

MIĘDZYNARODOWE UNORMOWANIA WYRAŻANIA NIEPEWNOŚCI POMIAROWYCH

Adam Michczyński



W roku 1995 grupa instytucji międzynarodowych:

- ISO – International Organization for Standardization (Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna),
 - BIMP – Bureau International des Poids et Measures (Międzynarodowe Biuro Miar),
 - IEC – International Electrotechnical Commission (Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna),
 - IFCC – International Federation of Clinical Chemistry (Międzynarodowa Federacja Chemii Klinicznej),
 - UIPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry (Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej),
 - UIPAP – International Union of Pure and Applied Physics (Międzynarodowa Unia Fizyki Czystej i Stosowanej),
 - OMIL – International Organization of Legal Metrology (Międzynarodowa Organizacja Metrologii Prawnej),
 - NIST – National Institute of Standards and Technology (Narodowy Instytut Standardów i Technologii)
- dokonała uzgodnienia międzynarodowych norm dotyczących niepewności pomiarowych.

Normy te opublikowano w instrukcji *ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*. Na język polski normy te zostały przetłumaczone w 1999 roku i opublikowane przez Główny Urząd Miar w książce *Wyrażanie niepewności pomiarowych, Przewodnik*.

Nowa norma konsekwentnie przyjmuje podejście statystyczne do rachunku niepewności.

Istotne elementy nowej normy to:

- ✓ rozróżnienie niepewności pomiarowych od błędów pomiarowych
- ✓ przyjęcie jako miary niepewności „niepewności standardowej”
- ✓ rozróżnienie dwóch sposobów oceny niepewności (A i B)
- ✓ rozróżnienie pomiarów skorelowanych i nieskorelowanych w pomiarach pośrednich (złożonych)
- ✓ wprowadzenie pojęcia „niepewności rozszerzonej”
- ✓ określenie sposobu zapisu wyników pomiarowych i ich niepewności

NIEPEWNOŚĆ A BŁĄD POMIARU **NIEPEWNOŚĆ STANDARDOWA**

BŁĄD POMIARU

= wartość zmierzona – wartość rzeczywista

NIEPEWNOŚĆ POMIARU (uncertainty) jest związanym z rezultatem pomiaru parametrem, który charakteryzuje rozrzut wyników i może być w uzasadniony sposób przypisany wartości mierzonej.

Międzynarodowa Norma przyjmuje jako niepewność pomiaru wielkość nazywaną **NIEPEWNOŚCIĄ STANDARDOWĄ** (standard uncertainty), a określoną jako pierwiastek kwadratowy z estymatora wariancji. Jako symbol niepewności standardowej przyjęto u lub $u(x)$.

OCENA NIEPEWNOŚCI METODĄ TYPU A

Ocena niepewności metodą typu A dotyczy określania niepewności pomiaru drogą analizy statystycznej serii wyników pomiarów.

Zatem niepewność standardowa oceniana metodą typu A jest zdefiniowana jako odchylenie standardowe średniej.

$$u(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{sr})^2}{n(n-1)}}$$

OCENA NIEPEWNOŚCI METODĄ TYPU B

Ocena niepewności metodą typu B dotyczy określania niepewności pomiaru drogą inną niż metoda A tzn. wówczas gdy nie mamy do czynienia z serią wyników lub gdy w serii wyników nie występuje rozrzut.

W metodzie tej niepewność standardową określa się na podstawie rozkładu prawdopodobieństwa możliwych wyników pomiarów znanego, bądź założonego przez eksperymentatora.

Źródłem wiedzy o rozkładzie mogą być:

- Specyfikacja dostarczona przez producenta przyrządu,
- Wcześniejsze dane pomiarowe,
- Ogólna wiedza o zachowaniu i właściwościach określonych materiałów i instrumentów,
- Niepewności przypisane danym pochodzącym z podręczników.

OCENA NIEPEWNOŚCI METODĄ TYPU B

Najczęstszym przykładem oceny niepewności metodą typu B jest wyznaczenie niepewności wynikającej z dokładności przyrządu (niepewności wzorcowania).

Przyrząd pomiarowy powinien gwarantować taką dokładność aby wynik pomiaru x różnił się od wartości rzeczywistej nie więcej niż o działkę elementarną - $\Delta_p x$. Wiemy, że odchylenie wyniku pomiaru x od wartości rzeczywistej nie wykracza poza przedział $\pm \Delta_p x$ tzn. wartość rzeczywista zawiera się na pewno w przedziale $(x - \Delta_p x, x + \Delta_p x)$. W najprostszym przypadku możemy przyjąć, że prawdopodobieństwo uzyskania dowolnej wartości z tego przedziału jest takie samo – tzn. opisuje je rozkład równomierny (jednorodny). Jeżeli skorzystamy ze wzoru na dyspersję rozkładu równomiernego to otrzymamy następujące wyrażenie na niepewność standardową:

$$u(x) = \frac{\Delta_p x}{\sqrt{3}}$$

NIEPEWNOŚĆ CAŁKOWITA

W przypadku gdy występują obydwa typy niepewności równocześnie wyznaczamy **STANDARDOWĄ NIEPEWNOŚĆ CAŁKOWITĄ** (złożoną) wykorzystując prawo propagacji niepewności.

$$u_c(x) = \sqrt{[u_r(x)]^2 + [u_p(x)]^2}$$

gdzie:

$u_c(x)$ – niepewność całkowita,

$u_r(x)$ – niepewność obliczona z rozrzutu statystycznego serii wyników pomiarów,

$u_p(x)$ – niepewność obliczona inną drogą niż z rozrzutu wyników.

Prawo propagacji niepewności w powyższej formie wynika z prawa propagacji wariancji. Ponadto powyższy wzór zakłada, że czynniki odpowiedzialne za oba typy niepewności są od siebie niezależne.

NIEPEWNOŚĆ STANDARDOWA POMIARÓW POŚREDNICH

Z pomiarami pośrednimi mamy do czynienia, gdy dokonuje się pomiarów bezpośrednich kilku wielkości $x_1, x_2, \dots, x_k$, a następnie na ich podstawie wyznacza wielkość y określoną przez związek funkcyjny:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$$

Międzynarodowa Norma rozróżnia pomiary skorelowane i nieskorelowane wielkości mierzonych bezpośrednio.

W pomiarach nieskorelowanych każdą wielkość x_i mierzy się w innym, niezależnym doświadczeniu.

Pomiary skorelowane to takie, w których wielkości x_i mierzone są w jednym doświadczeniu. W praktyce oznacza to, że większość pomiarów wielkości elektrycznych jest pomiarami skorelowanymi.

NIEPEWNOŚĆ STANDARDOWA POMIARÓW POŚREDNICH

Niepewność standardową dla pomiarów pośrednich nieskorelowanych oblicza się ze wzoru:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^k \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot u^2(x_i)}$$

Natomiast w celu wyznaczenia niepewności standardowej dla pomiarów pośrednich skorelowanych należy uwzględnić korelacje zachodzące pomiędzy wielkościami mierzonymi bezpośrednio:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^k \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k \frac{\partial f}{\partial x_i} \cdot \frac{\partial f}{\partial x_j} \cdot u(x_i) \cdot u(x_j) \cdot r(x_i, x_j)}$$

NIEPEWNOŚĆ ROZSZERZONA

Na potrzeby wnioskowania o zgodności wyniku pomiaru z innymi rezultatami Międzynarodowa Norma wprowadza pojęcie NIEPEWNOŚCI ROZSZERZONEJ $U(x)$ i WSPÓŁCZYNNIKA ROZSZERZENIA k .

NIEPEWNOŚĆ ROZSZERZONA wynosi $U(x) = k \cdot u(x)$ i określa przedział $\pm U(x)$ otaczający wynik pomiaru, w którym zawiera się duża, z góry określona część wyników, jakie można przypisać wielkości mierzonej. Typowe wartości współczynnika rozszerzenia k mieszczą się w przedziale między 2 a 3.

PRZYKŁAD ZALECANEGO SPOSOBU ZAPISU NIEPEWNOŚCI

NIEPEWNOŚĆ STANDARDOWA

$$g = 9,781 \text{ m/s}^2 \quad u(g) = 0,076 \text{ m/s}^2$$
$$g = 9,781(76) \text{ m/s}^2$$

NIEPEWNOŚĆ ROZSZERZONA

$$g = 9,78 \text{ m/s}^2 \quad U(g) = 0,15 \text{ m/s}^2$$
$$g = (9,78 \pm 0,15) \text{ m/s}^2$$

**DZIĘKUJĘ PAŃSTWU ZA
u(WAGĘ)**

