

07.09.2022

Група 2М-1

Урок 7-8

**Тема: ПОХИБКИ ВИМІРІВ І ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ
ТЕХНІКИ**

Мета: ознайомитися з поняттям похибки вимірів та засобами вимірювальної техніки

Процедура вимірювання складається з декількох основних етапів:

- 1) прийняття моделі об'єкту вимірювання;
- 2) вибір методу вимірювання;
- 3) вибір засобів вимірювань;
- 4) проведення розрахунків з метою обрання числового значення результату вимірювання.

Різного роду недоліки, властиві цим етапам, призводять до того, що результат вимірювання відрізняється від істинного значення вимірюваної величини. Величина, що характеризує відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірюваної величини, називається похибкою вимірювання.

Похибки є властивістю будь-якого вимірювання, вони обумовлені пізнавальним характером процесу вимірювання відносно до наших знань. В науці слово "*похибка*" не має звичайного значення чогось невірною. Похибки, власне, не слід відносити до помилок експериментатора, їх не можливо уникнути, намагаючись бути дуже уважним. Найкраще, на що можна розраховувати - це звести похибки до мінімуму і надійно розрахувати їх величини. Жодне з вимірювань, як би ретельно воно не проводилося, не може обійтись без похибок. Тому до задачі вимірювання входить не тільки визначення значення фізичної величини, але також й оцінка похибки, що була допущена під час вимірювань. Тому вимірювання вважається закінченим тільки в тому випадку, якщо відомо, з якою похибкою воно здійснене.

Похибка вимірювання - це відхилення результату вимірювання від

істинного значення вимірювальної величини.

Причин, що призводять до появи похибок при вимірюваннях, надзвичайно багато. Вони зумовлені:

- недостатнім знанням властивостей досліджуваного об'єкта;
- недосконалістю методів та засобів вимірювань, властивістю вимірювального об'єкта;
- динамічними умовами вимірів;
- похибкою шкали;
- округленням результатів вимірювання впливом навколишнього середовища тощо.

Звичайно, одним з основних завдань при проведенні будь-якого вимірювання є виявлення та усунення причин та завод, що призводять до появи похибок. Аналізуючи причини виникнення похибок, необхідно виділяти ті, які най більш істотно впливають на результат вимірів.

В залежності від причин всі похибки розподілені на групи. Класифікація похибок вимірів наведена на рис.1.

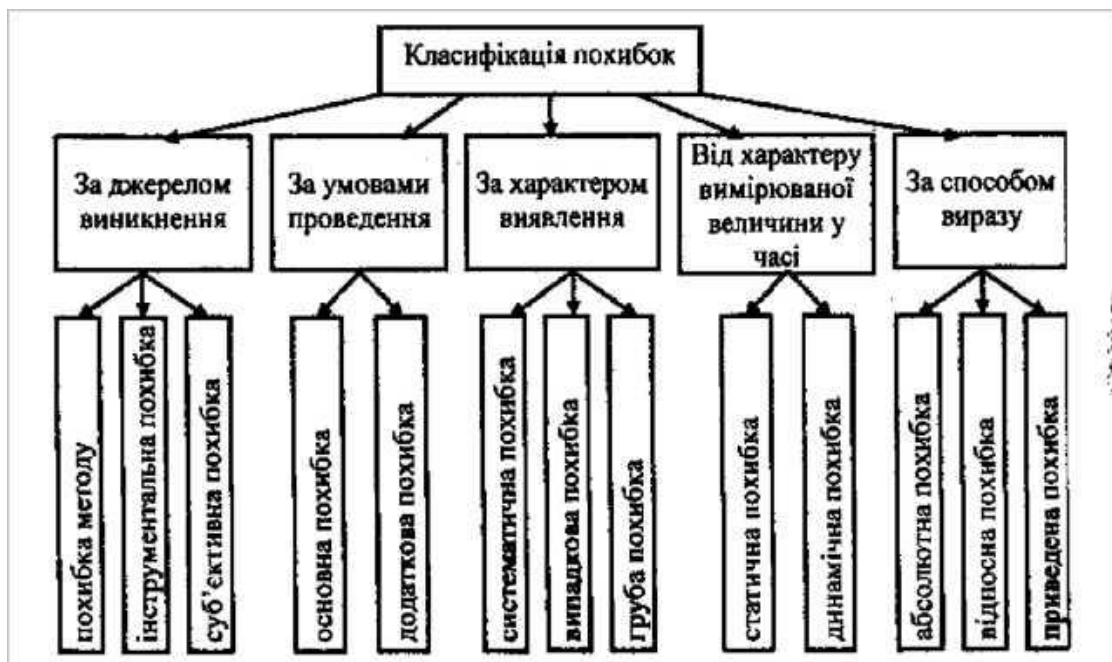


Рис. 1. Класифікація похибок

Похибки методу вимірювання - спричинені недосконалістю цього

методу, а також недостатністю обґрунтування його теорії, застосуванням наближених формул для спрощення розрахунків тощо.

