

Udział pracowników GUM w VII Kongresie Metrologii

W dniach od 28 czerwca do 1 lipca 2016 roku w Nałęczowie odbywał się VII Kongres Metrologii. Jego organizatorami byli Komitet Metrologii i Aparatury Naukowej Polskiej Akademii Nauk i Politechnika Lubelska. Obrady rozpoczęły się w Lublinie, w murach Politechniki Lubelskiej, z udziałem rektora tej uczelni. W otwarciu Kongresu uczestniczyli Prezes Głównego Urzędu Miar dr inż. Włodzimierz Lewandowski, jak również Dyrektor Generalny Urzędu Stanisław Dąbrowski. W trakcie sesji naukowych pracownicy GUM przedstawili następujące referaty:

- **Mariusz Janeczko (Zakład Elektryczny):** Porównanie metod uśredniania statystycznego na przykładzie wzorcowania cewek Helmholtza;
- **Jerzy Borzymiński (Biuro Metrologii Prawnej):** Terminologia metrologiczna w systemie miar;
- **Paweł Fotowicz (Gabinet Prezesa):** Proponowana zmiana podejścia przy wyrażaniu niepewności pomiaru;
- **Albin Czubla (Zakład Elektryczny):** Krajowa światłowodowa sieć dystrybucji wzorcowych sygnałów czasu i częstotliwości i jej znaczenie dla rozwoju metrologii;
- **Joanna Przybylska, Katarzyna Nicińska (Zakład Długości i Kąta):** Wzorcowanie precyzyjnych autokolimatorów i enkoderów kątowych z zastosowaniem shearing techniques – efekt prac w ramach wspólnego projektu EMRP SIB58 Angles;
- **Robert Szumski (Zakład Długości i Kąta):** Bardzo dobre wyniki GUM w porównaniach międzynarodowych „Pomiary płytek wzorcowych metodą interferencyjną”, jako efekt współpracy naukowej z Politechniką Warszawską;
- **Joanna Sękala (Biuro Metrologii Prawnej):** Nowe Podejście do harmonizacji przepisów technicznych w dziedzinie metrologii prawnej jako czynnik sprzyjający likwidacji barier technicznych w handlu;
- **Piotr Janko, Robert Kordulański, Jolanta Wasilewska, Elżbieta Lenard (Zakład Fizykochemii):** Zastosowanie unikatowego stanowiska badania analizatorów wydechu do przeprowadzenia porównań międzylaboratoryjnych w latach 2014–2015.



Bardzo dobre wyniki GUM w porównaniach międzynarodowych „Pomiary płytek wzorcowych metodą interferencyjną”, jako efekt współpracy naukowej z Politechniką Warszawską

Robert Szumski (Laboratorium Długości, Zakład Długości i Kąta)

Równoważność metrologiczna wzorców pomiarowych jest weryfikowana w trakcie porównań kluczowych, których liczba i zakres ustalane są przez Komitety Doradcze Międzynarodowego Komitetu Miar (CIPM), a organizowane zarówno przez te komitety, jak i Komitety Techniczne Regionalnych Organizacji Metrologicznych (RMO). Podczas spotkania w 2008 r. Komitet Doradczy Długości (CCL) zaktualizował wykaz porównań kluczowych w obszarze metrologii wymiarowej. Zdecydowano, że dla płytek wzorcowych porównania kluczowe odbywać się będą pod oznaczeniem CCL-K1 (ostatnie porównania w tym zakresie to CCL-K1.2011).

Dla europejskiej RMO odbyły się równoległe porównania kluczowe, EURAMET.L-K1.2011, które zostały przedstawione w tym artykule.

Zestawy płytek wzorcowych użyte w obu porównaniach (CCL i EURAMET) mają prawie identyczny skład – płytki stalowe i ceramiczne o długościach nominalnych od 0,5 mm do 500 mm. Rolę laboratorium pilotującego przyjął BEV z Austrii, ze znaczącą pomocą ze strony PTB (Niemcy) w zakresie pomiarów stabilności długich płytek wzorcowych.

Celem międzynarodowych porównań było zdemonstrowanie równoważności wzorcowań oferowanych klientom przez uczestniczące laboratoria. Z tego

powodu zastosowano te same metody pomiarowe i wyposażenie, jakie wykorzystywane jest do wzorcowań dla klientów. Laboratorium Długości Zakładu Długości i Kąta Głównego Urzędu Miar uczestniczyło w tych porównaniach w celu potwierdzenia deklarowanych do tej pory możliwości pomiarowych w zakresie wzorcowania krótkich płytek wzorcowych oraz z zamiarem zgłoszenia nowych możliwości pomiarowych, związanych z wzorcowaniem długich płytek wzorcowych (powyżej 100 mm) na nowym stanowisku pomiarowym – Interferometrze Multispektralnym do wzorcowania długich płytek wzorcowych o długościach do 1000 mm.

