

STANDARDY CNBOP-PIB

OCHRONA PRZECIWPOŻAROWA

WYDANIE  
1

Metodologia szacowania oraz wyrażania niepewności  
pomiaru

CNBOP-PIB-BS01P:2018



CENTRUM NAUKOWO-BADAWCZE  
OCHRONY PRZECIWPOŻAROWEJ  
im. Józefa Tuliszковского  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Standard CNBOP-PIB-BS01P:2018 wyd. 1

Dokument opracował :

dr inż. Tobiasz Mazan  
mgr inż. Grzegorz Anusz  
mgr inż. Leszek Jurecki

Recenzenci:

dr inż. Jacek Roguski  
mgr inż. Jacek Małek

Przygotowanie do wydania:

Katarzyna Szulejewska

Projekt okładki: Julia Pinkiewicz  
Projekt graficzny zawartości: Robert Śliwiński  
Grafiki na okładce: made by Freepik.com

© Copyright by Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej  
im. Józefa Tuliszkowskiego  
Państwowy Instytut Badawczy

© Każda część niniejszego standardu może być przedrukowywana lub kopiowana jakąkolwiek techniką bez pisemnej zgody Dyrektora Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowego Instytutu Badawczego

Wydawca:

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej  
im. Józefa Tuliszkowskiego  
Państwowy Instytut Badawczy  
05-420 Józefów k/Otwocka, ul. Nadwiślańska 213  
tel. (22) 76 93 200, 300; fax: (22) 76 93 356  
[www.cnbop.pl](http://www.cnbop.pl)  
e-mail: [cnbop@cnbop.pl](mailto:cnbop@cnbop.pl)

Wydanie I, kwiecień 2018, Józefów

## SPIS TREŚCI

|   |    |
|---|----|
| 1. SŁOWO WSTĘPNE.....   | 4  |
| 2. DEFINICJE .....  | 4  |
| 3. OPIS POSTĘPOWANIA DLA METOD ILOŚCIOWYCH .....                    | 5  |
| 3.1. Krotność pomiaru.....  | 5  |
| 3.2. Wynik pomiaru.....   | 5  |
| 3.3. Szacowanie niepewności pomiaru.....                            | 5  |
| 4. OPIS POSTĘPOWANIA DLA METOD JAKOŚCIOWYCH.....                    | 11 |
| 5. PREZENTACJA WYNIKÓW.....   | 12 |
| 5.1. Metody ilościowe.....  | 12 |
| 5.1. Metody jakościowe.....   | 15 |
| 6. OBLICZANIE NIEPEWNOŚCI ZA POMOCĄ DOKUMENTÓW ELEKTRONICZNYCH..... | 16 |
| 6.1. Pomiar wielokrotny- badanie akredytowane .....                 | 16 |
| 6.2. Pomiar wielokrotny- badanie nieakredytowane .....              | 18 |
| 6.3. Pomiar jednokrotny .....                                       | 20 |
| 6.4. Test na błąd gruby .....                                       | 22 |
| 6.5. Sprawdzenia .....  | 23 |
| 7. STWIERDZENIE ZGODNOŚCI ZE SPECYFIKACJĄ .....                     | 26 |
| 8. LITERATURA.....  | 27 |
| 9. DZIAŁALNOŚĆ LABORATORIÓW.....                                    | 28 |

## 1. SŁOWO WSTĘPNE

Celem niniejszego standardu jest określenie rekomendowanych zasad postępowania oraz zapewnienie poprawności sposobu obliczania i wyrażania niepewności pomiarów wykonywanych w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej (CNBOP-PIB), z uwzględnieniem wytycznych dokumentu EA-04/16.

Standard stosuje się łącznie z poszczególnymi procedurami badawczymi, dla metod badawczych w rozumieniu dokumentu DAB-07, gdy zastosowana metoda badawcza (np. norma) nie określa innego sposobu obliczania i wyrażania niepewności pomiarów. W przypadku, gdy użyta metoda badawcza (normatywna) określa inny sposób szacowania niepewności wyniku pomiaru, sposób postępowania opisany w niniejszym standardzie nie ma zastosowania.

## 2. DEFINICJE

**Wynik pomiaru** to *estymata* (przybliżenie) nieznannej wartości rzeczywistej  $x_0$  uzyskiwana z określonej metody badawczej. W przytłaczającej większości przypadków wynik pomiaru jest tożsamy z wartością średniej arytmetycznej serii pomiarowej.

Przez **błąd pomiaru** rozumiemy różnicę między wartością zmierzoną pojedynczego pomiaru  $x_i$  a wartością rzeczywistą  $x_0$ .

**Niepewność pomiaru** jest parametrem określającym przedział wartości wokół przyjętego wyniku pomiaru, który z zadaniem **poziomem ufności** (prawdopodobieństwem) zawiera wartość rzeczywistą  $x_0$ . Niepewność jest statystyczną konsekwencją błędów pomiaru.

**Niepewność standardowa** to niepewność pomiaru wyrażona w formie odchylenia standardowego zadanej populacji danych (bądź jego estymaty).

**Niepewność rozszerzona** to niepewność standardowa rozszerzona (pomnożona) przez określony współczynnik rozszerzenia  $k$  w celu zwiększenia poziomu ufności analizy.

**Metoda ilościowa** to metoda badawcza, dla której wielkość mierzona ma postać wartości liczbowej.

**Metoda jakościowa** to metoda badawcza, dla której wielkość mierzona ma postać wartości logicznej (binarnej lub wielowartościowej).

**Cyframi znaczącymi** (pewnymi) nazywamy wszystkie cyfry przybliżonej liczby, z wyjątkiem zer położonych na lewo od pierwszej różnej od zera cyfry. Cyfry znaczące określają stopień przybliżenia.

### 3. OPIS POSTĘPOWANIA DLA METOD ILOŚCIOWYCH

#### 3.1. KROTNOŚĆ POMIARU

W Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej (CNBOP-PIB) pomiary pojedyncze w danej serii pomiarów wykonuje się z krotnością określoną w danej procedurze badawczej lub metodzie badawczej (normatywnej). Jeżeli dana procedura badawcza lub metoda badawcza nie określa krotności, wybór należy do kierownika Zespołu Laboratoriów lub kierownika ds. technicznych. Niniejszy standard zaleca pomiar co najmniej trójkrotny, o ile jest to możliwe z praktycznego punktu widzenia.

#### 3.2. WYNIK POMIARU

Jeżeli dana procedura badawcza lub metoda badawcza nie stanowi inaczej, za wynik pomiaru  $x$  (estymatę nieznannej wartości rzeczywistej  $x_0$ ) przyjmujemy wartość średniej arytmetycznej  $\bar{x}$  dla danej serii pomiarowej ( $n$  kolejnych pomiarów  $x_i$ ):

$$x \equiv \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

W niektórych przypadkach bardziej zasadne jest stosowanie innych parametrów statystycznych np. mediany (lub maksimum) serii pomiarowej w przypadku pomiaru poziomu ciśnienia akustycznego. Niekiedy za wynik pomiaru uznaje się każdy z pojedynczych wyników serii pomiarowej.

#### 3.3. SZACOWANIE NIEPEWNOŚCI POMIARU

Na niepewność pomiaru składają się:

- Błąd przypadkowy – niemożliwe do przewidzenia fluktuacje układu pomiarowego, środowiska, sposobu wykonania i odczytu pomiaru przez eksperymentatora.
- Błąd systematyczny – błędy przyrządów pomiarowych, niewłaściwe środowisko badania.

Wynik każdego pojedynczego pomiaru można zapisać w postaci:

$$x_i = x_0 + \epsilon_i + \Delta$$

## STANDARD CNBOP-PIB-BS01P:2018

gdzie:  $x_0$  – wartość prawdziwa wielkości mierzonej,  $\epsilon_i$  – wkład błędu przypadkowego dla  $i$ -tego pomiaru,  $\Delta$  – wkład błędu systematycznego.

W badaniach laboratoryjnych powinno się uwzględniać oba powyższe źródła błędów i obliczać całkowitą niepewność wyniku pomiaru (tzw. metoda pełna). W praktyce wytyczna EA-04/16 mówi, że o funkcji gęstości prawdopodobieństwa wartości mierzonych można wnioskować zarówno na podstawie powtarzanych pomiarów (wyznaczanie typu A), jak i naukowej oceny możliwych wpływów na zmienność danej jednostki (wyznaczanie typu B). Pierwsza z tych metod efektywnie zaniedbuje wkład błędów systematycznych, druga zaniedbuje błąd przypadkowy. Niniejsza instrukcja, w celu zapewnienia porównywalności wyników liczbowych niepewności, zaleca podawanie informacji o metodzie wyznaczania wraz z odpowiednim przedziałem niepewności.

