**Практика №5**

**ОДНОКРАТНІ ПРЯМІ ВИМІРЮВАННЯ.**

**ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОДИЧНИХ ПОХИБОК**

**Методична похибка** – це складова сумарної похибки систематичного характера, яка виникає внаслідок реалізації принципа вимірювання. Причинами виникнення м**етодичної похибки**можуть бути:

а) недосконалість обраного методу вимірювання;

б) обмеженість точності емпірічних формул, застосованих для математичного опису явища або ефекту, що покладено в основу вимірювання (принцип вимірювання) або приладу вимірювання (принцип роботи);

в) обмеженість точності використаних в рівняннях фізичних констант;

г) невідповідність прийнятої моделі вимірювань реальному об’єкту внаслідок прийнятих припущень або спрощень.

Наприклад: спрощення методу вимірювання (зневажання масою повітря, що витискається гирею) при вимірюванні маси гири на ричажних вагах у відповідності до закону Архимеда. При технічних вимірюваннях цим, як правило, нехтують. Однак при прецизійних (точних) вимірюваннях з цим потрібно рахуватись, и тому потрібно вносити відповідну поправку.

При вимірюванні, наприклад, об’ємів тіл, форма яких приймається (в моделі вимірювань) геометрично правильною, шляхом вимірювання недостатнього числа лінійних розмірів. При вимірюванні об’єму приміщення суттєву методичну похибку буде мати результат вимірювання об’єму шляхом вимірювання однієї довжини, однієї ширини (глибини) і однієї висоти. Для більш точного вимірювання (обрахування) об’єму приміщення потрібно було б виміряти ці параметри по кожній стіні в декількох місцях, тобто перейти до багаторазових вимірювань з усередненням отриманих результатів.

Методична похибка виникає також при застосуванні вимірювальних приладів, під’єднання яких до об’єктів вимірювань впливає на вимірювану характеристику самого об’єкту, за рахунок наявності внутрішніх опорів, що відрізняються від теоретичних (ідеальних, розрахункових).

Похибки методу притаманні всім методам вимірювань, які спираються на експериментальні данні, що не мають жорсткого теоретичного обгрунтування. Прикладом таких методів є різноманітні методи вимірювання твердості металів. Відповідно до одного з таких методів - метода Роквелла визначають твердість по заглибленню наконечника певної форми у випробувальний метал під дією певного імпульсу сили. В основу інших методів (Бринелля і Віккерса) покладено залежність між твердістю і розміром відтиску, який залишає наконечник в певних умовах впливу. Кожним з цих методів вимірюється твердість по своїх шкалах, і переведення результату вимірювань з однієї шкали в іншу виконується наближено. Пояснюється це тим, що у вказаних методах використовують різні явища, що імовірно характеризують твердість.

Оцінки похибок формул і фізичних констант частіше за все відомі. Якщо вони невідомі, тоді похибки емпіричних формул переводять в розряд випадкових, застосувавши прийом рандомізації. З цією метою одну й ту ж величину вимірюють декількома методами і за отриманими експериментальними даними обраховують її середньозважене значення. Або одну й ту ж величину вимірюють однотипними приладами, які мають однакові систематичні похибки, а їх випадкові похибки – різні.

Систематичні похибки можуть бути зменшені або виключені уведенням поправок – поправочних коефіцієнтів (якщо значення похибок постійні) або поправочних множників (якщо похибки пропорційні значению величини, тобто значення похибки збільшується або зменьшується відповідно до збільшення або зменьшення значення вимірюваної величини).

**Поправка** – значення фізичної величини, яке додається до виміряного значення з метою виключення похибки систематичного характера. Поправка має те ж саме значення, але протилежний знак від знаку систематичної похибки. Після уведення поправки в результат вимірювання, останній вважається *виправленим*.

**Приклад 1.** Для вимірювання електрорушійної сили (ЕРС) **Е** в колі (Рис. 1) застосували вольтметр класу 0,2 з верхнею границею вимірювання 3 В і внутрішнім опором RV = 30000 Ом. Визначити відносну методичну похибку вимірювання ЕРС і поправку, якщо джерело ЕРС має внутрішній опір R = 350 Ом, а показання вольтметра U = 2,15 В.

**R RV  R RV**

**V**

**E E V**

а) б)

Рисунок 1. Схема вимірювання ЕРС

**Розв'язання**

Напруга в колі без урахування внутрішнього опору вольтметра (Рис. 1, а): ***U = E***.

Напруга, що вимірюється вольтметром з урахуванням його внутрішнього опору (Рис. 1, б), визначають за формулою:



Відносна методична похибка вимірювання ЕРС дорівнює:



тоді поправка буде: 

**Приклад 2.** Вольтметром з верхнею границею вимірювання 150 В, струмом повного відхилення I = 1 мА і ціною поділки шкалы 1 В по черзі вимірюють падіння напруги на резисторах R1 = 8 кОм і R2 = 16 кОм. Резистори поєднані послідовно і під'єднані до джерела напруги Uживл = 120 В, яке має нульовий внутрішній опір (Рис. 2). Визначити можливі показання вольтметра (без урахування його похибок) і відносну методичну похибку вимірювання напруги.

