

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія природничих дисциплін

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни «Метрологія та стандартизація»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
Аеронавігація

за темою - Поняття про похибки вимірів

Вінниця 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою Кременчуцького
льотного коледжу Харківського
національного університету
внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії природничих дисциплін, протокол від
28.08.2023 № 1

Розробник: викладач циклової комісії природничих дисциплін, спеціаліст вищої
категорії, викладач-методист Грибанова С.А.

Рецензенти:

1. Завідувач відділення фахової підготовки навчального відділу КЛК ХНУВС,
старший викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної
техніки КЛК ХНУВС, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист
Владов С.І
2. Доцент кафедри автомобілів і тракторів Кременчуцького національного
університету імені Михайла Остроградського, к.т.н., доцент Черниш А.А

План лекції

1. Класифікація та оцінка похибок вимірів. Державна повірочна схема. Відомча повірочна схема. Локальна повірочна схема.

Рекомендована література:

Основна

1. Бичківський Р.В., Столярчук П.Г., Гамула П.Р. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація: Підруч. — Львів: Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2004. — 500 с.
2. Кириченко Л. С, Мережко Н. В. Основи стандартизації, метрології та управління якістю: Навч. посіб. — К.: КНТЕУ, 2001. — 446 с.
3. Нефедов В.І. Метрологія та радіовиміри. Підручник, Київ: НАУ, 2004

Додаткова

4. Тарасова В.В. Метрологія, стандартизація і сертифікація, Підручник, Київ, 2006 р.
5. Про стандартизацію: Закон України//Урядовий кур'єр. — 20.06.2001 р.

Текст лекції

1. Класифікація та оцінка похибок вимірів. Державна повірочна схема. Відомча повірочна схема. Локальна повірочна схема.

Похибки вимірювань розрізняють за такими ознаками: за джерелом виникнення; за закономірністю або характером змінювання (в часі або за ансамблем); за формою або способом відображення кількісних характеристик похибки вимірювань .

Цілком природно виділити складові похибки та їх джерела відповідно до основних структурних елементів процесу вимірювання. Виходячи з цього, як джерела похибок вимірювань, слід розглядати метод вимірювання і засіб ЗВТ, а також оператора (суб'єкта). Згідно з цим виділяють методичну, інструментальну та суб'єктивну складові похибки вимірювань.

Методична складова похибки вимірювання у загальному випадку зумовлена недосконалістю методу вимірювання, вона не залежить від властивостей ЗВТ.

Конкретизуємо джерела методичних похибок для прямих і непрямих (опосередкованих, сукупних і сумісних) вимірювань.

До найбільш поширених методичних похибок прямих вимірювань належать:

1. Похибка, обумовлена неадекватністю фізичної моделі об'єкта вимірювання (ОВ) реальному об'єкту та задачі вимірювання. Експериментатор мусить чітко відрізнити фактично вимірювану величину за прийнятою фізичною моделлю ОВ від тієї ФВ, що реально відтворює досліджувану властивість ОВ і підлягає вимірюванню.

