

ОЦІНКА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ

Невизначеність вимірювання - параметр, пов'язаний з результатом вимірювання, що характеризує дисперсію значень, які можуть бути достатньо обґрунтовано приписані вимірювальній величині. Під час оцінювання невизначеності вимірювання всі складові невизначеності, що є істотними у даній ситуації, треба взяти до уваги за допомогою відповідних методів аналізування.

Джерелами невизначеності є використовувані вихідні еталони та зразкові речовини, методи та обладнання, що застосовуються, умови довкілля, властивості та стан виробу, який підлягає випробуванню або калібруванню, а також оператор. Ступінь необхідної ретельності під час оцінювання невизначеності вимірювання залежить від встановлених вимог методу випробувань, вимог замовника і наявності вузьких границь, на які спираються рішення про відповідність технічним умовам.

1. Побудова модельного рівняння. Істотними джерелами невизначеності в даному випадку будуть: похибка твердоміра, неточність зчитування показів оператором, невизначеність температури вимірюваного зразка, вимірювання впливу випадкових ефектів. Модельне рівняння має вигляд: $s = s_0 + \Delta_o + \Delta_{вин}$ (s_0 - покази твердоміра при 20 °С; Δ_o - похибка зчитування показів оператором; $\Delta_{вин}$ - похибка внаслідок дії випадкових факторів).

2. Оцінювання стандартних невизначеностей вхідних величин.

а. Невизначеність величини l_0 обумовлена похибкою твердоміра. Вклад неточності твердоміра у невизначеність при вимірюванні оцінюємо за типом В. Згідно з паспортом похибка твердоміра не перевищує ± 1 од. Шор А (надалі - од.). Результат вимірювання не може бути зміщений більше як на 1 од. Права границя розподілу становить $a^+ = 1$ од., ліва $a^- = -1$ од. Реальний вид закону розподілу похибки твердоміра невідомий, тому приймаємо рівномірний закон розподілу. В цьому випадку

$$u_B(l_0) = \frac{1 - (-1)}{2 \cdot \sqrt{3}} \text{ од.} = \frac{1 + 1}{2 \cdot \sqrt{3}} \text{ од.} = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ од.} = 0,577 \text{ од.}$$

б. Неточність зчитування показів індикатора не перевищує половини ціни поділки твердоміра (0.5 од.). Стандартна невизначеність, обумовлена неточністю зчитування показів:

$$u_B(\Delta_0) = \frac{0,5 - (-0,5)}{2 \cdot \sqrt{3}} \text{ од.} = 0,289 \text{ од.}$$

в. Для оцінки невизначеності вимірювання, обумовленої вкладом випадкових факторів, було проведено 20 повторних вимірювань розмірів об'єкта одним і тим же оператором в одних і тих же умовах:

Результати вимірювання твердості, одиниць Шор А										
72.5	73.0	71.5	72.5	73.5	71.0	72.5	72.0	72.0	72.5	
72.5	72.5	73.0	73.5	72.5	73.0	74.0	71.5	72.5	72.0	
Середнє значення						72.5				
Середнє квадратичне відхилення						0.166				

Середнє квадратичне відхилення результатів вимірювання:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{20} (s_i - \bar{s})^2}{20-1}} = 0,166 \text{ од.}$$

Похибка внаслідок дії випадкових факторів: $u_A(\Delta_{\text{вун}}) = 0,166 \text{ од.}$

3. Визначення коефіцієнтів впливу. Користуючись модельним рівнянням, знайдемо значення коефіцієнтів впливу $\partial s / \partial x_i$, де x_i - вхідні величини. Як видно з модельного рівняння, значення всіх коефіцієнтів впливу дорівнюють 1.

4. Оцінювання коефіцієнтів кореляції. Коефіцієнти кореляції дорівнюють нулю (всі джерела невизначеності є незалежними одне від одного, кореляція між будь-якою парою вхідних величин відсутня).

5. Оцінювання сумарної стандартної невизначеності. Сумарна стандартна невизначеність вимірювання:

$$u(s) = \sqrt{u^2(s_0) + u^2(\Delta_o) + u^2(\Delta_{\text{вун}})}.$$

$$u(s) = \sqrt{(0,577)^2 + (0,289)^2 + (0,166)^2} = 0,666 \text{ од.}$$

6. Оцінка розширеної невизначеності. Розширена невизначеність для $p = 0,95$: $U(l) = t(0,95, \nu) \cdot u(s)$, де $t(0,95, \nu)$ - коефіцієнт Ст'юдента для рівня довіри 0,95 та числа ефективних ступенів свободи ν . Число ступенів свободи знайдемо за формулою Велча-Сатерштейта:

$$\nu = \frac{u^4(s)}{\frac{u_B^4(s_0)}{\infty} + \frac{u_B^4(\Delta_o)}{\infty} + \frac{u_A^4(\Delta_{\text{вун}})}{20-1}} = 19 \cdot \frac{u^4(s)}{u_A^4(\Delta_{\text{вун}})} = 19 \cdot \frac{(0,666)^4}{(0,166)^4} = 4900 > 100.$$

Тоді за таблицею для коефіцієнтів Ст'юдента для рівня довіри 0,95 та числа ефективних ступенів свободи > 100 знайдемо, що

$$t(0,95, \infty) = 1,96.$$

Таким чином, $U(l) = 1,96 \cdot 0,666 \text{ од.} = 1,31 \text{ од.} \approx 1,3 \text{ одиниць Шор } A$

Висновок. Невизначеність вимірювання твердості, оцінена за вищенаведеною методикою, суттєво (на 31%) перевищує похибку вимірювання твердоміру за технічною документацією, та повинна враховуватися при подальших вимірюваннях.