***а***

**R1  V**

**Uпит *б***

**R2**

***в***

Рисунок 2. Схема вимірювання падіння напруги на резисторах

**Розв'язання**

Сила струму при повному відхиленні покажчика вольтметра відповідає максимальному значенню діапазону вимірювання, що дозволяє знайти значення внутрішнього опору приладу. Тому внутрішній опір вольтметра буде:

При від'єднанному (відключенному) вольтметрі значення напруги на ***R1***і***R2*** відповідно будуть дорівнювати:

При під'єднанні вольтметра до резистора ***R1***, напруга ***Uаб*** на ділянці ***аб*** буде:

а при підключенні вольтметра до резистора ***R2***, напруга ***Uбв*** на ділянці ***бв*** буде:

Відносна методична похибка вимірювання напруги на резисторі ***R1***визначається за формулою:

З іншої сторони, відносна методична похибка :

Аналогічно визначимо відносну методичну похибку вимірювання падіння напруги на резисторі ***R2*** :

і

Тоді можливі показання вольтметра з урахуванням ціни поділки шкали (враховується при округленні результатів) будуть:  і 

**Приклад 3.** В схему, яка зображена на Рис. 3, для вимірювання сили струму увімкнено мікроамперметр **μА** класу точності 1,5 з верхнею границею діапазону вимірювання Imax = 1 мкА і внутрішнім опором RА = 730 Ом. Джерело живлення **U** має напругу U = 15 мВ, опір схеми наведено як R = 10000 Ом. Визначити відносну методичну похибку вимірювання сили струму і найбільшу відносну похибку результату вимірювання.

**RA**

**μА**

**I**

**RU U R**

Рисунок 3. Схема вимірювання сили струму

**Розв’язання**

Сила струму, що тече в колі до включення мікроамперметра:

Сила струму, що тече в колі після увімкнення мікроамперметра:

Відносна методична похибка вимірювання сили струму дорівнює:

Визначимо межі допустимої основної абсолютної похибки результату вимірюван-ня сили струму:

Тоді найбільша відносна похибка результату вимірювання сили струму буде:



тобто відносна методична похибка вимірювання сили струму ***δI*** більш ніж в 6 раз перевищує найбільшу відносну похибку результату вимірювання. Тому введення поправки є обов'язковим.

**Приклад 4.** Оцінити складові похибки вимірювання сили струму в колі з опором 200 Ом за допомогою міліамперметру групи експлуатації А, класу точності 0,5 в діапазоні вимірювання від 0 до 0,25 мА, який має внутрішній опір 2 Ом, якщо отримано показання 0,18 мА. Вимірювання проведено за умовами: температура повітря +26 °С, тиск 107,5 кПа, напруженість постійного магнітного поля 300 А/м. Визначити сумарну вірогідну похибку вимірювання за довірчої вірогідності Рдов = 0,95.

**Розв'язання**

Оцінимо межі основної абсолютної похибки вимірювання сили струму, що виникає за нормальних умов проведення вимірювання:

Оцінимо межі відносних додаткових похибок (з урахуванням групи експлуатації міліамперметра), які виникають з причини відхилення значень чинників середовища від нормальних значень під час вимірювання:

а) температурна похибка:

б) похибка від тиску:



в) напруженості магнітного поля: **.**

Визначимо методичну похибку, яка виникає від змінення повного опору в колі при увімкненні міліамперметра:

Оскільки методична похибка визначена однозначно, то необхідно визначити і врахувати в результат вимірювання поправку. Значення поправки дорівнює абсолютному значенню і має протилежний знак абсолютній методичній похибці:

Виправлений результат вимірювання буде:

Визначимо основну відносну похибку вимірювання:

Визначимо сумарну вірогідну абсолютну і відносну похибку вимірювання:



де  – коефіцієнт, який залежить від ***Рдов*** та кількості ***i*** похибок, що сумуються, та який визначають з таблиці 1;

**n** – загальна кількість похибок, що сумують.

Таблиця 1. Значення коефіцієнта 

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Число  сумуємих  складових | Значення  при довірчій вірогідності | | | |
| Рдов = 0,90 | Рдов = 0,95 | Рдов = 0,99 | Рдов = 0,9973 |
| 2 | 0,97 | 1,10 | 1,27 | 1,34 |
| 3 | 0,96 | 1,12 | 1,37 | 1,50 |
| 4 | 0,96 | 1,12 | 1,41 | 1,58 |
| 5 | 0,96 | 1,12 | 1,42 | 1,61 |
| 6 | 0,96 | 1,12 | 1,45 | 1,64 |
| >6 | 0,95 | 1,13 | 1,49 | 1,73 |

Визначимо сумарну відносну вірогідну похибку вимірювання при завданій довірчій вірогдності 0,95 та кількості сумуємих складових n = 4 (основна і три додаткових):