одиницях вимірюваної величини;

Р – довірча ймовірність.

При оформленні результатів вимірювань необхідно дотримуватись таких правил:

- значення похибки https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image097.gif вказується двома значущими цифрами, якщо її перша цифра дорівнює 1 або 2, і однією цифрою - якщо перша цифра дорівнює 3 і більше; причому значення https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image098.gif округляється за правилами арифметики;

- результат виміру Х округляється (за правилами арифметики) до того ж десяткового знака, що й похибка https://libr.aues.kz/facultet/tef/kaf_ik/20/umm/ik_40(1).files/image099.gif;

- Округлення виробляють тільки в остаточній відповіді, попередні обчислення можна робити з одним - двома зайвими знаками.

**1.5. Виконання роботи**

1. Сформувати вибірку з Nв значень вимірюваної величини, яка є постійною на інтервалі спостереження та містить постійну складову та випадкову складову похибки вимірювань (табл. 1.2).

Таблиця 1.2. Початкові дані індивідуальних завдань на лабораторну роботу

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер варіанту | Кількість елементів у виборці експеримен­тальних даних | Значення вимірюваної величини, В | Система­тична складова похибки | Закон розподілу випадкової складової похибки | Математичне очікування для закону розподілу | Середньо­квадратичне значення для закону розподілу |
| 1 | 200 | 1,8 | 0,1 | нормальний | 0,006 | 0,02 |
| 2 | 230 | 2,0 | 0,15 | рівномірний | 0,008 | 0,05 |
| 3 | 250 | 2,6 | 0,18 | нормальний | 0,010 | 0,06 |
| 4 | 280 | 3,0 | 0,2 | рівномірний | 0,006 | 0,07 |
| 5 | 300 | 3,7 | 0,26 | нормальний | 0,008 | 0,02 |
| 6 | 320 | 1,8 | 0,13 | рівномірний | 0,010 | 0,05 |
| 7 | 350 | 2,0 | 0,1 | нормальний | 0,006 | 0,06 |
| 8 | 370 | 2,6 | 0,15 | рівномірний | 0,008 | 0,07 |
| 9 | 400 | 3,0 | 0,18 | нормальний | 0,010 | 0,02 |
| 10 | 500 | 3,7 | 0,2 | рівномірний | 0,006 | 0,05 |
| 11 | 200 | 1,8 | 0,26 | нормальний | 0,008 | 0,06 |
| 12 | 230 | 2,0 | 0,13 | рівномірний | 0,010 | 0,07 |
| 13 | 250 | 2,6 | 0,1 | нормальний | 0,006 | 0,02 |
| 14 | 280 | 3,0 | 0,15 | рівномірний | 0,008 | 0,05 |
| 15 | 300 | 3,7 | 0,18 | нормальний | 0,010 | 0,06 |
| 16 | 320 | 1,8 | 0,2 | рівномірний | 0,006 | 0,07 |
| 17 | 350 | 2,0 | 0,26 | нормальний | 0,008 | 0,02 |
| 18 | 370 | 2,6 | 0,13 | рівномірний | 0,010 | 0,05 |
| 19 | 400 | 3,0 | 0,1 | нормальний | 0,006 | 0,06 |
| 20 | 500 | 3,7 | 0,15 | рівномірний | 0,008 | 0,07 |
| 21 | 200 | 1,8 | 0,18 | нормальний | 0,010 | 0,02 |
| 22 | 230 | 2,0 | 0,2 | рівномірний | 0,006 | 0,05 |
| 23 | 250 | 2,6 | 0,26 | нормальний | 0,008 | 0,06 |
| 24 | 280 | 3,0 | 0,13 | рівномірний | 0,010 | 0,07 |
| 25 | 300 | 3,7 | 0,1 | нормальний | 0,006 | 0,02 |
| 26 | 320 | 1,8 | 0,15 | рівномірний | 0,008 | 0,05 |
| 27 | 350 | 2,0 | 0,18 | нормальний | 0,010 | 0,06 |
| 28 | 370 | 2,6 | 0,2 | рівномірний | 0,006 | 0,07 |
| 29 | 400 | 3,0 | 0,26 | нормальний | 0,008 | 0,02 |
| 30 | 500 | 3,7 | 0,13 | рівномірний | 0,010 | 0,05 |

2. Для сформованої вибірки експериментальних даних оцінити систематичну та виипадкову похибку. Для випадкової похибки розрахувати дисперсію та середньоквадратичне значення, асиметрію та ексцес.

3. Порівняти отримані результати з чисельними характеристиками закону розподілу випадкової величини, що була використана для моделювання впливу похибок на результати вимірювань.

4. Побудувати гістограму для обчислених значень випадкової похибки, порівняти її з законом розподілу випадкової величини, що була використана для моделювання.

5. Зробити висновки з лабораторної роботи.

**1.6. Зміст звіту**

- структурна схема проведених досліджень;

- характеристики генераторів випадкових величин;

- отриману вибірку Nв значень вимірюваної величини;

- розрахунки математичного очікування, дисперсії та середньоквадратичного значення результатів вимірювань;

- оцінку систематичної та випадкової похибок засобу вимірювання;

- графік діаграми розподілу вимірюваної величини та висновок про отриманий вид закону розподілу випадкової похибки;

- подання результату вимірювання згідно наведених правил та оформленого за правилами округлення;

- висновки по роботі.

##### 1.7. Контрольні питання:

1. Що вивчає метрологія.

2. Дайте визначення вимірювання.

3. На які види класифікуються виміри?

4. Які методи вимірів Ви знаєте.

5. Засоби вимірів та їх види.

6. Що розуміють під точністю вимірювального приладу? Як позначається клас точності коштами вимірів.

7. Які характеристики засобів вимірів (ЗВ) називають метрологічними?

8. На які групи поділяються метрологічні показники ЗВ.

9. Як розумієте термін «функція перетворення».

10. Що таке чутливість, поріг чутливості ЗВ.

11. Що є діапазон вимірювань, діапазон показань.

12. У яких одиницях вимірюється абсолютна, відносна та наведена похибка ЗВ.

13. Межі яких похибок можуть унормуватися при встановленні класу точності ЗВ.

14. Чому дорівнює нормуюче значення щодо наведеної похибки ЗВ.

15. Як позначається клас точності в нормативній документації та засобах вимірювання.

16. З якого ряду чисел вибирають значення меж похибок, що допускаються ЗВ?

17. Які умовні позначення наносяться на електровимірювальні прилади.