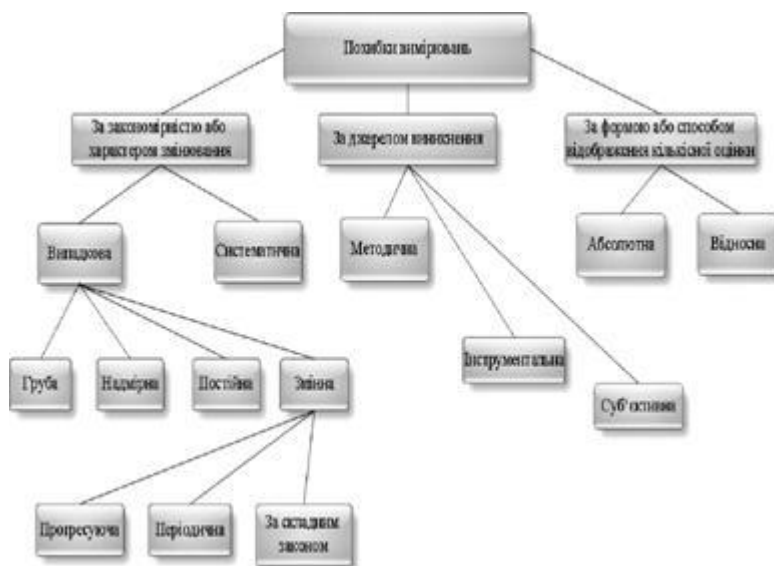


Рис. Класифікація похибок вимірювань за джерелом виникнення

Наприклад, при вимірюванні на виході будь-якого ОВ змінної напруги її форма прийнята синусоїдною, у той час як реальний сигнал не є синусоїдним і містить вищі гармоніки. Тому якщо відповідно до прийнятої фізичної моделі ОВ для вимірювання амплітуди або змінної напруги на виході ОВ використати вольтметр, призначений для вимірювання синусоїдної напруги, то в результат вимірювання буде внесена методична похибка, обумовлена дією вищих гармонік, наявних у реальному сигналі ОВ.

Невідповідність прийнятої фізичної моделі ОВ, що називають пороговою невідповідністю, викликає одну з принципово неусувних складових методичної похибки, яка обмежує досягнути точність вимірювання. Це спричиняється тим, що фізична модель ОВ визначає вимірювану величину, а звідси - вибір методу вимірювання і ЗВТ.

2. Похибка, яка зумовлена зміною залежності між вимірюваною і проміжною величинами, якщо при вимірюваннях використовується проміжне перетворення ЗВТ.

3. Похибка передавання розміру вимірюваної величини від ОВ до ЗВТ, тобто фізичне з'єднання ЗВТ з ОВ, не завжди здійснюється так, щоб розмір вимірюваної величини був однаковий на виході ОВ і на вході ЗВТ. Наприклад, таку похибку можуть вносити з'єднувальні проводи між ОВ і ЗВТ.

До характерних методичних похибок, які є специфічними для непрямих вимірювань, належать:

1. Похибка обчислювань, у тому числі похибка алгоритмів або програм обчислювань.

2. Похибка, обумовлена тим, що функції (функціонали) обчислюються, як безперервні, а реально вони є дискретними (вимірювання здійснюються при дискретних значеннях ФВ-аргумента).

Відмітною особливістю методичних похибок вимірювань є те, що вони, як правило, неконкретні, і тому не можна одержати будь-яких узагальнених

кількісних оцінок. Враховуючи це, методичні похибки звичайно не нормуються і не вказуються в технічній документації, а повинні оцінюватися експериментатором при реалізації вибраного методу вимірювань з урахуванням конкретних умов експлуатації ЗВТ. Така оцінка досить складна і часто потребує ґрунтового експериментального дослідження прийнятого методу вимірювань. Якщо метод апробований протягом тривалого часу, то його похибки можуть бути встановлені і записані в паспорт методу. Складання подібних атестаційних паспортів похибок стандартних методів вимірювань є одним із важливих завдань сучасної метрології.

Інструментальна (приладова, апаратурна) складова похибки вимірювання обумовлена властивостями (або недосконалістю) ЗВТ, які використовуються при вимірюванні, що призводить до різних складових похибки.

Суб'єктивна (або особиста) складова похибки вимірювання залежить від індивідуальних властивостей експериментатора (суб'єкта), що виконує вимірювання, а точніше, від його психофізіологічних якостей, зокрема, від недосконалості органів чуттів, які беруть участь у визначенні результату вимірювання (зору, слуху, швидкості реакції на сигнал), від здатності до концентрації уваги, від ступеня стомленості і т. ін. Велику роль відіграє кваліфікація експериментатора.

Суб'єктивна похибка вимірювання характерна тільки для аналогових вимірювальних приладів. Вона має два різновиди.

Першим різновидом суб'єктивної похибки вимірювань є похибка відліку, яка обумовлена округленням показників під час їх відліку оператором зі шкали аналогового вимірювального приладу. Вона проявляється в тому, що однаковий показник приладу, який, наприклад, дорівнює 84,3 поділки, один оператор зчитує правильно, другий - як 84,0, третій - як 84,5 і т. д.

Другим різновидом суб'єктивної похибки вимірювань є похибка паралакса, обумовлена взаємним розташуванням ока експериментатора, стрілки вказівника і шкали аналогового вимірювального приладу.

Очевидно, такі похибки не можуть бути заздалегідь передбачені і вказані в технічній документації аналогових вимірювальних приладів. У цифрових вимірювальних приладах операція округлення виконується автоматично, а похибка округлення, що виникає при цьому, називається похибкою квантування, вона нормується і вказується в технічному описі приладу.

Зменшення або виключення суб'єктивної складової похибки вимірювання досягають застосуванням спеціальних типів шкал, наприклад дзеркальних, використанням цифрового відліку й автоматизацією одержання результату вимірювання.

