



Politechnika Wroclawska

Podstawy Metrologii i Technik Eksperymentu

Laboratorium

**SPRAWDZENIE NARZĘDZI POMIAROWYCH
I WYZNACZENIE NIEPEWNOŚCI ROZSZERZONEJ
TYPU A W POMIARACH POŚREDNICH**

Instrukcja do ćwiczenia nr 4

Zespół Miernictwa
Wrocław, marzec 2022 r.

SPRAWDZANIE NARZĘDZI POMIAROWYCH I WYZNACZENIE NIEPEWNOŚCI ROZSZERZONEJ TYPU A W POMIARACH POŚREDNICH

1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest:

- sprawdzenie wskazań wybranej suwmiarki analogowej i śruby mikrometrycznej.
- obliczenie błędów wskazań wybranej suwmiarki elektronicznej wraz z niepewnością tego błędu,
- sprawdzenie czy błędy wskazań mieszczą się w granicach dopuszczalnych,
- wyznaczenie niepewności rozszerzonej typu A w pomiarach objętości tulei wykonanej z plexi za pomocą suwmiarki analogowej.

2. WZORCOWANIE PRZYRZĄDÓW POMIAROWYCH [1]

Wzorcowanie (kalibracja) to zbiór operacji ustalających w określonych warunkach relację między wartościami wielkości mierzonej wskazanymi przez przyrząd pomiarowy lub układ pomiarowy albo wartościami reprezentowanymi przez wzorzec miary lub przez materiał odniesienia a odpowiednimi wartościami wielkości realizowanymi przez wzorce „jednostki miary” [1].

Zgodnie z tą definicją wynik wzorcowania pozwala na przypisanie wskazaniom odpowiednich wartości wielkości mierzonej lub na wyznaczenie poprawek do wskazań [1].

Błąd systematyczny wskazania wyraża równanie [1]:

$$\Delta_s W = \bar{W} - N \quad (1)$$

w którym:

\bar{W} - wartość średnia z nieskończonej liczby wyników wskazań przyrządu uzyskanych przy pomiarach wzorca,

N – wartość odtwarzana przez wzorzec.

Ponieważ wg definicji poprawka to błąd systematyczny ze znakiem przeciwnym, zatem wyraża ją równanie:

$$P_w = -\Delta_s W = \bar{W} - N \quad (2)$$

Z równania tego można jedynie oszacować poprawkę, ponieważ seria pomiarów jest zawsze skończona.



Równanie na poprawkę można zapisać zatem w postaci:

$$P_w = (N - \bar{W}) \pm U(P_w) \quad (3)$$

Równanie to można rozszerzyć poprzez uwzględnienie w nim poprawki rozdzielczości przyrządu P_r oraz poprawki rozbieżność między charakterystykami przyrządu i wzorca w zakresie warunków środowiskowych P_{ws} i zapisać w postaci:

$$P_w = (N - \bar{W} + P_r + P_{ws}) \pm U(P_w) \quad (4)$$

Wzór na złożoną niepewność standardową dany jest równaniem:

$$u(P_w) = \sqrt{u^2(N) + u^2(\bar{W}) + u^2(P_r) + u^2(P_{ws})} \quad (5)$$

Poszczególne składowe niepewności oblicza się w następując sposób:

$u(N)$ – na podstawie świadectwa wzorcowania wzorca

$u(\bar{W})$ – metodą statystyczną wg równania:

$$u(\bar{W}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n \rightarrow \infty} (W_i - \bar{W})^2}{n(n-1)}} \quad (6)$$

n - liczba pomiarów w wybranym punkcie zakresu.

Wzorcowanie wymaga wyznaczenia poprawek wskazań P_w w wybranych punktach zakresu pomiarowego, a liczba pomiarów n w danym punkcie wskazania musu być odpowiednio duża to przyjmuje się, że rozrzut wskazań w całym zakresie pomiarowym jest podobny i dużą serię pomiarów n_d wykonuje się w jednym wybranym punkcie. Może być to na przykład podprzedział w którym błędy wskazań są największe [1].

Wówczas niepewność wskazania $u(\bar{W})$ liczy się z równania:

$$u(\bar{W}) = \frac{u(W)}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n \rightarrow \infty} (W_i - \bar{W})^2}{(n_d - 1)}}}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n \rightarrow \infty} (W_i - \bar{W})^2}{n(n_d - 1)}} \quad (7)$$

gdzie n – ilość pomiarów w wybranym punkcie zakresu pomiarowego.