Zakłada się, że błąd przypadkowy występuje dla każdej serii pomiarowej, w związku z czym jeżeli wyniki pomiarów nie wykazują rozrzutu, czyli  $x_1=x_2=\dots=x_i$ , przyjmuje się niewystarczającą czułość przyrządu pomiarowego i/lub dominację błędów systematycznych. W tym przypadku niepewność szacuje się jak dla pomiaru jednokrotnego.

Za pomiar bezpośredni przyjmuje się każdą sytuację, dla której wielkość mierzona odczytuje się z przyrządu pomiarowego. Pomiar pośredni wymaga obliczenia wielkości mierzonej z określonej zależności funkcyjnej.

Reasumując, poniższa tabela przypisuje procedurę wyznaczania niepewności dla określonego rodzaju badania bezpośredniego:

**Tabela 1.** Procedura wyznaczania niepewności pomiaru dla określonego rodzaju badania bezpośredniego.

| Rodzaj badania            | Wyznaczanie wg. | Metoda wyznaczania |
|---------------------------|-----------------|--------------------|
| <i>Pomiar wielokrotny</i> |                 |                    |
| Wyniki wykazują rozrzut   |                 |                    |
| • Badanie akredytowane    | 3.3.1           | Pełna              |
| • Badanie nieakredytowane | 3.3.2           | A                  |
| Brak rozrzutu wyników     | 3.3.3           | B                  |
| <i>Pomiar jednokrotny</i> | 3.3.3           | B                  |

**Źródło:** Opracowanie własne.

Jeśli mamy do czynienia z  pomiarem pośrednim, obliczone w powyższy sposób wkłady pomiarów bezpośrednich należy uwzględnić przy obliczaniu niepewności wg. 3.3.4.

### 3.3.1. POMIAR BEZPOŚREDNI WIELOKROTNY (METODA PEŁNA)

W przypadku szacowania niepewności dla pomiaru bezpośredniego wielokrotnego metodą pełną należy wykonać następującą sekwencję kroków:

1. *Arbitralne odrzucenie błędu grubego* (wyniku znacznie odbiegającego od średniej serii pomiarowej) na podstawie oceny wynikającej z własnego doświadczenia badawczego. W przypadkach spornych należy zastosować statystyczny test Dixona/Grubbsa. Po wykonaniu tego kroku analizowana seria pomiarowa powinna zawierać co najmniej trzy wyniki. W przeciwnym razie należy wykonać dodatkowe pomiary tak, żeby powyższy warunek został spełniony.
2. *Obliczenie niepewności standardowej pomiaru związanej z błędem przypadkowym* (zakładamy rozkład normalny). Parametr  $u_r(x) \equiv s_x^-$  (estymator odchylenia standardowego średniej) obliczamy zgodnie ze wzorem:

$$u(x) \equiv s_x^- = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n \cdot (n-1)}}$$

gdzie:  $x_i$  – kolejne wartości pomiarów w serii pomiarowej,  $\bar{x}$  – średnia arytmetyczna serii pomiarowej,  $n$  – liczba pomiarów w serii.

Można skorzystać z programu do obróbki statystycznej danych. W MS Excel potrzebny parametr uzyskujemy, dzieląc wynik funkcji ODCH.STANDARD.PRÓBK1 przez  $\sqrt{n}$ .

Jeśli wynikiem pomiaru jest pojedynczy, wynik serii pomiarowej uzyskany wyżej estymator odchylenia standardowego średniej należy pomnożyć przez  $\sqrt{n}$ .

3. *Obliczenie niepewności standardowej pomiaru związanej z błędem systematycznym* (zakładamy rozkład jednostajny).
  - a) *Błąd graniczny przyrządu pomiarowego  $\Delta x_{prz}$* 
    - Przyrządy proste

$\Delta x_{prz}$  = połowa działki elementarnej

(przymiar milimetrowy, termometr cieczowy)

$\Delta x_{prz}$  = działka elementarna (suwmiarka)

- Elektryczne mierniki cyfrowe

$$\Delta x_{prz} = c_1 \cdot x + c_2 \cdot zakres$$

gdzie:  $x$  – wartość mierzona,  $c_1, c_2$  – parametry procentowe (przyczynki do niepewności) określone w dokumentacji technicznej przyrządu w odniesieniu do kolejno wartości mierzonej oraz zakresu pomiarowego

- Elektryczne mierniki analogowe (wskazówkowe)

$$\Delta x_{prz} = \frac{klasa}{100} \cdot zakres$$

gdzie: klasa jest symbolem określającym własności przyrządu

(umieszczony zwykle pod szybką)

- Przypadek ogólny:  $\Delta x_{prz}$  lub  $U_{wzr}$  – niepewność rozszerzona ze świadectwa wzorcowania odpowiednia dla uzyskanej wartości mierzonej (wraz ze współczynnikiem rozszerzenia  $k_{wzr}$ ).

- b) *Błąd graniczny środowiska pomiarowego*  $\Delta x_{sr}$  określany jest na podstawie wiedzy literaturowej. Badania przeprowadzane w laboratoriach CNBOP-PIB prowadzone są zgodnie z wytycznymi norm, które określają warunki środowiskowe takie, aby nie miały one znaczącego wpływu na mierzoną wielkość. W związku z tym przyjmujemy, iż warunki środowiskowe nie mają wpływu na wynik pomiaru. Wyjątkiem są sytuacje nagłego wzrostu temperatury czy zmiana otoczenia chemicznego w trakcie przeprowadzanego pomiaru.
- c) *Identyfikacja dodatkowych źródeł błędu systematycznego*  $\Delta x_d$  (w razie konieczności) np. błąd obserwatora, jeśli da się wykazać, że wynik pomiaru jest zawsze zaniżony lub zawyżony w porównaniu z wartością rzeczywistą.
- d) *Niepewność standardową dla poszczególnych błędów systematycznych* obliczamy ze wzorów:

$$u_{prz}(x) = \frac{\Delta x_{prz}}{\sqrt{3}} \quad \text{lub} \quad u_{prz}(x) = \frac{U_{wzr}}{k_{wzr}}; \quad u_{sr}(x) = \frac{\Delta x_{sr}}{\sqrt{3}}; \quad u_d(x) = \frac{\Delta x_d}{\sqrt{3}}$$

- e) *Zbiorną niepewność standardową błędu systematycznego* wyznaczamy sumując wkłady przyrządów i środowiska (oraz wszystkie dodatkowe, jeśli występują):

$$u_{st}(x) = \sqrt{u_{prz}^2(x) + u_{sr}^2(x) + u_d^2(x)}$$



## STANDARD CNBOP-PIB-BS01P:2018

4. Obliczenie całkowitej niepewności standardowej (złożenie wkładu błędu przypadkowego i systematycznego) wykonujemy, używając analogicznej zależności:

$$u(x) = \sqrt{s_x^2 + u_{sr}^2(x)}$$

5. Obliczenie niepewności rozszerzonej

W celu podwyższenia poziomu ufności analizy całkowitą niepewność standardową powiększamy o współczynnik  $k$ . Jeżeli dana procedura badawcza lub metoda badawcza nie stanowi inaczej, przyjmujemy współczynnik  $k=2$ , co odpowiada poziomowi ufności 95%. Na życzenie klienta dopuszcza się stosowanie wyższych współczynników, np. 3 odpowiadający poziomowi ufności 99%:

$$U(x) = k \cdot u(x)$$

### 3.3.2. POMIAR BEZPOŚREDNI WIELOKROTNY (METODA TYPU A)

Dla badań nieakredytowanych stosuje się pkt. 3.3.1., dopuszcza się jednak również wyznaczenie zbiorczego budżetu niepewności z zastosowaniem metody uproszczonej. W przypadku szacowania niepewności dla pomiaru bezpośredniego wielokrotnego metoda uproszczoną stosujemy punkty 1, 2 oraz 5 metody pełnej (zaniedbuje się błąd systematyczny dla przyrządów o aktualnym świadectwie wzorcowania i znormalizowanego środowiska badawczego).