Інструментальні похибки - складова похибок вимірювання - зумовлена недосконалістю засобів вимірювальної техніки. Ця похибка також може бути обумовлена конструктивними та технологічними недоліками. Наприклад, через неточність виготовлення та нестабільності елементів засобів вимірювальної техніки, неправильне градування шкали приладу тощо.

Суб'єктивні (особисті) похибки - як правило, є наслідком особистих властивостей спостерігача (експериментатора), які зумовлені особливостями його організму (недосконалість зору, втомленість тощо).

Основна похибка - похибка, яка виникає за нормальних умов застосування засобів вимірювальної техніки. Ця похибка нормується і вказується у відповідних документах (технічному паспорті, формулярі).

Додаткова похибка - обумовлюється відхиленням однієї чи декількох впливових величин (температури, тиску, вологості тощо) від нормального значення. Значення додаткової похибки, як і основної, нормується і вказується у відповідних технічних документах.

Систематична похибка - складова похибки, яка залишається сталою або закономірно змінюється при повторних вимірюваннях однієї і тієї ж величини. Вони зумовлені впливом на результат вимірювання багатьох факторів, дію яких не усунуто та не прийнято до уваги. Ці фактори можуть бути або постійно діючими, або закономірно змінюватись. На практиці повне усунення систематичних похибок неможливе, отже, результат будь-якого вимірювання містить залишки не виключених систематичних похибок.

Випадкова похибка - це та складова похибки, яка за повторних вимірювань однієї й тієї ж величини, проведених за допомогою одного й того ж приладу, в однакових умовах, з однаковою старанністю, дасть результати спостережень, що мають відрізнитись один від одного. Це вказує на те, що при багаторазових вимірюваннях результати спостережень та їх похибки є

випадковими величинами. Іншими словами, результат будь-якого вимірювання "обтяжений" випадковими похибками.

Груба похибка - це похибка вимірювання, яка істотно перевищує очікувану за даних умов похибку.

Статична похибка - похибка при вимірюванні постійної в часі величини. Наприклад, похибка вимірювання постійного струму тощо.

Динамічна похибка - різниця між похибкою в динамічному режимі (похибка при вимірюванні змінної в часі величини) і статичною похибкою, яка відповідає значенню виміряної величини у відповідний момент часу.

Абсолютна похибка вимірювання —це алгебраїчна різниця між отриманим при вимірюванні значенням та істинним значенням вимірюваної величини:

$$\Delta X = X_B - X$$

де ΔX — абсолютна похибка вимірювання; X_B — результат вимірювання; X — істинне значення вимірюваної величини.

Оскільки істинне значення вимірюваної величини невідоме, то його замінюють на дійсне (яке має бути наближеним до істинного). Таким чином, ΔX визначається:

$$\Delta X = X_B - X_d,$$

де X_d - дійсне значення вимірюваної величини.

Абсолютна похибка визначається в одиницях величини, яка вимірюється.

Відносна похибка - відношення абсолютної похибки вимірювання до істинного значення вимірюваної величини:

$$\partial_x = \Delta X / X * 100\%$$

Відносна похибка виражена в безрозмірних одиницях (або у відсотках). На практиці замість істинного значення використовують дійсне значення.

Приведена похибка - відношення абсолютної похибки до нормуючого значення вимірюваної величини:

$$y = AX / X_n$$

де X_n - нормуюче значення.

Нормуюче значення приймають рівним:

- ♦ для засобів вимірювань, у яких нульова відмітка знаходиться на краю або за межами шкали — кінцевому значенню діапазону вимірювань;
- ♦ якщо нульова відмітка знаходиться в межах діапазону вимірювань - сумі кінцевих значень діапазону вимірювань;
- ♦ для засобів вимірювань із встановленим номінальним значенням цьому номінальному значенню;
- ♦ для вимірювальних приладів з суттєвою нерівномірністю шкали нормуюче значення встановлюють рівним в усій довжині шкали або її частині, відповідній до діапазону вимірювання.

Випадкові та систематичні похибки

Якщо провести глибокий аналіз класифікації похибок в залежності від причин виникнення, способів урахування та виключення їхнього впливу на результат вимірювання, то переважно похибки - це систематичні, випадкові та грубі. На практиці далеко не завжди вдається чітко розмежувати випадкові та систематичні похибки. Наприклад, при зміні положення променя зору спостерігача відносно до типового стрілочного приладу (наприклад, звичайний годинник) результати зняття даних будуть змінюватися. Цей ефект називається паралаксом, і він призводить до того, що істинне зняття даних з шкали розташоване навпроти стрілки. Навіть дуже старанний експериментатор не в змозі розташувати промінь зору завжди точно навпроти стрілки; отже, вимірювання будуть містити малі похибки, пов'язані з паралаксом, і ці похибки будуть явно випадковими. З іншого боку, необережний експериментатор, який поставить стрілочний прилад з боку від себе і забуде про вплив паралаксу, привнесе систематичну похибку до усіх своїх розрахунків. Таким чином, один й той же ефект, паралакс, може призвести до випадкових похибок в одному випадку і систематичних — в

іншому.