$u(P_{rw})$ - oblicza się zakładając, że rozdzielczość przyrządu ma rozkład prostokątny i wyznacza z równania:

$$u(P_{rw}) = \frac{d}{\sqrt{12}} \quad (8)$$

Poprawkę tą uwzględnia się wtedy gdy obliczona niepewność wskazania $u(\bar{W})$ będzie mniejsza od niepewności tej poprawki liczonej z równania (8).

$u(P_{ws})$ - jeżeli poprawką tą jest poprawka temperaturowa $P_{ws} = W \cdot \alpha \cdot \delta t$

W - wskazanie przyrządu,



α - uśredniony współczynnik rozszerzalności cieplnej,

δt - różnica temperatur przyrządu i mierzonego elementu) to niepewność jej można ja wyznaczyć z następującego równania:

$$u(P_{ws}) = W \cdot \alpha \cdot u(\delta t) \quad (9)$$

3. SPRAWDZANIE NARZĘDZI POMIAROWYCH

Sprawdzanie narzędzia pomiarowego to czynności stwierdzające zgodność narzędzia pomiarowego z wymaganiami przepisów legalizacyjnych, zaleceniami norm lub warunkami technicznymi [1].

Sprawdza się czy błędy wskazań przyrządu pomiarowego nie przekraczają błędów granicznych $\pm \Delta_g$. Błędy wskazań przyrządu należy wyznaczyć w kilku wybranych punktach zakresu np.: w okolicy początku, połowy i końca zakresu [1]. **Pojedyncze wskazania w wybranych punktach nie powinny być obciążone błędami większymi niż błędy graniczne, a niepewność wyznaczenia błędów powinna być co najmniej 3 razy mniejsza od błędu granicznego [1].**

Błąd wskazania E_w liczy się z równania:

$$E_w = W - N \quad (10)$$

gdzie:

W - pojedyncze wskazanie przyrządu,

N - wartość odtwarzana przez wzorzec.

Po uwzględnieniu rozdzielczości δ_r i warunków środowiskowych δ_{ws} równanie to przybiera postać:

$$E_w = W - N + \delta_r + \delta_{ws} \quad (11)$$

Równanie na niepewność standardową złożoną wskazania wyznacza się z równania:

$$u(E_w) = \sqrt{u^2(W) + u^2(N) + u^2(\delta_r) + u^2(\delta_{ws})} \quad (12)$$

Składowe niepewności wyznacza się analogicznie jak w przypadku wzorcowania i są one opisane równaniami od (6) do (9). Niepewność wskazania $u(W)$ wyznacza się jak dla pojedynczego pomiaru wg równania:

$$u(W) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n \rightarrow \infty} (W_i - \bar{W})^2}{(n-1)}} \quad (13)$$

W którym $n \geq 10$ [2].







W przypadku serii pomiarów do wzorów (10), (11) i (12) zamiast W należy wstawić \bar{W} a $u(\bar{W})$ liczyć z równania (6).

Podsumowując: celem wzorcowania jest przede wszystkim przyporządkowanie wskazaniom przyrządu poprawek lub błędów, które będą wykorzystywane podczas jego eksploatacji. Końcowym efektem wzorcowania może być krzywa kalibracji [1]. Sprawdzanie natomiast ma na celu ustalenie za pomocą pomiarów, czy błędy wskazań przyrządu nie przekraczają dopuszczalnych wartości granicznych [1].

4. SPOSÓB REALIZACJI ĆWICZENIA

4.1 SPRAWDZENIE WYBRANEJ SUWMIARKI LUB ŚRUBY MIKROMETRYCZNEJ

	<p><u>Płytki wzorcowe klasy 2:</u></p>
	<p><u>Suwmiarka elektroniczna:</u></p> <p>zakres pomiaru: 0 – 150mm rozdzielczość: 0,01mm błąd graniczny: $\pm 30\mu m$ temperatura pracy: -10 ... + 60°C</p>
	<p><u>Suwmiarka analogowa:</u></p> <p>zakres pomiaru: 0 – 150mm rozdzielczość: 0,05mm błąd graniczny: $\pm 0,06 mm$ temperatura pracy: -10 ... + 60°C</p>
	<p><u>Śruba mikrometryczna:</u></p> <p>zakres pomiaru: 0 – 25mm rozdzielczość: 0,001mm błąd graniczny: $\pm 2\mu m$ temperatura pracy: -10 ... + 60°C</p>