### 3.3.3. POMIAR BEZPOŚREDNI JEDNOKROTNY

W przypadku szacowania niepewności dla pomiaru bezpośredniego jednokrotnego stosujemy punkty 1, 3 oraz 5 metody pełnej dla pomiaru wielokrotnego (nie ma możliwości uwzględnienia błędu przypadkowego). W punkcie 5 przyjmujemy współczynnik  $k=1.65$  (zamiast 2), co daje w przybliżeniu 95% poziom ufności dla rozkładu jednostajnego.

### 3.3.4. POMIAR POŚREDNI

Niepewność standardowa złożona jest związana z pomiarami pośrednimi, tzn. takimi w których wielkości fizycznej nie da się zmierzyć pojedynczym przyrządem. Wielkość mierzona  $y$  obliczamy korzystając ze związku funkcyjnego, który można zapisać w ogólnej postaci:  $y=f(x_1, x_2, \dots, x_m)$ , gdzie symbolami  $x_1, x_2, \dots, x_m$  oznaczamy  $m$  wielkości fizycznych mierzonych bezpośrednio. Obliczamy średnie  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m$  i niepewności standardowe  $u(x_1), u(x_2), \dots, u(x_m)$  poszczególnych pomiarów bezpośrednich. Wielkość mierzona obliczamy wówczas korzystając ze wzoru:  $y \approx \bar{y} \cong f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m)$

Jeśli nie występują odpowiednie przesłanki co do współzależności mierzonych parametrów, zakładamy brak korelacji pomiędzy wielkościami  $x_1, x_2, \dots, x_m$  mierzonymi niezależnie.

|   |
|---|
| <p><b>Funkcja:</b> <math>y = x_1 + x_2 - x_3</math></p> $\bar{y} = \bar{x}_1 + \bar{x}_2 - \bar{x}_3$ $u(y) = \sqrt{u^2(x_1) + u^2(x_2) + u^2(x_3)}$ $\frac{u(y)}{\bar{y}} = \frac{\sqrt{u^2(x_1) + u^2(x_2) + u^2(x_3)}}{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 - \bar{x}_3}$   |
| <p><b>Funkcja:</b> <math>y = \frac{x_1 x_2}{x_3}</math></p> $\bar{y} = \frac{\bar{x}_1 \bar{x}_2}{\bar{x}_3}$ $u(y) = \frac{\bar{x}_1 \bar{x}_2}{\bar{x}_3} \sqrt{\left[\frac{u(x_1)}{\bar{x}_1}\right]^2 + \left[\frac{u(x_2)}{\bar{x}_2}\right]^2 + \left[\frac{u(x_3)}{\bar{x}_3}\right]^2}$ $\frac{u(y)}{\bar{y}} = \sqrt{\left[\frac{u(x_1)}{\bar{x}_1}\right]^2 + \left[\frac{u(x_2)}{\bar{x}_2}\right]^2 + \left[\frac{u(x_3)}{\bar{x}_3}\right]^2}$         |
| <p><b>Funkcja:</b> <math>y = \frac{x_1 + x_2}{x_3 - x_4}</math></p> $\bar{y} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2}{\bar{x}_3 - \bar{x}_4}$ $u(y) = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2}{\bar{x}_3 - \bar{x}_4} \sqrt{\frac{u^2(x_1) + u^2(x_2)}{(\bar{x}_1 + \bar{x}_2)^2} + \frac{u^2(x_3) + u^2(x_4)}{(\bar{x}_3 - \bar{x}_4)^2}}$ $\frac{u(y)}{\bar{y}} = \sqrt{\frac{u^2(x_1) + u^2(x_2)}{(\bar{x}_1 + \bar{x}_2)^2} + \frac{u^2(x_3) + u^2(x_4)}{(\bar{x}_3 - \bar{x}_4)^2}}$ |

**Ryc. 1.** Wyrażenia na wartość średnią, niepewność standardową oraz względną niepewność standardową dla kilku wybranych funkcji.

**Źródło:** W. Hyk, Z. Stojek, *Analiza statystyczna w laboratorium*, Wydawnictwo Naukowe PWN SA.

W przypadku pomiarów pośrednich nieskorelowanych niepewność złożoną wielkości  $y$  szacujemy przy pomocy przybliżonego wzoru:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{j=1}^m \left[ \frac{\partial f}{\partial x_j}(x_1, x_2, \dots, x_m) \right]^2 \cdot u^2(x_j)}$$

Następnie wyznaczamy niepewność rozszerzoną przyjmując współczynnik  $k$  zgodnie z rozkładem decydującego czynnika niepewności.

Wzory na niepewność złożoną w formie zamkniętej dla kilku prostych funkcji zostały przedstawione na Ryc. 1.

## 4. OPIS POSTĘPOWANIA DLA METOD JAKOŚCIOWYCH

Wielkości mierzone dostarczane przez metody jakościowe są zapisywane w postaci: wynik negatywny/pozytywny lub stan A/B/.../n – mają więc charakter wartości logicznych (binarnych lub wielowartościowych). Zgodnie z interpretacją ILAC-G17:2002 normy ISO/IEC 17025 nie przewiduje się obliczania niepewności dla badań jakościowych. Niemniej jednak w takim przypadku norma rekomenduje stworzenie dokumentu identyfikującego poszczególne składniki niepewności.

W przypadku szacowania niepewności dla metod jakościowych należy przeanalizować wpływ następujących czynników niepewności:

- *Niepewność metody*

Z tym typem niepewności mamy do czynienia kiedy metoda jakościowa przyporządkowuje określoną wartość logiczną dla zbioru wartości liczbowych. W związku z tym nawet infinitesimalna różnica parametru liczbowego, takiego jak np. różnica wysokości ratowniczych może wiązać się z drastycznie różnym rezultatem badania (ograniczenie rozdzielczością metody).

Ponadto może wystąpić znaczący rozrzut wyników badania. Wtedy pojedynczy wynik nie jest miarodajny, nie ma również możliwości statystycznego wyznaczenia wielkości mierzonej i jej niepewności. W celu minimalizacji skutków tego typu sytuacji możliwe jest kilkukrotne wykonanie próby oraz przedstawienie wyniku w postaci procentowej (ilość prób z wynikiem pozytywnym/negatywnym).

- *Niepewność przyrządów pomiarowych*

Należy określić błąd graniczny przyrządów pomiarowych tak jak w punkcie 3.3.1, a następnie porównać go ze stosowanym zakresem wielkości fizycznej np. długość odmierzanego czasu, stosowane wymiary liniowe czy wielkość stosowanego obciążenia.

- *Niepewność czynnika ludzkiego*

Ten typ niepewności wiąże się głównie z możliwością wystąpienia błędu grubego (np. niedopilnowanie właściwego odmierzenia czasu), który, inaczej niż dla metod ilościowych, nie może zostać usunięty podczas statystycznej analizy danych. Ponadto istnieje ryzyko błędnej interpretacji podczas subiektywnej oceny dokonywanej przez eksperymentatora oraz możliwe występowanie błędu systematycznego obserwatora (jeśli da się wykazać, że wynik pomiaru jest zawsze zaniżony lub zawyżony w porównaniu z wartością rzeczywistą).

## STANDARD CNBOP-PIB-BS01P:2018

- *Niepewność środowiska*

Badania przeprowadzane w laboratoriach CNBOP-PIB są prowadzone zgodnie z wytycznymi norm, które określają warunki środowiskowe takie, aby nie miały one znaczącego wpływu na mierzoną wielkość. W związku z tym przyjmujemy, iż warunki środowiskowe nie mają wpływu na wynik pomiaru. Wyjątkiem są sytuacje nagłego wzrostu temperatury czy zmiana otoczenia chemicznego w trakcie przeprowadzanego pomiaru.

Kolejnym krokiem jest *identyfikacja i analiza dodatkowych źródeł niepewności* (jeśli występują).

Dla metod ilościowych uzyskujemy szacowanie niepewności pomiaru w postaci parametru liczbowego obliczonego zgodnie z procedurą. Dla metod jakościowych do każdego z powyższych czynników niepewności należy na podstawie własnego doświadczenia badawczego przyporządkować parametr logiczny: opisową ocenę jego wpływu na wynik pomiaru: *brak, zaniedbywalny, umiarkowany, znaczny, kluczowy*.