Таким чином, суб'єктивні похибки вимірювань поки що не можуть бути оцінені кількісно, а тому вони не входять у математичну модель повної похибки вимірювань. Їх треба зменшувати або виключити, але про них слід завжди пам'ятати під час відліку оператором показників зі шкали аналогового вимірювального приладу.

Всі засоби вимірювальної техніки, незалежно від їх конкретного виконання, мають ряд загальних властивостей, необхідних для виконання ними їх функціонального призначення.

Технічні характеристики, що описують ці властивості і впливають на результати і на похибки вимірювань, називаються метрологічними характеристиками. Комплекс нормованих метрологічних характеристик встановлюється таким чином, щоб з їх допомогою можна було оцінити похибку вимірювань, що здійснюються в відомих робочих умовах експлуатації за допомогою окремих засобів вимірювальної техніки або сукупності засобів вимірювань, наприклад автоматичних вимірювальних систем.

Однією з основних метрологічних характеристик вимірювальних перетворювачів є статична характеристика перетворення (інакше звана функцією перетворення, або градієнтовочної характеристикою).

Вона встановлює залежність $y = f(x)$ інформативного параметра y вихідного сигналу вимірювального перетворювача від інформативного параметра x вхідного сигналу.

Статична характеристика нормується шляхом завдання в формі рівняння, графіка або таблиці. Поняття статичної характеристики можна застосувати і до вимірювальних приладів, якщо під незалежної змінної x розуміти значення вимірюваної величини або інформативного параметра вхідного сигналу, а під залежною величиною y - показання приладу.

Якщо статична характеристика перетворення лінійна, тобто $y = Kx$, то коефіцієнт K називається чутливістю вимірювального приладу (перетворювача). В іншому випадку під чутливістю слід розуміти похідну від статичної характеристики.

Важливою характеристикою шкальних вимірювальних приладів є ціна поділки, тобто то зміна вимірюваної величини, якому відповідав би переміщення покажчика на одну поділку шкали.

Якщо чутливість постійна в кожній точці діапазону вимірювання, то шкала називається рівномірної. При нерівномірній шкалі нормується найменша ціна поділки шкали вимірювальних приладів.

У цифрових приладів шкали в явному вигляді немає, і на них замість ціни ділення вказується ціна одиниці молодшого розряду числа в показанні приладу.

Найважливішою метрологічною характеристикою засобів вимірювань є похибка.

Похибка вимірювання

Результат будь-якого вимірювання відрізняється від істинного значення фізичної величини на деяке значення, залежне від точності засобів і методів вимірювання, кваліфікації оператора, умов, в яких проводилося вимірювання, і т.д. Відхилення результату вимірювання від істинного значення фізичної величини називається похибкою вимірювання.

Оскільки визначити справжнє значення фізичної величини в принципі неможливо, тому що це вимагало б застосування ідеально точного засоби вимірювальної техніки, то на практиці замість поняття істинного значення фізичної величини застосовують поняття дійсного значення вимірюваної

величини, яке настільки точно наближається до істинного значення, що може бути використано замість нього. Це може бути, наприклад, результат вимірювання фізичної величини зразковим засобом вимірювання.

Абсолютна похибка вимірювання - це різниця між дійсним (дійсним) значенням фізичної величини і результатом вимірювання:

Відносна похибка вимірювання - це відношення абсолютної похибки до дійсного (істинного) значення вимірюваної величини (часто виражене у відсотках):

Наведена похибка - це виражене у відсотках відношення абсолютної похибки до нормуючим значенням L - умовно прийнятому значенням фізичної величини, постійного у всьому діапазоні вимірювань:

Для приладів з нульовою відміткою на краю шкали нормалізації значення L дорівнює кінцевому значенню діапазону вимірювань. Для приладів з двосторонньою шкалою, тобто з відмітками шкали, розташованими по обидва боки від нуля, значення L одно арифметичній сумі модулів кінцевих значень діапазону вимірювання.

Похибка вимірювання (результуюча похибка) є сумою двох складових: систематичної похибки і випадкової похибки.

Систематичні похибки виходять з-за несправності засобів вимірювань, недосконалості методу вимірювання, неправильної установки вимірювального приладу, відступу від нормальних умов їх роботи, особливостей самого оператора. Вони закономірно проявляються при повторних вимірах. Систематичні похибки в принципі можуть бути виявлені і усунені, для цього потрібне проведення ретельного аналізу можливих джерел похибок в кожному конкретному випадку.