W opisywanych porównaniach, obok Laboratorium Długości GUM, wzięły udział jeszcze 23 inne laboratoria, głównie z Europy. W związku z dużą liczbą uczestników, porównania przeprowadzono w dwóch równoległych pętlach. Wszyscy uczestnicy musieli wykazać spójność pomiarową wyników z praktyczną realizacją jednostki długości oraz wykonać pomiary metodą interferencyjną (lub inną bezwzględną).

Pomiary w GUM zostały przeprowadzone na pięciu stanowiskach pomiarowych. Ze względu na ograniczenia stosowanej metody interferencyjnej (metody reszt ułamkowych), wszystkie płytki wzorcowe zostały wstępnie zmierzone metodą porównawczą na komparatorze dwuczujnikowym, w celu wyznaczenia przybliżonego wyniku. Dokładna wartość odchylenia długości środkowej od długości nominalnej dla płytek o długościach nominalnych do 100 mm została następnie wyznaczona na Automatycznym Interferometrze Laserowym GBI300 oraz dodatkowo na zmodernizowanym Interferometrze Köstersa z kadmową lampą spektralną.

Długie płytki wzorcowe zostały zmierzone na Interferometrze Multispektralnym do wzorcowania płytek o długościach do 1000 mm. Jest to nowe stanowisko, powstałe w ramach współpracy GUM z Instytutem Mikromechaniki i Fotoniki Politechniki Warszawskiej. Pomiary wykonano również na Uniwersalnym Komparatorze Interferencyjnym UKI01 do wzorcowania długich płytek wzorcowych. Dodatkowe pomiary z wykorzystaniem Interferometru Köstersa i Komparatora UKI01 zostały wykonane w ramach wewnętrznej kontroli jakości wyników wzorcowania i wykazania równoważności metrologicznej tych stanowisk pomiarowych oraz stanowisk pozostałych, dla których możliwości

pomiarowe zostały zgłoszone do międzynarodowej bazy CMC stanowiącej Dodatek C do CIPM MRA (Porozumienia CIPM o Wzajemnym Uznawaniu).

Podstawowym wynikiem pomiarów (przekazanych do pilota porównań) każdej płytki, jest odchylenie długości środkowej od długości nominalnej x_i z oszacowaną niepewnością pomiaru $u(x_i)$. Wyniki przekazane przez poszczególne laboratoria zostały wykorzystane do wyznaczenia wartości odniesienia porównań kluczowych (x_{ref}). Przed wyznaczeniem tej wartości z zestawu wyników usunięto te znacznie odbiegające oraz uwzględniono dryf długości płytek, którego istotną wartość w czasie porównań zaobserwowano dla 8 szt. płytek wzorcowych w pętli A i B. Odchylenie wyniku każdego uczestnika wynosi

$$d_i = x_i - x_{ref}, \quad (1)$$

a jego niepewność standardowa dla wyników biorących udział w obliczeniu x_{ref} wyraża się następująco

$$u(d_i) = \sqrt{u^2(x_i) - u^2(x_{ref})}. \quad (2)$$

Minus pod pierwiastkiem pochodzi od korelacji wyników uczestnika x_i z wartością odniesienia x_{ref} . Jeżeli wyniki laboratorium nie biorą udziału w wyznaczeniu x_{ref} (ponieważ okazały się niespójne z pozostałymi), nie przewiduje się korelacji i niepewność standardowa przyjmuje postać

$$u(d_i) = \sqrt{u^2(x_i) + u^2(x_{ref})}. \quad (3)$$

Dla każdego laboratorium wyznaczono wartość E_n , zdefiniowaną wyrażeniem

$$E_n = \left| \frac{d_i}{U(d_i)} \right| \quad (4)$$

gdzie $U(d_i)$ jest niepewnością rozszerzoną dla współczynnika rozszerzenia $k = 2$.

Laboratorium Długości GUM uzyskało najlepszą średnią zgodność wyników z wartością odniesienia, spośród wszystkich uczestników porównań. Najnowsze stanowisko – Interferometr Multispektralny, będący owocem współpracy GUM i PW, uzyskał najniższe wartości E_n , nie biorąc wcześniej udziału w żadnych porównaniach międzylaboratoryjnych.

Tab. 1. Wartości E_n dla wszystkich wyników pomiarów

(gwiazdką oznaczono brak wyników od uczestnika, kreska oznacza brak udziału w tej części porównań, kolorem żółtym oznaczono wyniki wątpliwe, a pomarańczowym – wyniki niesatysfakcjonujące)

