

Interpretacja wyników wzorcowania zawartych w świadectwach wzorcowania wyposażenia pomiarowego

W celu uzyskania rzetelnych wyników pomiarów, wyposażenie pomiarowe każdej firmy, a przede wszystkim organizacji, w której został wdrożony system zarządzania jakością, powinno być wzorcowane w kompetentnym laboratorium. Wyłącznie świadectwo wzorcowania, wystawione przez akredytowane laboratorium wzorcujące, jest podstawą zapewnienia spójności pomiarowej wyposażenia. Wyniki wzorcowania przedstawione w tym dokumencie umożliwiają użytkownikowi zakwalifikowanie właściwego przyrządu pomiarowego do wykonywanych pomiarów. Z tego względu istotna jest prawidłowa interpretacja wyników wzorcowania (wraz z niepewnością pomiaru) zawartych w świadectwie wzorcowania oraz znajomość kryteriów oceny zgodności ze specyfikacją. Równocześnie, w celu zapewnienia właściwego nadzoru metrologicznego nad wyposażeniem, użytkownik powinien określić okresy czasu między wzorcownikami, biorąc pod uwagę wyniki wzorcowania zamieszczone w świadectwie wzorcowania.

1. WPROWADZENIE

Wszystkie firmy dążące do zapewnienia wysokiej jakości swojej działalności, a przede wszystkim organizacje, w których został wdrożony system zarządzania jakością (posiadające odpowiedni certyfikat), są zobowiązane do właściwego nadzorowania swojego wyposażenia pomiarowego. Użytkownik przyrządu, w celu potwierdzania właściwości metrologicznych wyposażenia, powinien zwrócić się o wykonanie wzorcowania do kompetentnego laboratorium – akredytowanego laboratorium wzorcującego. Wzorcowanie (kalibracja) [2,10] jest bowiem formą potwierdzania metrologicznej jakości i niezawodności wyposażenia pomiarowego, gwarantującą zapewnienie określenia charakterystyk, dokładności [2] i spójności pomiarowej [2,4,9].

Oficjalnym dokumentem poświadczającym wykonanie czynności wzorcowania, wystawianym przez

akredytowane laboratorium wzorcujące (o kompetencjach potwierdzonych przez Polskie Centrum Akredytacji), jest świadectwo wzorcowania oznaczone symbolem akredytacji PCA.

Warunkiem udzielenia i utrzymania akredytacji jest spełnienie przez laboratorium wzorcujące wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 [1] oraz wymagań PCA. Laboratorium wzorcujące może wystawiać świadectwa wzorcowania w różnych formach, określonych w ww. normie, tj.:

- z wynikami pomiarów wraz z oszacowaną niepewnością pomiaru [2], bez oceny zgodności ze specyfikacją (wymaganiami metrologicznymi ustalonymi w przepisach, normach, zaleceniach międzynarodowych albo innych właściwych dokumentach),
- bez wyników pomiarów, z oceną zgodności ze specyfikacją,
- z wynikami pomiarów wraz z oszacowaną niepewnością pomiaru, z oceną zgodności ze specyfikacją [10].

Istotną sprawą jest, aby użytkownik potrafił we właściwy sposób zinterpretować wyniki pomiaru zawarte w świadectwie wzorcowania, stanowiącym dowód potwierdzający właściwości metrologiczne wzorcowanego przyrządu pomiarowego. Właściwa bowiem analiza informacji, zamieszczonych w tym dokumencie, umożliwia prawidłowe zakwalifikowanie wywzorcowanego przyrządu pomiarowego do wykonania planowanych pomiarów.

Definicje zastosowanych pojęć metrologicznych [2]:

wzorcowanie (kalibracja) – to działanie w określonych warunkach, które:

- w pierwszym etapie ustala zależność pomiędzy odwzorowywanymi przez wzorzec pomiarowy wartościami wielkości wraz z ich niepewnościami pomiaru, a odpowiadającymi im wskazaniem wraz z ich niepewnościami,
- w drugim etapie wykorzystuje tę informację do ustalenia zależności (charakterystyki), pozwalającej uzyskać wynik pomiaru na podstawie wskazania,

niepewność pomiaru – nieujemny parametr charakteryzujący rozproszenie wartości wielkości przyporządkowany do menzurandu (wielkości, która ma być zmierzona),

poziom ufności – przedział, w którym z określonym prawdopodobieństwem znajduje się wartość wielkości mierzonej.