## 5. PREZENTACJA WYNIKÓW

### 5.1. METODY ILOŚCIOWE

Wynik pomiaru  $x$  składa się z wartości mierzonej wielkości fizycznej  $x$  oraz niepewności rozszerzonej pomiaru  $U(x)$ . W celu właściwego zapisu wyniku pomiaru należy wykonać następującą sekwencję czynności:

1. Obliczenie nominalnej wartości wyniku pomiaru zgodnie z punktem 3.2 standardu,
2. Zapis nominalnej wartości wyniku.

*Uproszczone zasady:*

Ilość cyfr znaczących ostatecznego wyniku równa się ilości cyfr znaczących w elemencie składowym, który zawiera najmniej cyfr znaczących. Parametry obliczone w celu podstawienia do zależności funkcyjnej (pomiar pośredni) zapisujemy z większą ilością cyfr znaczących, którą redukujemy dopiero przy ostatecznym zapisie wyniku.

*Przykład:* 0.00345 – 3 cyfry znaczące; 3450 – 4 cyfry znaczące; 34.5004 – 6 cyfr znaczących  $32.658 + 11.23 + 4.71 = 48.598 \rightarrow$  zapis prawidłowy: 48.6

3. Obliczenie niepewności rozszerzonej zgodnie z punktem 3.3 standardu.
4. Zapis niepewności rozszerzonej z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Niepewność pomiaru zaokrąglamy zawsze w górę.

*Przykład:* Obliczony błąd bezwzględny wynosi a) 2.12 b) 1000. Po zaokrągleniu do 2 cyfr znaczących zapisujemy go jako: a) 2.2 b)  $10 \times 10^2$

5. Zapis wyniku pomiaru wraz z niepewnością, tak żeby były ze sobą wzajemnie zgodne (ostatnia cyfra znacząca ostatecznego wyniku powinna być na tym samym miejscu dziesiętnym co błąd bezwzględny).

## STANDARD CNBOP-PIB-BS01P:2018

Jeżeli wynik został zapisany z mniejszą dokładnością niż niepewność, redukujemy ilość cyfr znaczących w zapisie niepewności (ograniczenie dokładnością zapisu np. wtedy gdy eksperymentator zapisuje wyniki z dokładnością niższą niż możliwości przyrządu pomiarowego)

Przykład: Z wyliczeń  $t = 23.092651s$  i  $\Delta t = 0.28212s$ , pamiętając o tym, że wartość błędu zaokrąglamy zawsze do góry zapis przyjmie postać:

$$t = 23.09 \pm 0.29 [s] \text{ ALE } t = 23s \text{ i } \Delta t = 0.28212s \text{ zaokrąglamy jako } t = 23 \pm 1 [s]$$

6. Ostateczny zapis nominalnego wyniku, wraz z niepewnością rozszerzoną, jednostką, poziomem ufności oraz metodą wyznaczania niepewności jest zależny od zastosowanej procedury wyznaczania.

Dla pomiarów bezpośrednich wynik należy zapisać w formie:

- Pomiar wielokrotny, badanie akredytowane, występuje rozrzut wyników:

$$x \pm U(x) \text{ przy poziomie ufności 95\%}$$

- Pomiar wielokrotny, badanie nieakredytowane, występuje rozrzut wyników:

$$x \pm U(x) \text{ przy poziomie ufności 95\% dla wyznaczania typu A}$$

- Pomiar wielokrotny, brak rozrzutu wyników:

$$x \pm U(x) \text{ przy poziomie ufności 95\% dla wyznaczania typu B}$$

- Pomiar jednokrotny:

$$x \pm U(x) \text{ przy poziomie ufności 95\% dla wyznaczania typu B}$$

Dla pomiarów pośrednich wynik należy zapisać w formie:

$$x \pm U(x) \text{ przy poziomie ufności 95\% niepewności złożonej}$$

Przykład:  $t = 23.09 \pm 0.29 [s]$  przy poziomie ufności 95% dla wyznaczania typu A

Należy dodać odpowiednią tabelę podsumowującą budżet niepewności (zgodnie ze wzorem):

- Dla pomiarów bezpośrednich:

## STANDARD CNBOP-PIB-BS01P:2018

| Źródło niepewności | Symbol niepewności  | Wartość niepewności standardowej | Rozkład prawdopodobieństwa | Wynik pomiaru                |                        |             |
|--------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------|-------------|
|                    |                     |                                  |                            | Estymata wielkości mierzonej | Niepewność rozszerzona |             |
| Błąd przypadkowy   | $u_r(x)$            | wg. 3.3                          | normalny                   | wg. 3.2                      | Zapis wg. pkt. 5.1.    |             |
| Błąd standardowy   |                     | $u_{st}(x)$                      | wg. 3.3                    |                              |                        | jednostajny |
|                    | Przyrządy pomiarowe | $u_{prz}(x)$                     | wg. 3.3                    |                              |                        | jednostajny |
|                    | Środowisko          | $u_{sr}(x)$                      | wg. 3.3                    |                              |                        | jednostajny |

Ryc. 2. Wzór tabeli załączanej do karty pomiarowej zlecenia dla pomiarów bezpośrednich (na niebiesko wartości do wypełnienia).

Źródło: Opracowanie własne.

- Dla pomiarów pośrednich:

| Źródło niepewności                                    | Symbol niepewności | Wartość niepewności standardowej | Rozkład prawdopodobieństwa | Wynik pomiaru                |                        |
|---|--------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------|
|   |                    |                                  |                            | Estymata wielkości mierzonej | Niepewność rozszerzona |
| Nazwa czynnika składowego $x_1$ zależności funkcyjnej | $u(x_1)$           | wg. 3.3                          | wg. 3.3                    | wg. 3.2                      | Zapis wg. pkt. 5.1.    |
| Nazwa czynnika składowego $x_2$ zależności funkcyjnej | $u(x_2)$           | wg. 3.3                          | wg. 3.3                    |                              |                        |
| Nazwa czynnika składowego $x_3$ zależności funkcyjnej | $u(x_3)$           | wg. 3.3                          | wg. 3.3                    |                              |                        |

Ryc. 3. Wzór tabeli załączanej do karty pomiarowej zlecenia dla pomiarów pośrednich (na niebiesko wartości do wypełnienia).

Źródło: Opracowanie własne.

W przypadku wyznaczania typu A dla błędu standardowego wstawiamy symbol „-”. Analogicznie postępujemy dla błędu przypadkowego w przypadku wyznaczania typu B.

## 5.2. METODY JAKOŚCIOWE

Dla metod jakościowych wynik badania zapisujemy w zależności od typu zwracanej wartości logicznej:

- Wartość binarna (dwa możliwe wyniki badania):  
*Wynik badania/sprawdzenia uznaje się za pozytywny/negatywny*
- Logika wielowartościowa (więcej niż dwa możliwe wyniki, określenie stanu):  
 W tym przypadku należy jednoznacznie określić przedmiot badania, stany A/B/./n, w których może się on znajdować oraz stan w jakim faktycznie się znajduje określony w wyniku badania.

Należy dodać odpowiednią tabelę podsumowującą jakościowy budżet niepewności (zgodnie ze wzorem):

| Czynnik niepewności | Opisowa ocena znaczenia czynnika niepewności | Rodzaj błędu   | Rozkład prawdopodobieństwa |
|---------------------|--|--|----------------------------|
| Metoda              | wg. pkt. 4                                   | przypadkowy:<br>rozdzielczość metody/<br>rozrzut wyników | normalny                   |
| Wzorcowanie         | wg. pkt. 4                                   | systematyczny  | jednostajny                |
| Eksperymentator     | wg. pkt. 4                                   | gruby/<br>systematyczny/<br>interpretacja                | - / jednostajny            |
| Środowisko          | wg. pkt. 4                                   | systematyczny  | jednostajny                |

Ryc. 4. Wzór tabeli załączanej do karty pomiarowej zlecenia dla metod jakościowych (na niebiesko wartości do wypełnienia).

Źródło: Opracowanie własne.

## 6. OBLICZANIE NIEPEWNOŚCI ZA POMOCĄ DOKUMENTÓW ELEKTRONICZNYCH

W celu usprawnienia wyznaczania niepewności pomiaru został przygotowany odpowiedni dokument elektroniczny w formacie programu MS Excel: „Arkusz obliczania niepewności pomiaru bezpośredniego”. Kolejne rozdziały odpowiadają zakładkom ww. dokumentu.