NMI	0,5 mm stalowa	1,15 mm stalowa	3 mm stalowa	5 mm stalowa	7 mm stalowa	23,5 mm stalowa	80 mm stalowa	100 mm stalowa	0,5 mm ceram.	1,15 mm ceram.	3 mm ceram.	5 mm ceram.	7 mm ceram.	23,5 mm ceram.	80 mm ceram.	100 mm ceram.	150 mm stalowa	300 mm stalowa	500 mm stalowa	E_n średnie	
GUM	0,0	0,4	0,0	0,4	0,6	0,4	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3	0,0	0,9	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,23	
LNE	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	0,5	0,0	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3	0,2	0,24	
MIKES	0,9	0,2	0,1	0,2	0,1	0,0	0,6	0,0	0,4	0,5	0,2	0,6	0,6	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,25	
NPL	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,0	0,1	0,3	0,4	0,0	0,1	0,3	0,2	0,2	0,8	1,3	0,1	0,0	0,1	0,27	
CMI	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,3	0,1	0,3	0,5	0,0	0,1	0,6	*	0,3	0,3	0,6	0,1	0,3	0,3	0,27	
MIKES	0,2	0,5	0,1	0,1	0,3	0,3	0,4	1,1	0,3	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4	0,1	0,5	0,1	0,2	0,3	0,27	
BEV	0,5	0,4	1,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,6	0,3	0,6	0,4	0,5	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,32	
BIM	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,7	0,3	0,0	0,33	
METAS	0,4	0,1	0,3	0,6	1,0	0,6	0,3	0,8	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,4	0,2	0,1	0,4	0,3	0,2	0,34	
VSL	0,3	0,4	0,0	0,3	0,2	0,6	0,7	0,2	0,4	0,8	0,1	0,1	0,4	0,5	0,6	0,4	0,4	0,3	0,1	0,36	
JV	0,6	1,3	0,1	0,8	0,4	0,5	0,0	0,1	0,2	0,0	0,4	0,1	0,5	0,7	0,2	0,2	–	–	–	0,38	
BEV	0,4	0,5	0,6	0,5	0,1	0,1	0,4	0,1	0,6	0,4	0,6	0,2	0,5	0,1	0,5	0,6	0,9	0,5	0,2	0,41	
SP	0,0	0,3	*	0,4	0,0	0,1	0,1	0,7	0,3	0,6	0,9	0,8	0,4	0,7	0,8	0,6	0,3	0,4	0,7	0,45	
EIM	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,2	0,2	0,6	0,2	0,6	0,9	0,6	0,7	0,4	0,5	1,0	–	–	–	0,46	
UME	0,4	0,2	0,2	0,1	0,0	0,1	0,3	0,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	0,7	0,4	0,7	0,3	0,2	0,1	0,50	
METAS	0,5	1,4	0,5	0,8	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,6	0,3	0,5	1,0	0,8	0,1	0,3	0,0	0,0	0,51	
SMD	*	1,0	0,8	0,2	0,2	0,8	0,7	0,4	0,5	0,7	0,6	0,1	0,5	0,8	0,7	0,2	0,0	0,4	–	0,51	
DFM	0,5	0,3	0,6	0,6	0,3	0,4	1,1	1,1	0,6	0,6	0,5	0,1	0,2	0,8	0,8	0,5	–	–	–	0,56	
DMDM	0,1	0,5	1,0	0,2	0,0	0,7	0,3	0,0	0,6	0,9	1,1	0,5	1,8	1,0	0,2	0,4	–	–	–	0,58	
FSB	0,1	0,4	0,2	0,1	0,4	0,7	1,1	1,0	0,4	0,5	0,1	1,3	0,8	1,4	1,5	1,5	–	–	–	0,72	
SMU	0,7	0,3	0,2	0,6	2,0	1,6	0,5	1,6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,94	
CEM	0,6	0,0	0,5	0,8	0,1	1,4	1,9	2,0	1,8	0,6	1,9	0,1	0,8	0,5	2,5	2,4	–	–	–	1,12	
INM	0,5	0,8	0,8	0,3	0,2	0,2	5,1	5,5	0,9	1,0	0,7	0,9	1,1	0,2	0,6	7,5	–	–	–	1,64	
IPQ	0,1	0,0	0,0	0,8	0,5	0,6	0,6	7,2	0,6	0,7	0,6	0,6	0,8	1,0	1,1	1,2	0,1	38,0	–	3,03	
NIS	0,6	0,5	0,6	5,6	5,6	9,1	*	12,0	0,0	0,1	0,3	0,3	0,5	8,8	9,2	6,4	–	–	–	3,97	
MKEH	*	*	*	*	*	*	*	*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
INRIM	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	–

Literatura

[1] Matus M. i in., *Measurement of gauge blocks by interferometry*, Metrologia 53 (2016), Technical Supplement.

[2] Wengierow M. i in., *Measurement system based on multi-wavelength interferometry for long gauge block calibration*, Metrol. Meas. Syst. Vol. XX (2013), 479-490.

[3] JCGM 100:2008 Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, BIPM.

[4] Decker J. E., Pekelsky J. R., *Uncertainty evaluation for the measurement of gauge blocks by optical interferometry*, Metrologia 34 (1997), 479-493.

[5] Nien F. Z. i in., *Statistical analysis of key comparisons with linear trends*, Metrologia 41 (2004), 231-237.

[6] Krystek M., Bosse H., *A Bayesian approach to the linking of key comparisons arXiv:1501.07134* [stat.AP] (2015).