Sposób realizacji ćwiczenia:

1. Z zestawu płytek wzorcowych wybrać 3 płytki i zmierzyć długość l każdej za pomocą suwmiarki analogowej. Następnie sprawdzić czy nominalna długość płytki znajduje się w przedziale $l \pm \Delta_g$
2. Z zestawu płytek wzorcowych wybrać 3 płytki i zmierzyć długość l każdej za pomocą wybranego mikrometru. Następnie sprawdzić czy nominalna długość płytki znajduje się w przedziale $l \pm \Delta_g$
3. Z zestawu płytek wzorcowych wybrać 5 płytek i zmierzyć pięciokrotnie długość l każdej za pomocą suwmiarki cyfrowej.

4. Z równania (10):

$$E_w = l - N$$

wyznaczyć błędy wskazań przyrządu dla każdej długości płytki wzorcowej N , przyjmując poprawki rozdzielczości $P_r = 0$ i warunków środowiskowych $P_{ws} = 0$.

5. Z równania (6) wyznaczyć średnią długość każdej płytki \bar{l} i odchylenie standardowe średniej

$$u(\bar{l}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n \rightarrow \infty} (l_i - \bar{l})^2}{n(n-1)}}$$

6. Dla każdej z długości płytek wzorcowych N odczytać z tabeli maksymalną niepewność standardową Dev_{max} i obliczyć niepewność standardową $u(N)$ przyjmując że wyznaczono ją metodą typu B i dla rozkładu normalnego $P = 95,4\%$, $k = 2$. Niepewność standardowa wynosi:

$$u(N) = \frac{Dev_{max}}{2}$$

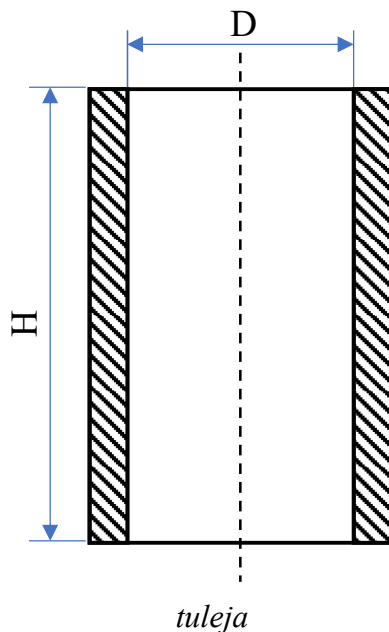
7. Z równania 12 wyznaczyć $u(E_w)$ przyjmując niepewności poprawek związanych z rozdzielczością i warunkami odniesienia równe zero.

$$u(E_w) = \sqrt{u^2(l) + u^2(N) + u^2(\delta_r) + u^2(\delta_{ws})}$$

8. Założyć $P = 95,4\%$, $k = 2$ i policzyć $U(E_w)$
9. Sprawdzić czy wartości $E_w \pm U(E_w)$ są mniejsze niż dopuszczalne błędy suwmiarki lub śruby mikrometrycznej
10. Narysować wykres $E_w \pm U(E_w)$ od N na tle krzywej błędu granicznego.



4.2. WYZNACZENIE OBJĘTOŚCI TULEI Z PLEXI



Sposób realizacji ćwiczenia:

1. Zmierzyć 10 krotnie wymiary charakterystyczne D i H tulei suwmiarką analogową, wyznaczyć jego objętość i niepewność objętość z prawdopodobieństwem $P = 95,4\%$
2. Jako niepewność dominująca każdego mierzonego wymiaru D i H przyjąć niepewność standardowa typu A liczoną wg równania (6).
3. Obliczyć niepewność standardową objętości wykorzystując metodę pośrednią tj.:

$$\frac{u(V)}{V} = \sqrt{\left(\frac{u(H)}{H}\right)^2 + 4\left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$$

4. Zapisać poprawnie wynik tzn.:

$$V = (\bar{V} \pm k \cdot u(V)) = (\bar{V} \pm U(V)) \text{mm}^3, \text{ dla } P = 95,4\%$$

Literatura

1. Jerzy Arendarski: *Niepewność pomiarów*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006
2. Danuta Turzeniecka : *Ocena niepewności wyniku pomiaru*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej , Poznań 1997