### 6.1. POMIAR WIELOKROTNY- BADANIE AKREDYTOWANE

Komentarze objaśniające do kolejnych komórek (Ryc. 5.):

#### 1. DANE WEJŚCIOWE

- a) *Seria pomiarowa* – Co najmniej trzy pozycje, wpisujemy po odrzuceniu błędów grubych
  - $x_i$  – Kolejne wyniki w serii pomiarowej
- b) *Przyrządy pomiarowe* – Jeśli dany przyrząd nie występuje wpisujemy 0
  - $A$  – Wartość działki elementarnej
  - $c_1$  – Parametr procentowy (przyczynek do niepewności) określony w dokumentacji technicznej dla wartości mierzonej
  - $c_2$  – Parametr procentowy (przyczynek do niepewności) określony w dokumentacji technicznej dla zakresu pomiarowego
  - $zakres_1$  – Zakres wskazań miernika cyfrowego
  - $zakres_2$  – Zakres wskazań miernika analogowego
  - $klasa$  – Symbol określający własności przyrządu (umieszczony zwykle pod szybką)
  - $U_{wzr}(x)$  – Niepewność rozszerzona ze świadectwa wzorcowania
    - $k_{wzr}$  – Współczynnik rozszerzenia na świadectwie wzorcowania przyrządu, zwykle równy 2
- c) *Środowisko* – Błąd graniczny środowiska, zwykle 0
- d) *Czynnik dodatkowy* – Błąd graniczny dodatkowego czynnika niepewności, zwykle 0
- e) *Współczynnik rozszerzenia  $k$*  – zwykle 2



## STANDARD CNBOP-PIB-BS01P:2018

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data tables:

| DANE WEJŚCIOWE  |                     |                 |       |                   |         |                  |             |                   |                           |     |  |
|-----------------|---------------------|-----------------|-------|-------------------|---------|------------------|-------------|-------------------|---------------------------|-----|--|
| Seria pomiarowa | Przyrządy pomiarowe |                 |       |                   |         |                  | Środowisko  | Czynnik dodatkowy | Współczynnik rozszerzenia |     |  |
|                 | Przyrząd prosty     | Miernik cyfrowy |       | Miernik analogowy |         | Przypadek ogólny |             |                   |                           |     |  |
| $x_i$           | $a$                 | $c_1$           | $c_2$ | zakres1           | zakres2 | klasa            | $U_{sr}(x)$ | $\Delta x_{sr}$   | $\Delta x_c$              | $k$ |  |
| 2,22            | 0                   | 0               | 0     | 0                 | 0,6     | 1,5              | 0           | 0                 | 0                         | 2   |  |
| 2,18            |                     |                 |       |                   |         |                  | kwp         |                   |                           |     |  |
| 2,16            |                     |                 |       |                   |         |                  |             |                   |                           |     |  |
| 2,13            |                     |                 |       |                   |         |                  |             |                   |                           |     |  |

| NIEPEWNOŚĆ STANDARDOWA |                    |            |            |            |                |
|------------------------|--------------------|------------|------------|------------|----------------|
| Błąd przypadkowy       | Błąd systematyczny |            |            |            | Całkowity błąd |
| $u_r(x)$               | $u_{prz1}$         | $u_{prz2}$ | $u_{prz3}$ | $u_{prz4}$ | $u_{sr}(x)$    |
| 0,018874586            | 0                  | 0          | 0,005196   | 0          | 0,005196       |
|                        |                    |            |            |            | 0,019576772    |

| WYNIK BADANIA  |                        |
|----------------|------------------------|
| Wynik pomiaru  | Niepewność rozszerzona |
| $\bar{x}_{sr}$ | $\pm u(x)$             |
| 2,1725         | 0,039153544            |

Ryc. 5. Widok zakładki „P.wielokrotny-B.akredytowane” w dokumencie elektronicznym „Arkusze obliczania niepewności pomiaru bezpośredniego”.

Źródło: Opracowanie własne.

## 2. NIEPEWNOŚĆ STANDARDOWA

### a) Błąd przypadkowy

- $u_r(x)$  – Wkład błędu przypadkowego

### b) Błąd systematyczny

- $u_{prz1}$  – Wkład przyrządów pomiarowych: przyrząd prosty
- $u_{prz2}$  – Wkład przyrządów pomiarowych: miernik cyfrowy
- $u_{prz3}$  – Wkład przyrządów pomiarowych: miernik analogowy
- $u_{prz4}$  – Wkład przyrządów pomiarowych: przypadek ogólny
- $u_{sr}(x)$  – Wkład środowiska pomiarowego
- $u_{st}(x)$  – Zbiorczy wkład błędu systematycznego

### c) Całkowity błąd

- $u(x)$  – Całkowita niepewność standardowa

## 3. WYNIK BADANIA

### a) Wynik pomiaru

## STANDARD CNBOP-PIB-BS01P:2018

- $x_{sr}$  - Za estymator wartości rzeczywistej niemal zawsze przyjmuje się średnią arytmetyczną serii pomiarowej
- b) *Niepewność rozszerzona*
  - $\pm U(x) - k \cdot u(x)$

## 6.2. POMIAR WIELOKROTNY- BADANIE NIEAKREDYTOWANE

Komentarze objaśniające do kolejnych komórek (Ryc. 6.):

### 1. DANE WEJŚCIOWE

- a) *Seria pomiarowa* - Co najmniej trzy pozycje, wpisujemy po odrzuceniu błędów grubych
  - $x_i$  - Kolejne wyniki w serii pomiarowej
- b) *Przyrządy pomiarowe* - Wszędzie wpisujemy 0
  - $a$  - Wartość działki elementarnej
  - $c_1$  - Parametr procentowy (przyczynek do niepewności) określony w dokumentacji technicznej dla wartości mierzonej
  - $c_2$  - Parametr procentowy (przyczynek do niepewności) określony w dokumentacji technicznej dla zakresu pomiarowego
  - $zakres_1$  - Zakres wskazań miernika cyfrowego
  - $zakres_2$  - Zakres wskazań miernika analogowego
  - $klasa$  - Symbol określający własności przyrządu (umieszczony zwykle pod szybką)
  - $U_{wzr}(x)$  - Niepewność rozszerzona ze świadectwa wzorcowania
    - $k_{wzr}$  - Współczynnik rozszerzenia na świadectwie wzorcowania przyrządu, zwykle równy 2
- c) *Środowisko* - Błąd graniczny środowiska, zawsze 0
- d) *Czynnik dodatkowy* - Błąd graniczny dodatkowego czynnika niepewności, zawsze 0
- e) *Współczynnik rozszerzenia k* - zwykle 2

## STANDARD CNBOP-PIB-BS01P:2018

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following tables:

| DANE WEJŚCIOWE  |                     |                 |                   |                  |            |                   |                           |              |              |   |
|-----------------|---------------------|-----------------|-------------------|------------------|------------|-------------------|---------------------------|--------------|--------------|---|
| Seria pomiarowa | Przyrządy pomiarowe |                 |                   |                  |            |                   |                           |              |              |   |
|                 | Przyrząd prosty     | Miernik cyfrowy | Miernik analogowy | Przypadek ogólny | Środowisko | Czynnik dodatkowy | Współczynnik rozszerzenia |              |              |   |
| $x_i$           | a                   | $c_1$           | $c_2$             | zakres1          | zakres2    | klasa             | $U_{w(x)}$                | $\Delta x_r$ | $\Delta x_e$ | k |
| 368,6           |                     | 0               | 0                 | 0                | 0          | 0                 | 0                         | 0            | 0            | 2 |
| 370,2           |                     |                 |                   |                  |            |                   | kw                        |              |              |   |
| 369,6           |                     |                 |                   |                  |            |                   | 2                         |              |              |   |

| NIEPEWNOŚĆ STANDARDOWA |                    |           |           |           |             |             |                |
|------------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|----------------|
| Błąd przypadkowy       | Błąd systematyczny |           |           |           |             |             | Całkowity błąd |
| $u(x)$                 | $u_{pr1}$          | $u_{pr2}$ | $u_{pr3}$ | $u_{pr4}$ | $u_{sr}(x)$ | $u_{st}(x)$ | $u(x)$         |
| 0,48074017             | 0                  | 0         | 0         | 0         | 0           | 0           | 0,48074017     |

| WYNIK BADANIA |                        |
|---------------|------------------------|
| Wynik pomiaru | Niepewność rozszerzona |
| $\bar{x}_r$   | $\pm U(x)$             |
| 369,5333333   | 0,96148034             |

Ryc. 6. Widok zakładki „P.wielokrotny – B.nieakredytowane” w dokumencie elektronicznym „Arkusz obliczania niepewności pomiaru bezpośredniego”.

Źródło: Opracowanie własne.