2. WYNIKI WZORCOWANIA

Świadectwo wzorcowania, sporządzone przez akredytowane laboratorium wzorcujące, powinno być zgodne ze wzorem dostępnym na stronie internetowej PCA. Na pierwszej stronie świadectwa zamieszczane są tylko te informacje, które są odpowiednie dla danego wzorcowania, w tym przede wszystkim:

- metoda wzorcowania (sprecyzowana zastosowana metoda znormalizowana lub procedura/instrukcja wzorcowania),
- spójność pomiarowa (określony sposób odniesienia wyników wzorcowania do państwowego wzorca pomiarowego [2]).

Kolejne strony świadectwa przeznaczone są do przedstawiania wyników wzorcowania (przeprowadzonego w odpowiednich warunkach otoczenia). Zaleca się, aby wyniki te były prezentowane w formie tabelarycznej [5], a zawartość tabeli obejmowała co najmniej kolumny przedstawione we wzorze świadectwa.

Na świadectwie, jako wyniki wzorcowania (w zależności od formy świadectwa omówionej w poprzednim punkcie) przedstawiane są:

- wartość odniesienia – wartość odczytana z wzorca, którym dokonuje się pomiaru lub ustawiona na wzorcu (typu kalibrator),
- wskazanie wzorcowanego przyrządu pomiarowego,
- niepewność pomiaru.

Dodatkowo, na życzenie użytkownika wyposażenia (klienta laboratorium) mogą być zamieszczone obliczone błędy pomiaru [2]) (lub poprawki) wzorcowanego przyrządu oraz jego dopuszczalne błędy pomiaru [2], w celu dokonania oceny zgodności ze specyfikacją oraz wyniki tej oceny.

Na świadectwie wzorcowania, zawierającym stwierdzenie zgodności ze specyfikacją, powinny być przywołane punkty dokumentu zawierającego wymagania, w odniesieniu do których oceniono zgodność.

Poza tym w punkcie „Zgodność z wymaganiami” laboratorium wzorcujące może określić punkty lub podzakresy, dla których ocena zgodności z wymaganiami (określonymi w odpowiednim dokumencie np. instrukcji producenta) jest pozytywna albo negatywna.

W tabeli 1 zamieszczono przykładowe wyniki wzorcowania przyrządu pomiarowego, z oceną zgodności z wymaganiami, określonymi w instrukcji obsługi dotyczącej tego przyrządu – dopuszczalnym błędem pomiaru.

Ocenę zgodności przeprowadzono zgodnie z kryteriami omówionymi w p. 4 niniejszego artykułu.

3. NIEPEWNOŚĆ POMIARU

Wynik pomiaru jest kompletny, gdy zawiera zarówno wartość wielkości mierzonej, jak i niepewność pomiaru związaną z tą wartością.

Niepewność pomiaru, przedstawiana na świadectwie wzorcowania, jest określana przez akredytowane laboratorium wzorcujące zgodnie z dokumentem EA-4/02 [3]. Zamieszczone wartości niepewności stanowią niepewność rozszerzoną pomiaru [2], przy czym jej wartość liczbowa powinna być zaokrąglona najwyżej do dwóch cyfr znaczących. Wartość liczbową wyniku pomiaru w końcowej postaci zaokrąglą się tak, aby ostatnia znacząca cyfra wyniku pomiaru była na takim samym miejscu, jak ostatnia znacząca cyfra niepewności rozszerzonej związanej z wartością wyniku pomiaru [3].