Систематичні похибки поділяються на методичні, інструментальні і суб'єктивні.

Методичні похибки походять від недосконалості методу вимірювання, використання спрощують припущень і припущень при виведенні ця формула застосовується, впливу вимірювального приладу на об'єкт вимірювання. До методичним складовим похибки вимірювань відносять:

1) відхилення від прийнятих значень аргументів функції, що зв'язує вимірювану величину з величиною на "вході" засоби вимірювальної техніки (первинного вимірювального перетворювача);

2) відхилення від прийнятих значень різниці між значеннями вимірюваної величини на вході кошти вимірів і в точці відбору;

3) похибка через ефектів квантування;

4) відміну алгоритму обчислень від функції, строго зв'язує результати спостережень з вимірюваної величиною;

5) похибки, що виникають при відборі та приготуванні проб;

6) похибки, викликані заважає впливом факторів проби (заважають компоненти проби, дисперсність, пористість тощо).

Наприклад, вимірювання температури за допомогою термопари може містити методичну похибку, викликану порушенням температурного режиму об'єкта вимірювання внаслідок внесення термопари. Тут має місце

неадекватність контролюваному об'єкту моделі, параметри якої приймають як вимірюваних величин.

Інструментальні похибки зв'язні із засобами вимірювань. Складовими цих похибок є:

- 1) основні похибки і додаткові статичні похибки засобів вимірювань, що викликаються повільно поточних зовнішніх впливають величинами;
- 2) похибки, викликані обмеженою роздільною здатністю засобів вимірювальної техніки;
- 3) динамічні похибки засобів вимірювань, що викликаються інерційними властивостями засобів вимірювань;
- 4) похибки, викликані взаємодією засоби вимірювальної техніки з об'єктом вимірювань;
- 5) похибки передачі вимірювальної інформації.

Неточність градування, конструктивні недосконалості, зміни характеристик приладу в процесі експлуатації і т.д. є причинами основних похибок інструменту виміру. Додаткові похибки пов'язані з відхиленням умов, в яких працює прилад, вони пов'язані радше з зовнішніми умовами, ніж з самим приладом.

Суб'єктивні похибки викликані неправильними отсчетами показань приладу людиною (оператором).

Складовими суб'єктивних похибок є:

- похибки зчитування значень вимірюваної величини з шкал і діаграм;
- похибки обробки діаграм без застосування технічних засобів (при усередненні, підсумовуванні вимірюваних значень і т.д.);
- похибки, що викликаються дією оператора на об'єкт і засоби вимірювальної техніки (спотворення температурного поля, механічні дії і т.п.).

Наприклад, похибка від паралакса, викликана неправильним напрямком погляду при спостереженні за показаннями приладу та. Використання цифрових приладів і автоматичних методів вимірювання дозволяє виключити такого роду похибки.

У багатьох випадках систематичну похибку в цілому можна уявити як суму двох складових: адитивної D_a і мультиплікативної O_m .

Такий підхід дозволяє легко компенсувати вплив систематичної похибки на результат вимірювання шляхом введення роздільних поправочних коефіцієнтів для кожної з цих двох складових.

Випадкова похибка - це складова похибки вимірювання, що змінюється випадковим чином при повторних вимірах однієї і тієї ж величини. Наявність випадкових похибок виявляється при проведенні ряду вимірювань постійної фізичної величини, коли виявляється, що результати вимірів не збігаються один з одним. Часто випадкові похибки виникають через одночасне дії багатьох незалежних причин, кожна з яких окремо слабо впливає на результат вимірювання.

У багатьох випадках вплив випадкових похибок можна зменшити шляхом виконання багаторазових вимірювань з подальшою статистичною обробкою отриманих результатів.

У деяких випадках виявляється, що результат одного вимірювання різко відрізняється від результатів інших вимірів, виконаних при тих же контрольованих умовах. У цьому випадку говорять про грубої похибки (промаху вимірювання). Причиною можуть послужити помилка оператора, виникнення сильної короткочасної перешкоди, поштовх, порушення електричного контакту і т.д. Такий результат, який містить грубу похибку, необхідно виявити, виключити і не враховувати при подальшій статистичній обробці результатів вимірювань.

Клас точності засобу вимірювань - узагальнена характеристика засобу вимірювань, яка визначається межами допустимих основних і додаткових похибок.