## 2. NIEPEWNOŚĆ STANDARDOWA

### a) Błąd przypadkowy

- $u_r(x)$  – Wkład błędu przypadkowego

### b) Błąd systematyczny

- $u_{pr1}$  – Wkład przyrządów pomiarowych: przyrząd prosty
- $u_{pr2}$  – Wkład przyrządów pomiarowych: miernik cyfrowy
- $u_{pr3}$  – Wkład przyrządów pomiarowych: miernik analogowy
- $u_{pr4}$  – Wkład przyrządów pomiarowych: przypadek ogólny
- $u_{sr}(x)$  – Wkład środowiska pomiarowego
- $u_{st}(x)$  – Zbiórca wkład błędu systematycznego, zawsze 0

### c) Całkowity błąd

- $u(x)$  – Całkowita niepewność standardowa

## 3. WYNIK BADANIA

### a) Wynik pomiaru

- $\bar{x}_{sr}$  – Za estymator wartości rzeczywistej niemal zawsze przyjmuje się średnią arytmetyczną serii pomiarowej

- b) *Niepewność rozszerzona*
- $\pm U(x) - k \cdot u(x)$

### 6.3. POMIAR JEDNOKROTNY

Komentarze objaśniające do kolejnych komórek (Ryc. 7.):

#### 1. DANE WEJŚCIOWE

- a) *Seria pomiarowa* – Seria zawiera pojedynczy wynik pomiaru, wpisujemy po odrzuceniu błędów grubych
- $x_i$  – Wynik pomiaru
- b) *Przyrządy pomiarowe* – Jeśli dany przyrząd nie występuje wpisujemy 0
- $A$  – Wartość działki elementarnej
  - $c_1$  – Parametr procentowy (przyczynek do niepewności) określony w dokumentacji technicznej dla wartości mierzonej
  - $c_2$  – Parametr procentowy (przyczynek do niepewności) określony w dokumentacji technicznej dla zakresu pomiarowego
  - $zakres_1$  – Zakres wskazań miernika cyfrowego
  - $zakres_2$  – Zakres wskazań miernika analogowego
  - $klasa$  – Symbol określający własności przyrządu (umieszczony zwykle pod szybką)
  - $U_{wzr}(x)$  – Niepewność rozszerzona ze świadectwa wzorcowania
    - $k_{wzr}$  – Współczynnik rozszerzenia na świadectwie wzorcowania przyrządu, zwykle równy 2
- c) *Środowisko* – Błąd graniczny środowiska, zwykle 0
- d) *Czynnik dodatkowy* – Błąd graniczny dodatkowego czynnika niepewności, zwykle 0
- e) *Współczynnik rozszerzenia  $k$*  – zwykle 1.65

## STANDARD CNBOP-PIB-BS01P:2018

| DANE WEJŚCIOWE  |                     |                 |       |                   |        |                  |                 |                   |                           |      |
|-----------------|---------------------|-----------------|-------|-------------------|--------|------------------|-----------------|-------------------|---------------------------|------|
| Seria pomiarowa | Przyrządy pomiarowe |                 |       |                   |        |                  | Środowisko      | Czynnik dodatkowy | Współczynnik rozszerzenia |      |
| $x_i$           | Przyrząd prosty     | Miernik cyfrowy |       | Miernik analogowy |        | Przypadek ogólny | $\Delta x_{sr}$ | $\Delta x_e$      | $k$                       |      |
| 8491            | a                   | $c_1$           | $c_2$ | zakres            | zakres | klasa            | $U = f(x)$      | 0                 | 0                         | 1,65 |
|                 |                     | 1               | 0     | 0                 | 0      | 0                | $k_{exp}$       |                   |                           | 2    |

| NIEPEWNOŚĆ STANDARDOWA |                    |            |            |            |             |                |
|------------------------|--------------------|------------|------------|------------|-------------|----------------|
| Błąd przypadkowy       | Błąd systematyczny |            |            |            |             | Całkowity błąd |
| $u(x)$                 | $u_{prz1}$         | $u_{prz2}$ | $u_{prz3}$ | $u_{prz4}$ | $u_{sr}(x)$ | $u_{st}(x)$    |
| 0                      | 0,288675135        | 0          | 0          | 0          | 0,288675    | 0,288675135    |

| WYNIK BADANIA |                        |  |
|---------------|------------------------|--|
| Wynik pomiaru | Niepewność rozszerzona |  |
| $x_{sr}$      | $\pm U(x)$             |  |
| 8491          | 0,476313972            |  |

Ryc. 7. Widok zakładki „P.jednokrotny” w dokumencie elektronicznym „Arkusze obliczania niepewności pomiaru bezpośredniego”.

Źródło: Opracowanie własne.

## 2. NIEPEWNOŚĆ STANDARDOWA

### a) Błąd przypadkowy

- $u_r(x)$  - Wkład błędu przypadkowego, zawsze 0

### b) Błąd systematyczny

- $u_{prz1}$  - Wkład przyrządów pomiarowych: przyrząd prosty
- $u_{prz2}$  - Wkład przyrządów pomiarowych: miernik cyfrowy
- $u_{prz3}$  - Wkład przyrządów pomiarowych: miernik analogowy
- $u_{prz4}$  - Wkład przyrządów pomiarowych: przypadek ogólny
- $u_{sr}(x)$  - Wkład środowiska pomiarowego
- $u_{st}(x)$  - Zbiórca wkład błędu systematycznego

### c) Całkowity błąd

- $u(x)$  - Całkowita niepewność standardowa

## 3. WYNIK BADANIA

### a) Wynik pomiaru

- $x_{sr}$  - Za estymator wartości rzeczywistej przyjmuje się pojedynczy wynik pomiaru

### b) Niepewność rozszerzona

- $\pm U(x) - k \cdot u(x)$

## 6.4. TEST NA BŁĄD GRUBY

Komentarze objaśniające do kolejnych komórek (Ryc. 8.):

### 1. DANE WEJŚCIOWE

a) *Seria pomiarowa* – Co najmniej trzy pozycje

- $x_i$  – Kolejne wyniki w serii pomiarowej

b) *Parametry statystyczne*

- $x_{min}$  – Minimum dla serii pomiarowej
- $x_{max}$  – Maximum dla serii pomiarowej
- $x_2$  – Kolejna wartość po minimum, wpisywana ręcznie
- $x_{(n-1)}$  – Kolejna wartość po maximum, wpisywana ręcznie
- $Q_{min}$  – Parametr testu Dixona
- $Q_{max}$  – Parametr testu Dixona
- $Q_{kryt}$  – Wartość krytyczna testu Dixona dla danej liczności serii i zadanego poziomu ufności (TABELA 1. – dla poziomu ufności 95%)

### 2. TEST DIXONA

a)  $Q_{min}/Q_{max}$  – Obowiązujący parametr:  $Q_{min}$  lub  $Q_{max}$

b) *Werdykt* – „Wartość obciążona błędem grubym to” lub „Błąd gruby nie występuje”

c)  $x_{min}/x_{max}$  – Jeśli błąd gruby występuje wartość obciążona nim to  $x_{min}$  lub  $x_{max}$

## STANDARD CNBOP-PIB-BS01P:2018

**DANE WEJŚCIOWE**

| Parametry statystyczne |           |           |       |             |           |           |            |
|------------------------|-----------|-----------|-------|-------------|-----------|-----------|------------|
| $x_i$                  | $x_{min}$ | $x_{max}$ | $x_2$ | $x_{(n-2)}$ | $Q_{min}$ | $Q_{max}$ | $Q_{kryt}$ |
| 2,22                   | 2,13      | 2,88      | 2,16  | 2,22        | 0,04      | 0,88      | 0,642      |
| 2,18                   |           |           |       |             |           |           |            |
| 2,88                   |           |           |       |             |           |           |            |
| 2,16                   |           |           |       |             |           |           |            |
| 2,13                   |           |           |       |             |           |           |            |

**TEST DIXONA**

| $Q_{min}/Q_{max}$ | Werydykt                           | $x_{min}/x_{max}$ |
|-------------------|------------------------------------|-------------------|
| 0,88              | Wartość obciążona błędem grubym to | 2,88              |

**Tabela 1. Wartości krytyczne  $Q_d$  dla testu Dixona.  $n$  – ilość pomiarów (wielkość próby).**

| $n$ | $Q_d$ | $n$ | $Q_d$ | $n$ | $Q_d$ |
|-----|-------|-----|-------|-----|-------|
| 3   | 0,941 | 11  | 0,392 | 21  | 0,295 |
| 4   | 0,765 | 12  | 0,376 | 22  | 0,290 |
| 5   | 0,642 | 13  | 0,361 | 23  | 0,285 |
| 6   | 0,560 | 14  | 0,349 | 24  | 0,281 |
| 7   | 0,507 | 15  | 0,338 | 25  | 0,277 |
| 8   | 0,468 | 16  | 0,329 | 26  | 0,273 |
| 9   | 0,437 | 17  | 0,320 | 27  | 0,269 |
| 10  | 0,412 | 18  | 0,313 | 28  | 0,266 |
|     |       | 19  | 0,306 | 29  | 0,263 |
|     |       | 20  | 0,300 | 30  | 0,260 |

Ryc. 8. Widok zakładki „Test na błąd gruby” w dokumencie elektronicznym „Arkusze obliczania niepewności pomiaru bezpośredniego”.