Tabela 1

Przykładowe wyniki wzorcowania przyrządu pomiarowego

Zakres pomiarowy wzorcowanego przyrządu	Wartość odniesienia W_p	Wskazanie wzorcowanego przyrządu – wartość średnia wyników pomiarów \overline{W}_w	Błąd pomiaru $\Delta = \overline{W}_w - W_p$	Niepewność pomiaru U	Roczny dopuszczalny błąd pomiaru $ \Delta_{dop} $	Ocena zgodności
600 mV DC	60,0 mV	60,0 mV	0,0 mV	0,2 mV	0,5 mV	P
	540,0 mV	535,9 mV	-4,1 mV	0,2 mV	2,9 mV	N
	-540,0 mV	-535,9 mV	4,1 mV	0,2 mV	2,9 mV	N
6 V DC	0,600 V	0,606 V	0,006 V	0,002 V	0,005 V	XB
	1,800 V	1,800 V	0,000 V	0,002 V	0,011 V	P
	3,000 V	3,020 V	0,018 V	0,002 V	0,017 V	XB
	4,200 V	4,240 V	0,040 V	0,002 V	0,023 V	N
	5,400 V	5,427 V	0,027 V	0,004 V	0,029 V	XA
	-0,600 V	-0,600 V	0,000 V	0,002 V	0,005 V	P
	-5,400 V	-5,373 V	0,027 V	0,004 V	0,029 V	XA
60 V DC	6,00 V	6,00 V	0,00 V	0,02 V	0,05 V	P
	54,00 V	54,00 V	0,00 V	0,02 V	0,29 V	P
	-54,00 V	-54,00 V	0,00 V	0,02 V	0,29 V	P

Niepewność pomiaru powinna zawierać odpowiednie składowe krótkoterminowe, występujące podczas wzorcowania, oraz składowe, które w sposób uzasadniony mogą być przypisane do przyrządu [6].

Wartości składowych niepewności pomiaru mogą być wyznaczone dwoma metodami, a mianowicie:

- metodą typu A wyznaczania niepewności na podstawie statystycznego rozkładu wartości wielkości w serii pomiarów i te składowe mogą być scharakteryzowane za pomocą odchylenia standardowego,
- metodą typu B wyznaczania niepewności, te składowe mogą być scharakteryzowane za pomocą odchylenia standardowego, oszacowanego przy założeniu określonego rozkładu prawdopodobieństwa, opartego na doświadczeniu lub innej informacji.

Przedstawiona na świadectwie niepewność powinna obejmować te same składowe, które uwzględniono przy szacowaniu zdolności pomiarowej CMC (Calibration and Measurement Capability), prezentowanej w zakresie akredytacji laboratorium wzorcującego. CMC, będąca niepewnością rozszerzoną, definiowana jest jako najmniejsza niepewność pomiaru, jaką dane laboratorium może osiągnąć w trakcie rutynowo wykonywanego wzorcowania obiektów. Natomiast wartość niepewności może być większa od wartości zdolności pomiarowej CMC z uwagi na to, że w przypadku CMC składowe niepewności oszacowano dla „najlepszego” dostępnego dla laboratorium przyrządu pomiarowego, natomiast przy wzorcowaniu konkretnego przyrządu klienta składowe te pochodzą od wzorcowanego obiektu.

4. ZGODNOŚĆ Z WYMAGANIAMI

Ocenę zgodności przyrządów pomiarowych z wymaganiami (specyfikacją) laboratorium wykonuje w oparciu o kryteria zamieszczone w dokumencie ILAC-G8:03/2009 [7], biorąc pod uwagę wyniki pomiarów (błędy pomiaru) i niepewności pomiaru uzyskane podczas wzorcowania.

Podczas wykonywania oceny, zgodnie z ww. dokumentem, wyróżnia się następujące przypadki (rys. 1):