Систематичні похибки є найбільш небезпечними; їхнє виявлення пов'язане з рядом ускладнень. Часто спостерігач не знає про природу виникнення деяких систематичних похибок, а в ряді випадків навіть не має уявлення про їх існування. В залежності від причин виникнення систематичні похибки поділяють на інструментальні, суб'єктивні, похибки методу та зовнішніх впливів. Таким чином, можна зробити висновок, що поява систематичних похибок пов'язана здебільшого з недоліками засобів вимірювальної техніки або обранням методів вимірювання. Виключення систематичних похибок в процесі вимірювання досягається використанням тих чи інших засобів вимірювань, які дозволяють або виключити похибку, що є наслідком впливу будь-якого джерела, або встановити наявність цього джерела й оцінити ступінь його впливу. Виключенню таким шляхом піддаються головним чином інструментальні похибки та похибки від зовнішніх впливів. При цьому використовується ряд способів, основні з них - заміщення та компенсації.

Випадкові похибки не можуть (як систематичні) бути виключені з результатів вимірювання, проте у випадку проведення досить великої кількості вимірювань методи математичної статистики та теорії ймовірності дозволяють оцінити величину випадкової похибки. Як приклад проявів випадкових та систематичних похибок розглянемо вимірювання точно визначеної довжини за допомогою лінійки. Одне у джерел похибки - це необхідність в інтерполяції між мітками (позначками) шкали, і ця похибка явно випадкова. При інтерполяції ми з рівною ймовірністю як перевищуємо, так і не перевищуємо результати вимірювання. Але є також ймовірність того, що лінійка дефектна, а це джерело похибки буде, певно, призводити до систематичної похибки. Якщо лінійка розтягнута, ми завжди применшуємо результат, якщо стиснута — завжди перевищуємо.

Подібно цьому прикладу, всі вимірювання піддані як випадковим, так і

систематичним похибкам. В свою чергу, при аналізі систематичних похибок слід вважати, що випадкові похибки відсутні. Сумарна похибка, що характеризує точність вимірювання знаходиться шляхом підсумовування систематичної та випадкової похибки за визначеними правилами.

За характером зміни систематичні похибки поділяють на постійні, прогресивні, періодичні (похибки, які змінюються за складною закономірністю).

Постійні похибки - це похибки, які довгий час зберігають своє значення, наприклад, протягом всього часу вимірів. Такі похибки трапляються досить часто (у мір довжини, у гирях).

Прогресивні похибки - це похибки, які безперервно зростають або зменшуються. До таких похибок належать, наприклад, похибки внаслідок спрацювання обладнання при виготовленні деталей або акумуляторних батарей і т.д.

Періодичні похибки - це похибки, значення яких є періодичною функцією часу або іншою функцією. Наприклад, в секундомірів, індикаторів часового типу.

Похибки, які змінюються за складним законом, виникають внаслідок сумісної дії декількох систематичних похибок. Вплив різних за своєю природою систематичних похибок на результат вимірів інколи співпадає за формою і умовами їх виявлення. В цьому випадку операції за винятком різних похибок можливо суміщати.

ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ (1 бал)

Поняття	Визначення
1. Похибки методу вимірювання	а) похибки, які довгий час зберігають своє значення, наприклад, протягом всього часу вимірів.
2. Постійні похибки це	б) алгебраїчна різниця між отриманим при вимірюванні значенням та істинним значенням вимірюваної величини
3. Абсолютна похибка вимірювання це	с) різниця між похибкою в динамічному режимі (похибка при вимірюванні змінної в часі величини) і статичною похибкою, яка відповідає значенню вимірюваної величини у відповідний момент часу

4. Динамічна похибка це	d) похибка при вимірюванні постійної в часі величини
5. Статична похибка це	e) похибка вимірювання, яка істотно перевищує очікувану за даних умов похибку
6. Груба похибка це	f) та складова похибки, яка за повторних вимірювань однієї й тієї ж величини, проведених за допомогою одного й того ж приладу, в однакових умовах, з однаковою старанністю, дасть результати спостережень, що мають відрізнятись один від одного
7. Випадкова похибка це	g) складова похибки, яка залишається сталою або закономірно змінюється при повторних вимірюваннях однієї і тієї ж величини
8. Систематична похибка це	h) обумовлюється відхиленням однієї чи декількох впливових величин (температури, тиску, вологості тощо) від нормального значення
9. Додаткова похибка це	i) похибка, яка виникає за нормальних умов застосування засобів вимірювальної техніки
10. Основна похибка це	j) є наслідком особистих властивостей спостерігача (експериментатора), які зумовлені особливостями його організму (недосконалість зору, втомленість тощо)
11. Суб'єктивні (особисті) похибки	k) складова похибок вимірювання - зумовлена недосконалістю засобів вимірювальної техніки
12. Інструментальні похибки	l) спричинені недосконалістю цього методу, а також недостатністю обґрунтування його теорії, застосуванням наближених формул для спрощення розрахунків тощо