Źródło: Opracowanie własne.

## 6.5. SPRAWDZENIA

Komentarze objaśniające do kolejnych komórek (Ryc. 9.):

### 1. DANE WEJŚCIOWE

a) *Seria pomiarowa* – Co najmniej trzy pozycje, wpisujemy po odrzuceniu błędów grubych

- $x_i$  – Kolejne wyniki w serii pomiarowej

## STANDARD CNBOP-PIB-BS01P:2018

| DANE WEJŚCIOWE         |                       |                        |                  |                   |                     |                       |                       |                      |                    |                   |                           |                   |                      |                      |
|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|
| 2                      | Sprawdzany przyrząd   |                        |                  |                   |                     |                       |                       |                      |                    |                   |                           |                   |                      |                      |
| 3                      | Przyrząd prosty       | Miernik cyfrowy        |                  |                   |                     | Miernik analogowy     |                       | Przypadek ogólny     | Środowisko         | Czynnik dodatkowy | Współczynnik rozszerzenia | Przyrząd wzorcowy | Zadana wartość       | Dopuszczalny rozrzut |
| 4                      | x <sub>s</sub>        | a                      | c <sub>1</sub>   | c <sub>2</sub>    | zakres <sub>1</sub> | zakres <sub>2</sub>   | klasa                 | U <sub>spr</sub> (x) | Δk <sub>sr</sub>   | Δk <sub>e</sub>   | k                         | x <sub>wzr</sub>  | R <sub>dozp</sub>    |                      |
| 5                      | 2,07                  | 0                      | 0                | 0                 | 0                   | 0                     | 0                     | 0,02                 | 0                  | 0                 | 2                         | 0,016             | 2                    |                      |
| 6                      | 2,08                  |                        |                  |                   |                     |                       |                       | k <sub>wzr</sub>     |                    |                   |                           | k <sub>wzr</sub>  | Dopuszczalna różnica |                      |
| 7                      | 2,08                  |                        |                  |                   |                     |                       |                       | 2                    |                    |                   |                           | 2                 | 0,2                  |                      |
| 8                      | 2,08                  |                        |                  |                   |                     |                       |                       |                      |                    |                   |                           |                   |                      |                      |
| 9                      | 2,08                  |                        |                  |                   |                     |                       |                       |                      |                    |                   |                           |                   |                      |                      |
| NIEPEWNOŚĆ STANDARDOWA |                       |                        |                  |                   |                     |                       |                       |                      |                    |                   |                           |                   |                      |                      |
| 20                     | Błąd przypadkowy      | Błąd systematyczny     |                  |                   |                     |                       | Całkowity błąd        | Wzorzec              |                    |                   |                           |                   |                      |                      |
| 21                     | u <sub>p</sub> (x)    | u <sub>pr1</sub>       | u <sub>pr2</sub> | u <sub>pr3</sub>  | u <sub>pr4</sub>    | u <sub>pr</sub> (x)   | u <sub>pr</sub> (x)   | u <sub>p</sub> (x)   | u <sub>p</sub> (x) |                   |                           |                   |                      |                      |
| 22                     | 0,002                 | 0                      | 0                | 0                 | 0,01                | 0                     | 0,01                  | 0,010198039          | 0,008              |                   |                           |                   |                      |                      |
| KRITERIA SPRAWDZENIA   |                       |                        |                  |                   |                     |                       |                       |                      |                    |                   |                           |                   |                      |                      |
| 26                     | Wynik pomiaru         | Niepewność rozszerzona | Błąd pomiaru     | Suma geometryczna | Rozrzut             | Kryterium rozrztu     | Kryterium niepewności | Kryterium różnicy    |                    |                   |                           |                   |                      |                      |
| 27                     | x <sub>s</sub>        | ±U(x)                  | Δx               | U(Δx)             | R                   | P                     | N                     | P                    |                    |                   |                           |                   |                      |                      |
| 28                     | 2,078                 | 0,020396078            | 0,078            | 0,025922963       | 0,039               |                       |                       |                      |                    |                   |                           |                   |                      |                      |
| 29                     |                       |                        |                  | Δx+U(Δx)          |                     |                       |                       |                      |                    |                   |                           |                   |                      |                      |
| 30                     |                       |                        |                  | 0,103922963       |                     |                       |                       |                      |                    |                   |                           |                   |                      |                      |
| ZBIĘŻNOŚĆ POMIARÓW     |                       |                        |                  |                   |                     |                       |                       |                      |                    |                   |                           |                   |                      |                      |
| 36                     | Metoda 1              |                        |                  |                   |                     | Metoda 2              |                       |                      |                    |                   |                           |                   |                      |                      |
| 37                     | Sprawdzenie negatywne |                        |                  |                   |                     | Sprawdzenie pozytywne |                       |                      |                    |                   |                           |                   |                      |                      |

Ryc. 9. Widok zakładki „Sprawdzenia” w dokumencie elektronicznym „Arkusze obliczania niepewności pomiaru bezpośredniego”.

Źródło: Opracowanie własne.

b) *Sprawdzany przyrząd* – Jeśli dany przyrząd nie występuje wpisujemy 0

- A – Wartość działki elementarnej
- $c_1$  – Parametr procentowy (przyczynek do niepewności) określony w dokumentacji technicznej dla wartości mierzonej
- $c_2$  – Parametr procentowy (przyczynek do niepewności) określony w dokumentacji technicznej dla zakresu pomiarowego
- $zakres_1$  – Zakres wskazań miernika cyfrowego
- $zakres_2$  – Zakres wskazań miernika analogowego
- $klasa$  – Symbol określający własności przyrządu (umieszczony zwykle pod szybką)
- $U_{spr}(x)$  – Niepewność rozszerzona ze świadectwa wzorcowania sprawdzanego przyrządu
  - $k_{wzr}$  – Współczynnik rozszerzenia na świadectwie wzorcowania przyrządu, zwykle równy 2

c) *Środowisko* – Błąd graniczny środowiska, zwykle 0

d) *Czynnik dodatkowy* – Błąd graniczny dodatkowego czynnika niepewności, zwykle 0

e) *Współczynnik rozszerzenia k* – zwykle 2



## STANDARD CNBOP-PIB-BS01P:2018

- f) *Przyrząd wzorcowy* –  $U_{wzr}(x)$  – Niepewność rozszerzona ze świadectwa wzorcowania przyrządu wzorcowego
- $k_{wzr2}$  – Współczynnik rozszerzenia na świadectwie wzorcowania przyrządu, zwykle równy 2
- g) *Zadana wartość* –  $x_{wzr}$  – Wartość na przyrządzie wzorcowym
- h) *Dopuszczalny rozrzut* –  $R_{dop}$  – Dopuszczalny rozrzut wartości nominalnych
- *Dopuszczalna różnica*  $\Delta x_{dop}$  – Alternatywne kryterium: maksymalny dopuszczalny błąd wskazania po uwzględnieniu niepewności

## 2. NIEPEWNOŚĆ STANDARDOWA

- a) *Błąd przypadkowy*
- $u_r(x)$  – Wkład błędu przypadkowego
- b) *Błąd systematyczny*
- $u_{prz1}$  – Wkład przyrządów pomiarowych: przyrząd prosty
  - $u_{prz2}$  – Wkład przyrządów pomiarowych: miernik cyfrowy
  - $u_{prz3}$  – Wkład przyrządów pomiarowych: miernik analogowy
  - $u_{prz4}$  – Wkład przyrządów pomiarowych: przypadek ogólny
  - $u_{sr}(x)$  – Wkład środowiska pomiarowego
  - $u_{st}(x)$  – Zbiorczy wkład błędu systematycznego
- c) *Całkowity błąd*
- $u(x)$  – Całkowita niepewność standardowa
- d) *Wzorzec*
- $U_{wzr}(x)$  – Niepewność standardowa wzorca

## 3. KRYTERIA SPRAWDZENIA

- a) *Wynik pomiaru*
- $x_{sr}$  – Za estymator wartości rzeczywistej niemal zawsze przyjmuje się średnią arytmetyczną serii pomiarowej
- b) *Niepewność rozszerzona*
- $\pm U(x) = k \cdot u(x)$
- c) *Błąd pomiaru*
- $\Delta x = |x_{sr} - x_{wzr}|$
- d) *Suma geometryczna*
- $U(\Delta x)$  – Niepewność złożona rozszerzona wyznaczenia błędu pomiaru
  - $\Delta x + U(\Delta x)$  – Maksymalny błąd wskazania (95% ufności)
- e) *Rozrzut*  $R = \Delta x / x_{wzr}$
- f) *Kryterium rozrzutu* – Sprawdza rozrzut wartości nominalnych (estymat wartości mierzonej):
- $$R < R_{dop}$$

## STANDARD CNBOP-PIB-BS01P:2018

- g) *Kryterium niepewności* – Sprawdza czy wyniki są równe (tożsame) w granicach niepewności pomiaru
  - h) *Kryterium różnicy* – Alternatywne kryterium, sprawdza maksymalny błąd wskazania:  
$$\Delta X_{max} < \Delta X_{dop}$$
4. ZBIEŻNOŚĆ POMIARÓW
- a) *Metoda 1* – Kryterium zbiorcze (rozrzut+niepewność)
  - b) *Metoda 2* (rekomendowana) – Kryterium maksymalnego błędu wskazania

## 7. STWIERDZENIE ZGODNOŚCI ZE SPECYFIKACJĄ

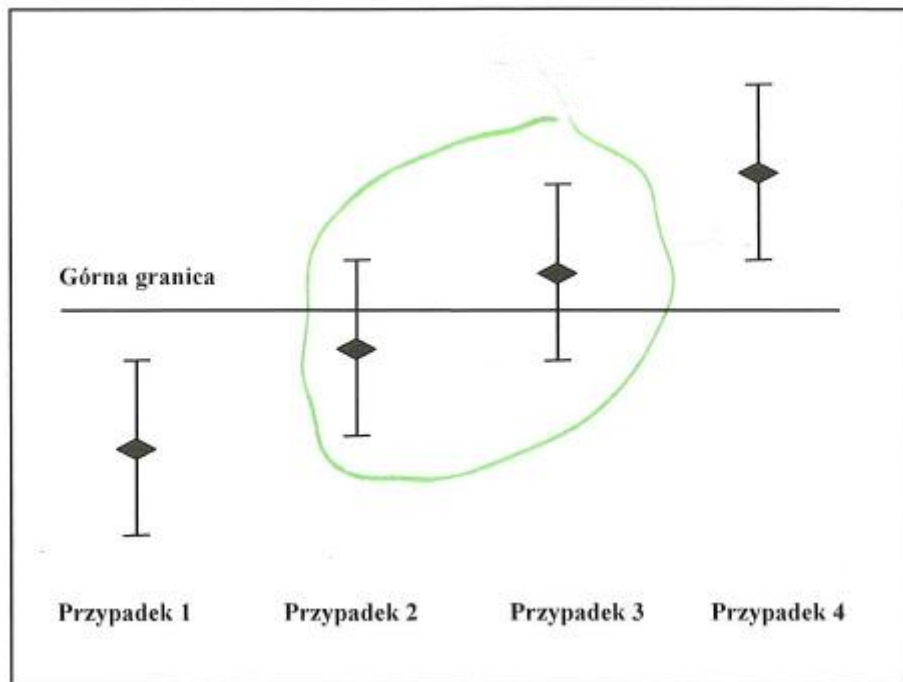
Po oszacowaniu niepewności pomiaru należy ustalić sposób interpretacji zgodności wyników z określonymi wymaganiami. Niniejszy standard opiera się w tym zakresie na wytycznych ILAC-G8:03/2009. Ryc. 10. przedstawia zalecany sposób interpretacji w odniesieniu do górnej granicy podanej w specyfikacji (dolna granica jest traktowana analogicznie):

*Przypadek 1* – „Zgodność – Wynik pomiaru z uwzględnieniem niepewności rozszerzonej znajduje się wewnątrz granicy podanej w specyfikacji”.

*Przypadek 2* – „Nie można stwierdzić zgodności, ani niezgodności przy poziomie ufności 95% dla niepewności rozszerzonej. Nominalny wynik pomiaru znajduje się wewnątrz granicy podanej w specyfikacji”.

*Przypadek 3* – „Nie można stwierdzić zgodności, ani niezgodności przy poziomie ufności 95% dla niepewności rozszerzonej”.

*Przypadek 4* – „Nie zgodność – Wynik pomiaru z uwzględnieniem niepewności rozszerzonej znajduje się na zewnątrz granicy podanej w specyfikacji”.



Ryc. 10. Zgodność z górną granicą podaną w specyfikacji.

Źródło: ILAC-G8:03/2009.

Dla wyznaczania niepewności metodą uproszczoną niniejszy standard zaleca dodanie w odpowiednim miejscu informacji o „niepewności rozszerzonej typu A” bądź „niepewności rozszerzonej typu B”. Określenie niepewności pomiaru niezbędne jest w sprawozdaniach z badań, jeśli stwierdza się występowanie *Przypadku 2* lub *Przypadku 3*.

## 8. LITERATURA

DAB-07 Akredytacja laboratoriów badawczych Wymagania szczegółowe.

EA-04/16:2003 Wytyczne EA dotyczące wyrażania niepewności w badaniach ilościowych.

ILAC-G8:03/2009 Wytyczne dotyczące przedstawiania zgodności ze specyfikacją.

ILAC-G17:2002 Wprowadzenie problematyki niepewności pomiaru w badaniach.

PN-EN ISO/IEC 17025:2005/Ap1:2007 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.

W. Hyk, Z.Stojek, *Analiza statystyczna w laboratorium*, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2016.

## 9. DZIAŁALNOŚĆ LABORATORIÓW

Zespół Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej – BA wykonuje badania w zakresie badań mechanicznych, elektrycznych, akustycznych, kompatybilności elektromagnetycznej oraz właściwości fizycznych elementów systemów sygnalizacji pożarowej, elementów dźwiękowych systemów ostrzegawczych, elementów systemów kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła oraz opraw oświetleniowych do oświetlenia awaryjnego.

Zespół Laboratoriów Urządzeń i Środków Gaśniczych – BU realizuje badania sprzętu podręcznego mające decydujące znaczenie dla efektywności stosowania podczas działań gaśniczych, określa zakres stosowania i przydatność nowoczesnych preparatów chemicznych używanych w akcjach ratowniczo-gaśniczych oraz prowadzi prace nad strukturą i właściwościami środków gaśniczych oraz sorbentów.

Zespół Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Jednostek Ochrony Przeciwpożarowej – BS wykonuje badania w zakresie pojazdów pożarniczych, sprzętu ratowniczego, ewakuacyjnego i ochrony osobistej strażaka, pomp pożarniczych, pożarniczych węży ssawnych i tłocznych, elementów armatury pożarniczej.

Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości – BW prowadzi prace naukowo-badawcze oraz opracowuje metodyki badawcze w zakresie palności materiałów i wyrobów budowlanych, wybuchowości substancji palnych. W Laboratorium prowadzone są badania właściwości pożarowych materiałów oraz w zakresie wybuchowości substancji palnych.



**CENTRUM NAUKOWO-BADAWCZE  
OCHRONY PRZECIWPOŻAROWEJ**  
im. Józefa Tuliszковского  
**PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

## DANE KONTAKTOWE

ul. Nadwiślańska 213  
05-420 Józefów k/Otwocka  
tel. +48 22 789 11 11  
fax: +48 22 769 33 45  
e-mail: [cnbop@cnbop.pl](mailto:cnbop@cnbop.pl)



## CENTRUM OBSŁUGI KLIENTA CNBOP-PIB

tel. +48 22 789 11 11  
fax: +48 22 769 33 45  
e-mail: [cok@cnbop.pl](mailto:cok@cnbop.pl)



[www.cnbop.pl](http://www.cnbop.pl)