Zgodność

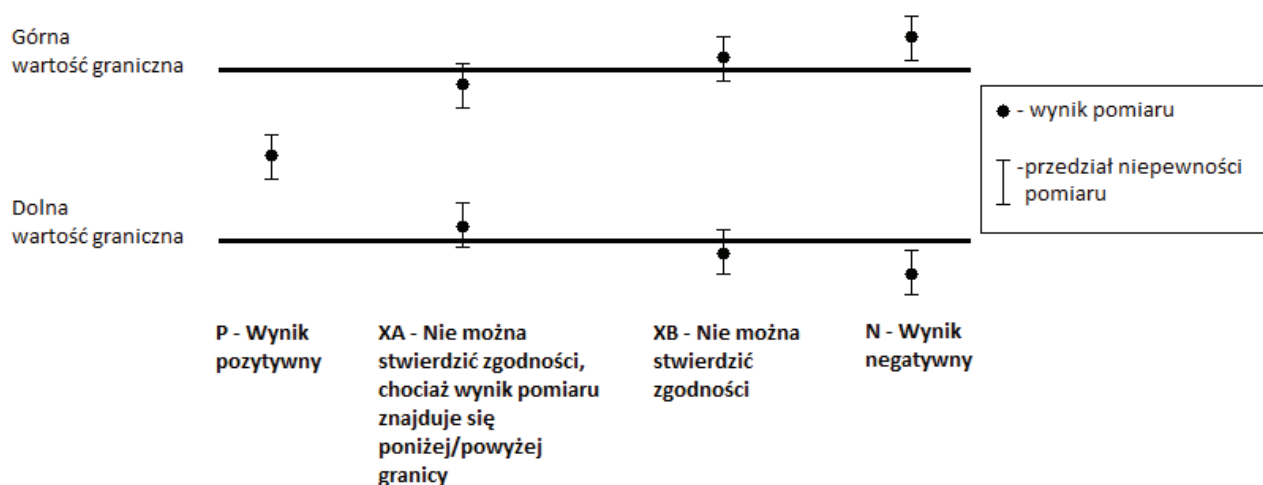
- Wynik pomiaru zwiększony/zmniejszony o niepewność rozszerzoną pomiaru przy poziomie ufności 95% nie przekracza granicy podanej w specyfikacji, wtedy można stwierdzić zgodność ze specyfikacją – „**Wynik pozytywny (P)**”.

Niezgodność

- Wynik pomiaru zwiększony/zmniejszony o niepewność rozszerzoną pomiaru przy poziomie ufności 95% przekracza granicę podaną w specyfikacji, wtedy można stwierdzić niezgodność ze specyfikacją – „**Wynik negatywny (N)**”.

Nie można stwierdzić ani zgodności ani niezgodności

- Wynik pomiaru zwiększony/zmniejszony o niepewność rozszerzoną pomiaru przy poziomie ufności 95% zachodzi na granicę podaną w specyfikacji, nie można stwierdzić ani zgodności, ani niezgodności – „**Nie można stwierdzić zgodności, chociaż wynik pomiaru znajduje się poniżej/powyżej granicy (XA)**”.



Rys. 1. Kryteria określenia zgodności / niezgodności z wymaganiami

Wynik pomiaru zwiększony/zmniejszony o niepewność rozszerzoną pomiaru przy poziomie ufności 95% zachodzi na granicę podaną w specyfikacji, nie można stwierdzić ani zgodności, ani niezgodności – „**Nie można stwierdzić zgodności (XB)**”.

Użytkownik dokonuje analizy wyników wzorcowania przedstawionych na świadectwie wzorcowania przyrządu pomiarowego. W przypadku, gdy w wyniku oceny stwierdzono **niezgodność** lub **nie można stwierdzić ani zgodności, ani niezgodności** – powinien on rozważyć, czy wywzorcowany przyrząd jest właściwy do realizacji planowanych pomiarów i zagwarantuje uzyskanie rzetelnych wyników pomiarów. Użytkownik musi bowiem wziąć pod uwagę fakt, że pomiary będą obciążone większą wartością niepewności pomiaru niż wynika ona z deklaracji producenta (dopuszczalnego błędu pomiaru określonego w instrukcji obsługi przyrządu).

5. ODSTĘPY CZASU MIĘDZY WZORCOWANIAM

Za określenie terminu kolejnego wzorcowania ponosi odpowiedzialność użytkownik danego przyrządu. Akredytowane laboratorium wzorcujące na świadectwie wzorcowania nie sugeruje daty następnego wzorcowania, nie można bowiem takiego terminu określić bez znajomości warunków przechowywania i użytkowania konkretnego przyrządu, jego przeznaczenia i zakresu stosowania. Zagadnienie to szczegółowo omawia dokument [8], w którym przedstawiono metody stosowane do wstępnego określenia odstępów czasu (okresów) między wzorcowaniami oraz ponownego dostosowania odstępów na podstawie doświadczenia. Dokument ten wymienia najważniej-

sze czynniki, które użytkownik wyposażenia powinien wziąć pod uwagę przy ustalaniu odstępów czasu między wzorcowaniami:

- niepewność pomiaru wymagana lub deklarowana przez laboratorium,
- ryzyko przekroczenia, w trakcie użytkowania przyrządu pomiarowego, dopuszczalnego błędu pomiaru,
- koszt koniecznych działań korygujących, gdy stwierdzono, że przyrząd nie działał prawidłowo w ustalonym odstępnie czasu między wzorcowaniami,
- typ przyrządu,
- tendencja do zużycia się i dryftu,
- zalecenia producenta i szczegółowe dane techniczne przyrządu określone przez producenta,
- zakres i intensywność użytkowania,
- warunki otoczenia (warunki klimatyczne, drgania, promieniowanie jonizujące itd.),
- dane dotyczące trendu wyników pomiaru, uzyskane na podstawie zapisów z poprzednich wzorcowań,
- zapis przebiegu konserwacji i serwisu,
- częstość sprawdzania przez porównanie z innymi wzorcami odniesienia lub urządzeniami pomiarowymi,
- częstotliwość i jakość sprawdzeń okresowych między wzorcowaniami,
- ustalenia dotyczące transportu i związane z nim ryzyko,
- stopień wykształcenia personelu obsługującego.

Wiele z tych czynników, wpływających na dobór odstępów czasu między wzorcowaniami, można określić na podstawie informacji zawartych na świadectwie wzorcowania konkretnego przyrządu pomiarowego.

Trzeba zwrócić uwagę na to, że tylko analiza stabilności w czasie może wskazać na możliwość wydłużenia okresu między wzorcowaniami albo na potrzebę jego skrócenia, w stosunku do ustalonego

dotychczas [9]. Bardzo istotna jest więc analiza wyników pomiarów zamieszczonych na świadectwach wzorcowania, a przede wszystkim wartości błędów pomiaru i niepewności pomiaru. Na podstawie tych wyników wzorcowania użytkownik może każdorazowo stwierdzić, czy przyrząd spełnia określone wymagania.

Należy podkreślić, że na każdym nadzorowanym elemencie wyposażenia, odpowiednio zidentyfikowanym, powinna być umieszczona etykieta, określająca jego status wzorcowania.

6. PODSUMOWANIE

Istotna jest właściwa interpretacja wyników wzorcowania, zamieszczonych na świadectwie wzorcowania, dokonywana przez użytkownika wyposażenia pomiarowego. Odpowiednie sformułowanie zlecenia dotyczącego wywzorcowania przyrządu pomiarowego, w tym wyszczególnienie informacji odnośnie formy świadectwa oraz niezbędnych wyników pomiarów, ułatwi klientowi nie tylko potwierdzenie prawidłowego działania wywzorcowanego wyposażenia, ale również właściwy jego dobór do wykonywanych pomiarów. Analizując funkcjonowanie przy-

rzędu pomiarowego, na podstawie wyników kolejnego wzorcowania (stabilność wskazań), użytkownik może właściwie określić odstępy czasu między wzorcownikami.

Literatura

1. Norma PN-EN ISO/IEC 17025:2005 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.
2. PKN-ISO/IEC Guide 99:2010 Międzynarodowy słownik metrologii. Pojęcia podstawowe i ogólne oraz terminy z nimi związane.
3. Dokument EA-4/02 Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration, 1999 r. – Wyrażanie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu – tłumaczenie: Główny Urząd Miar, 2001 r.
4. Dokument DA-06 Polityka dotycząca zapewnienia spójności pomiarowej. PCA, wyd. 4, z dnia 17.11.2011 r.
5. Dokument DAP-04 Akredytacja laboratoriów wzorcujących. Wymagania szczegółowe. PCA, wyd. 6, z dnia 3.02.2012 r.
6. Dokument ILAC-P14:12/2010 Polityka ILAC dotycząca niepewności pomiaru przy wzorcowaniu.
7. Dokument ILAC-G8:03/2009 Wytyczne dotyczące przedstawiania zgodności ze specyfikacją.
8. Dokument ILAC-G24/OIML D 10:2007 Wytyczne dotyczące wyznaczania odstępów czasu między wzorcownikami przyrządów pomiarowych.
9. *Malesa R.*: Sposób wykorzystywania świadectw wzorcowania do ustalania okresów między wzorcownikami. Laboratoria, Aparatura, Badania 2010, nr 3.
10. *Puchala A., Czarnecki M.*: Wzorcowanie jako forma nadzoru metrologicznego nad wyposażeniem pomiarowym. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa 2012, nr 4.

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów

