



METROLOGIA

Biuletyn Głównego Urzędu Miar

Nr 1

vol. 6

marzec 2011



W bieżącym numerze:

<i>List gratulacyjny z okazji jubileuszu prof. Stefana Kubisy</i>	3
<i>Sprawozdanie z X Sympozjum Niepewność Pomiaru, 14 – 18 luty 2011 r., Świnoujście</i>	5
<i>Streszczenia referatów pracowników GUM na X Sympozjum Niepewność Pomiaru</i>	8
<i>Wzorzec odniesienia GUM jednostki miary przepływu i strumienia objętości gazu – J. Wildner, A. Zadworny</i>	11
<i>Program komputerowy do obliczania niepewności pomiaru metodą Monte Carlo – D. Czulek</i>	16
<i>Omówienie sprawozdania Dyrektora Międzynarodowego Biura Miar z działalności BIPM w roku 2010 – W. T. Chyla</i>	23
<i>XIII Międzynarodowe Targi Analityki i Technik Pomiarowych EuroLab 2011 .</i>	39

Wszystkie ukazujące się w *Metrologii – Biuletynie Głównego Urzędu Miar* artykuły o charakterze naukowo-informacyjnym są recenzowane przez pracowników naukowych, wybitnych specjalistów w swoich dyscyplinach, którym serdecznie dziękujemy.

Redakcja

List gratulacyjny z okazji jubileuszu Profesora Stefana Kubisy

Szanowny Panie Profesorze

Należy Pan do grona zasłużonych, wybitnych postaci w polskiej metrologii. Kontynuuje Pan, już prawie stuletnią tradycję krajowej metrologii elektrycznej, której wybitnymi postaciami w ubiegłym wieku byli: Włodzimierz Krukowski, organizator oddziałów elektrycznych administracji miar w Katowicach, Lwowie i Poznaniu – Profesor Politechniki Lwowskiej, czy też bliski Pańskiemu sercu nauczyciel – jak Pan to często podkreśla – profesor Artur Metal. Pańskie zainteresowania jednakże wychodzą daleko poza samą metrologię elektryczną i sięgają zagadnień uniwersalnych w metrologii, a dotyczących opracowania danych pomiarowych. Nawiązuje Pan w ten sposób do tradycji polskiej myśli metrologicznej, zapoczątkowanej w pracach Zdzisława Rauszera, pierwszego dyrektora Głównego Urzędu Miar oraz w dziełach profesora Jana Obalskiego, powojennego organizatora i nauczyciela krajowej metrologii. Całe życie zawodowe związał Pan Profesor nie tylko z aktywnością intelektualną w obszarze metrologii, ale również z bardzo ważnym jej aspektem, a mianowicie z kształceniem i doskonaleniem kadr naukowych, zarówno dla uczelni i administracji miar. Niech mi wolno będzie w tym miejscu wspomnieć o idei międzyuczelnianych konferencji metrologów, w których aktywne organizowanie wkłada Pan swój trud i wysiłek. Są to jedne z najstarszych konferencji metrologicznych w Polsce, mające wieloletnią tradycję i renomę.

Przez wiele lat był Pan Profesor przewodniczącym Sekcji Kształcenia i Rozwoju Kadry Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej Polskiej Akademii Nauk. To doświadczenie, przejawiające się w organizowaniu corocznych spotkań naukowych, zaowocowało ideą rozszerzenia ich formuły, wychodzącej poza kadre akademicką i stworzenia szerokiego forum wymiany myśli metrologicznej pomiędzy różnymi środowiskami metrologii krajowej. Tym forum stały się coroczne spotkania metrologów, początkowo na seminariach, a obecnie sympozjach, poświęconych problematyce wspólnej dla nas wszystkich, a mianowicie niepewności pomiaru.

Uczestniczymy już w dziesiątej, jubileuszowej edycji Sympozjum dotyczącego zagadnień niepewności pomiaru. Główny Urząd Miar przywiązuje szczególną wagę do tej ważnej dla metrologów problematyki, patronując temu przedsięwzięciu. Sympozja organizowane przez Pana Profesora zbiegają się z wyjątkową aktywnością w tym obszarze metrologii międzynarodowej. Niech mi wolno będzie wymienić kilka faktów. Otóż w 1997 roku, pod przewodnictwem dyrektora Międzynarodowego Biura Miar, powstał Wspólny Komitet ds. Przewodników w Metrologii, skupiający już osiem organizacji międzynarodowych, który postawił sobie ambitny cel, jakim jest ujednoczenie sposobu wyrażania i obliczania niepewności pomiaru. W roku 2008 owocem tych prac było pojawienie się nowego spojrzenia w tej dziedzinie, w postaci pierwszego suplementu do Przewodnika wyrażania i obliczania niepewności pomiaru. Towarzyszyło mu powstanie nowego słownika terminologii metrologicznej. Obecnie trwają prace nad całym pakietem nowych dokumentów, obejmujących łącznie dziewięć pozycji. Najnowsza z nich, będąca drugim suplementem do Przewodnika, była już w tym roku opiniowana przez Główny Urząd Miar, na prośbę Międzynarodowej Organizacji Metrologii Prawnej, będącej członkiem wspomnianego Wspólnego Komitetu ds. Przewodników w Metrologii. Dodam, że w ubiegłym roku, w murach naszej instytucji, odbyło się posiedzenie Komitetu Technicznego TC1 tej organizacji, z udziałem ekspertów międzynarodowych, dyskutujących przyjęcie nowych terminów i definicji w zakresie metrologii prawnej, dotyczących pomiarów i przyrządów pomiarowych.

Szanowny Jubilacie

Niech mi wolno będzie powiedzieć – nasz drogi nauczycielu metrologii.

Życzę Ci jeszcze wielu lat satysfakcji z aktywności intelektualnej, w obszarze zagadnień związanych z teoretycznymi i praktycznymi rozwiązaniami, dotyczącymi analizy dokładności pomiaru.

Z prawdziwą satysfakcją poparłam Twoją – Jubilacie – inicjatywę opracowania wspólnie z naszą instytucją, i wydania pod egidą Głównego Urzędu Miar dzieła monograficznego, poświęconego problematyce niepewności pomiarów. Będzie ono świadectwem dorobku corocznych spotkań odbywanych w tym miejscu, jako forum wymiany doświadczeń w dziedzinie opracowania danych pomiarowych, pomiędzy środowiskiem akademickim, środowiskiem administracji miar i metrologii wojskowej.

Jeszcze raz życzę Ci – Drogi Jubilacie – wszystkiego najlepszego i kolejnych twórczych inicjatyw dla pożytku polskiej metrologii.

*Prezes Głównego Urzędu Miar
Janina Maria Popowska*



Sprawozdanie z X Sympozjum *Niepewność Pomiaru* 14 – 18 luty 2011 r., Świnoujście

Stefan Kubisa, Stanisław Moskowicz

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Jubileuszowe X Sympozjum *Niepewność Pomiaru* pod patronatem Pani Prezes Głównego Urzędu Miar (GUM) Janiny Marii Popowskiej zorganizował Zakład Metrologii (ZM) Katedry Sterowania i Pomiarów (KSiP) Wydziału Elektrycznego (WE) Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego (ZUT) w Szczecinie. Sympozjum zgromadziło ponad 40. uczestników reprezentujących GUM, wyższe uczelnie techniczne, Wojskowe Centrum Metrologii MON i okręgowe urzędy miar, a także inne instytucje państwowe i prywatne zajmujące się szeroko rozumianą niepewnością pomiarów. Uczestnicy podczas 7. sesji naukowych zaprezentowali 21 referatów wg zamieszczonego niżej wykazu. Zgodnie z utrwaloną już formułą Sympozjum, na referat wraz z dyskusją przeznaczono czas sięgający 60 min, co umożliwiło szeroką wymianę doświadczeń i poglądów pomiędzy doświadczonymi metrologami-praktykami, przede wszystkim z GUM, a metrologami z uczelni wyższych.



Otwarcia jubileuszowego Sympozjum, w poniedziałek 14. lutego, dokonali: dziekan WE ZUT, prof. Stefan Domek oraz Wiceprezes GUM, mgr Włodzimierz Popiołek.

W środę, 16. lutego wieczorem, pod przewodnictwem prof. Mariana Miłka z Uniwersytetu Zielonogórskiego odbyła się specjalna sesja poświęcona jubileuszowi, na którą przybyli: prof. Ryszard Kaleńczuk, prorektor ZUT, prof. Stefan Domek, dziekan WE, prof. Ryszard Pałka, prodziekan WE, prof. Zbigniew Emirsajłow, kierownik KSiP, prof. Stefan Weyna z Wydziału Techniki Morskiej ZUT oraz wszyscy





pracownicy ZM. Profesorowie: R. Kaleńczuk i S. Domek wręczyli przewodniczącemu Sympozjum, prof. S. Kubisie listy gratulacyjne od kierownictwa ZUT. Listy gratulacyjne wręczyli też: Wiceprezes GUM, Pan W. Popiołek – od Pani Prezes GUM, Janiny Marii Popowskiej oraz uczestnik Sympozjum, mjr Grzegorz Zamiela – od dyrektora Wojskowego Centrum Metrologii, Naczelnego Metrologa Wojska Polskiego, płk Stanisława Dąbrowskiego.

Referaty części merytorycznej Sympozjum można podzielić na dwie grupy: 10 referatów o charakterze ogólnym [4 – 7, 11, 13, 16 – 18, 20] i 10 referatów o charakterze bardziej szczegółowym [1 – 3, 8 – 10, 12, 15, 19, 21].

W grupie pierwszej znalazły się referaty o pomiarach pośrednich [4, 11, 18], o propozycji uściśleń w Przewodniku [5], o skutecznej, przybliżonej metodzie obliczania niepewności pomiaru [6], o problematyce definiowania błędów – w szczególności błędu od kwantowania [7, 11], o potrzebie wnikliwej analizy przyczyn niepewności pomiaru i zestawiania kompletnego budżetu niepewności [13], o alternatywnych sposobach wyrażania miary niedokładności pomiaru [16, 17] oraz o zastosowaniu statystyki odpornościowej w rachunku niepewności pomiaru [20].

Druga grupa to referaty dotyczące pomiarów wykorzystujących fale elektromagnetyczne [1, 2], pomiarów czasu i częstotliwości [3], dynamicznych pomiarów temperatury [8] oraz odtwarzania jednostek miary i komparacji wzorców [9, 10, 12, 15, 19, 21].

Poza tymi głównymi nurtami tematycznymi znalazło się wystąpienie [14] prof. T. Skubisa, dyrektora Wydawnictwa PAK, który przedstawił aktualne i planowane działania Wydawnictwa, przede wszystkim te, które zmierzają do dalszego podnoszenia poziomu i rangi miesięcznika naukowo-technicznego *Pomiary, Automatyka, Kontrola (PAK)* zwłaszcza w dziedzinie pomiarów.

Wystąpienie to sprowokowało z kolei doc. Z. L. Warszę do naświetlenia roli kwartalnika technicznego *Pomiary, Automatyka, Komputery*. Jest on adresowany do nieco innego kręgu odbiorców niż miesięcznik PAK – odbiorców w mniejszym stopniu zainteresowanych teorią.

Pod koniec obrad X Sympozjum odbyło się posiedzenie Komitetu Naukowego. Członkowie Komitetu wysoko ocenili poziom naukowy i organizację Sympozjum, wyrazili zainteresowanie organizacją następnego takiego spotkania w 2012 roku i opowiedzieli się za utrzymaniem dotychczasowej formuły Sympozjum. Przedstawiciele GUM: p. Dobrosława Sochocka i p. Paweł Fotowicz poinformowali, że w tym roku ukaże się monografia *Niepewność pomiaru w teorii i praktyce*, wydana przez GUM, a przygotowana do druku wspólnie z organizatorami Sympozjum w oparciu o dorobek Sympozjów w latach 2002 – 2010.

- | | | |
|------|---|---|
| [1] | Elżbieta Banaczyk | <i>Wybrane aspekty fizyczne wpływające na dokładność pomiarów poziomu metodą radarową</i> |
| [2] | Paweł Bieńkowski
Bartłomiej Zubrzak | <i>Zastosowanie miar logarytmicznych przy wyznaczaniu niepewności przy pomiarach pola elektromagnetycznego</i> |
| [3] | Albin Czubla | <i>Próba oszacowania wpływu temperatury na odchylenie Allana</i> |
| [4] | Anna Domańska | <i>Własności estymatorów prawdziwej wartości wielkości mierzonej w pomiarach pośrednich o nieliniowym modelu</i> |
| [5] | Vladimir Ezhela
Zygmunt Warsza | <i>Sugestie kilku uściśleń w Przewodniku GUM – 2008 i zaokrąglenie wyników pomiarów wieloparametrowych</i> |
| [6] | Paweł Fotowicz | <i>Zastosowanie rozkładu płasko-normalnego przy opracowaniu wyniku pomiaru</i> |
| [7] | Jerzy Jakubiec | <i>O potrzebie definiowania błędu a priori i a posteriori</i> |
| [8] | Ryszard Janas | <i>Niepewność pomiaru temperatury środowiska dynamicznego czujnikiem o określonej stałej czasowej</i> |
| [9] | Andrzej Kaźmierczak
Andrzej Kruszyński
Paweł Zawadzki | <i>Komparacja przetworników termicznych AC/DC – szacowanie niepewności przy przeniesieniu jednostki napięcia przemiennego</i> |
| [10] | Bożydar Knyziak | <i>Niepewność pomiaru w procesie odtwarzania jednostki kermy w polu promieniowania rentgenowskiego</i> |
| [11] | Stefan Kubisa | <i>Komunikaty: 1. Obliczenia w pomiarach pośrednich
2. Kwantowanie a niepewność pomiaru</i> |
| [12] | Michał Lisowski | <i>Niepewność stosunku rezystancji wysokoomowych transferów Hamona</i> |
| [13] | Tadeusz Skubis | <i>Budżet niepewności wyniku pomiaru</i> |
| [14] | Tadeusz Skubis | <i>Wydawnictwo PAK dla metrologów</i> |
| [15] | Piotr Sosinowski | <i>Źródła niepewności przy wzorcowaniu wzorców kreskowych na komparatorze interferencyjnym</i> |
| [16] | Michał Urbański | <i>Algebra modelu probabilistycznego, komparacja i dodawanie stochastyczne</i> |
| [17] | Michał Urbański | <i>Próg i niepewność, czyli czym jest niepewność w reprezentacjonistycznej teorii pomiarów</i> |
| [18] | Zygmunt Warsza
Vladimir Ezhela | <i>Zarys podstaw teoretycznych wyznaczania i numerycznej prezentacji wyników pomiarów pośrednich wieloparametrowych</i> |
| [19] | Paweł Zawadzki | <i>Komparacja przetworników termicznych AC/DC – szacowanie niepewności</i> |
| [20] | Andrzej Zięba | <i>Zastosowanie statystyki odpornościowej w rachunku niepewności pomiaru</i> |
| [21] | Adam Ziółek
Maciej Koszarny | <i>Niepewność przekazywania jednostki z pojemności elektrycznej na indukcyjność</i> |

Streszczenia referatów pracowników GUM na X Sympozjum *Niepewność Pomiaru*

Zastosowanie rozkładu płasko-normalnego przy opracowaniu wyniku pomiaru

Paweł Fotowicz



Rozkład płasko-normalny, będący splotem pojedynczego rozkładu prostokątnego z normalnym, może być wykorzystany do różnych celów związanych z opracowaniem wyniku pomiaru. Na jego bazie powstały dwie metody obliczania niepewności pomiaru. Metody antycypują rozkład dla wielkości wejściowej na podstawie udziałów wielkości wejściowych dla liniowego lub linearyzowanego równania pomiaru, gdy wielkościom tym przypisujemy podstawowe rozkłady prawdopodobieństwa, jak rozkład Studenta, normalny, prostokątny czy trójkątny. Ze względu na sposób postępowania jedna z nich jest metodą analityczną, a druga numeryczną. Metoda analityczna wymaga znajomości wartości kwantyla rozkładu płasko-normalnego. Aby ułatwić jego wyznaczenie opracowano specjalną tabelę ich wartości w funkcji ilorazu udziału. Gdy rozkład ten generowany jest numerycznie, potrzebny jest tylko generator rozkładu równomiernego, dostępny w każdym środowisku programowym. Metody można łatwo implementować do arkusza kalkulacyjnego, bez konieczności stosowania specjalistycznych środowisk obliczeniowych.

Rozkład płasko-normalny może być również wykorzystany do randomizacji oddziaływania systematycznego. Oddziaływanie systematyczne zawiera dwie składowe: systematyczną i przypadkową. Część systematyczna oddziaływania przybliżana jest odchyleniem pomiarowym, a część przypadkowa estymowana jest niepewnością związaną z wyznaczeniem tego odchylenia. Powstająca w ten sposób nowa zmienna losowa charakteryzuje się zerową wartością oczekiwaną i odchyleniem standardowym obliczanym na podstawie informacji o wartości odchylenia pomiarowego i związanej z nim niepewności pomiarowej. Obliczenia niepewności standardowej i współczynnika rozszerzenia takiej wielkości nie są skomplikowane i mogą być łatwo stosowane przy opracowaniu wyniku pomiaru bezpośredniego.

Próba oszacowania wpływu temperatury na odchylenie Allana

Albin Czubla

Precyzyjne pomiary czasu i częstotliwości odbywają się zwykle w klimatyzowanych pomieszczeniach ze stabilizowaną temperaturą i wilgotnością. Ze względu na charakter (głównie cykliczność) pracy klimatyzacji oraz konieczność czasowych obecności użytkowników czy osób z obsługi, warunki środowiskowe w tych pomieszczeniach podlegają niewielkim wahaniom. Przy wyznaczaniu odchylenia Allana można zauważyć pewne korelacje pomiędzy wahaniami temperatury otoczenia a wahaniami fazy mierzonego sygnału, przy czym obser-

wuje się dodatkowo, zróżnicowany czasowo, uśredniony efekt bezwładności zmian temperatury układu pomiarowego.

Niniejszy referat jest próbą przedstawienia mechanizmu obserwowanych zależności i oszacowania wpływu temperatury na wyznaczone odchylenie Allana. Rozważania teoretyczne opierają się na przyjęciu wielu założeń modelowych i uzupełnione są wynikami symulacji metodą Monte Carlo dla potwierdzenia poprawności niektórych założeń. Problematyczny pozostaje sposób szacowania niepewności efektywnego wpływu temperatury otoczenia na wynik pomiaru odchylenia Allana oraz uwzględnienia w modelu niepewności i charakteru pomiaru temperatury otoczenia.



Niepewność przekazywania jednostki z pojemności elektrycznej na indukcyjność

Adam Ziółek, Maciej Koszarny

Referat dotyczy pomiarów wykonywanych na komparatorze RLC 2100. Komparator ten pozwala na przeniesienie jednostek wielkości elektrycznych, czyli transfer z jednostki indukcyjności na indukcyjność, rezystancji na pojemność, pojemności na pojemność i pojemności na indukcyjność przy częstotliwościach 1 kHz i 1,59 kHz. Dotychczas wartości elementów państwowego wzorca indukcyjności i wzorców odniesienia były ustalane z metody grupowej, co było obarczone wysoką niepewnością. Natomiast dzięki komparatorowi RLC 2100 istnieje możliwość przenoszenia jednostki indukcyjności w stosunku 1:1 i 1:10 z bardzo wysoką dokładnością, co pozwala zmniejszyć dotychczasowe niepewności wyznaczania wartości tych wzorców. Można także odtwarzać jednostkę indukcyjności z jednostki pojemności, dzięki czemu można zmniejszyć niepewność odtwarzania wzorców indukcyjności. Można odtwarzać jednostkę indukcyjności bezpośrednio z wzorca państwowego pojemności elektrycznej (charakteryzującego się bardzo małą niepewnością) poprzez tzw. transfery łańcuchowe dochodząc do wartości indukcyjności 10 mH, 100 mH i 1 H. Transfery te można wykonywać w stosunkach 1:10 i 1:4. Porównywane są wartości impedancji Z jakie odpowiadają poszczególnym porównywanym wartościom wzorców pojemności i indukcyjności. W ostatnim czasie laboratorium zostało wyposażone w 3 indywidualne termostaty dla wzorców indukcyjności, dzięki czemu możliwe jest kolejne zmniejszenie niepewności odtwarzania jednostki indukcyjności poprzez wyeliminowanie wpływu zmian temperatury na wartość wzorca.



Omówiono odtwarzanie wartości wzorca 100 mH umieszczonego w termostacie indywidualnym z wartości pojemności 25,333 nF, której wartość została uzyskana poprzez transfer łańcuchowy od wzorca państwowego pojemności elektrycznej. Pokazane będzie, że dwa główne składniki wpływające na niepewność wyznaczenia wartości 100 mH, czyli wpływ temperatury (na cewkę) i niepewności mostka (wyznaczenia wartości kondensatora), zostały w znaczny sposób wyeliminowane, dzięki czemu niepewność wyznaczenia tej wartości jest mniejsza.

Komparacja przetworników termicznych AC/DC – szacowanie niepewności przy przenoszeniu jednostki napięcia przemiennego

Andrzej Kaźmierczak, Andrzej Kruszyński, Paweł Zawadzki



W referacie przedstawiono problematykę przenoszenia jednostki napięcia przemiennego. Prace te realizowane są w Laboratorium Wielkości Elektrycznych Małej Częstotliwości w Głównym Urzędzie Miar. W pracy przedstawiono przetworniki termiczne (TVC) wartości skutecznej (RMS) napięcia. Urządzenia te stosowane są jako wzorce odniesienia pozwalające odnieść wartość skuteczną napięcia przemiennego do wartości napięcia stałego. Pozwala to na powiązanie z kwantowym wzorcem napięcia, który jest utrzymywany w GUM.

W referacie przedstawiono posiadane przez Laboratorium jednozłączowe przetworniki termoelektryczne typu Holt Model 11, stanowiące podstawowy wzorec odniesienia, oraz wielozakresowy przetwornik półprzewodnikowy typu Fluke 792A. Pokazano także schemat spójności pomiarowej Laboratorium, obejmujący zarówno ww. wzorce odniesienia, jak i wzorce stosowane do wzorcowania przyrządów klientów. Przedstawiono także metody pomiarowe stosowane przy przenoszeniu jednostki napięcia AC i wynikające z ich zastosowania budżety niepewności pomiaru. Przeanalizowano przykładowe wyniki pomiarów przyrządów zgłaszanych do wzorcowania przez klientów i na bazie uzyskanych wyników przedyskutowano uzyskaną niepewność pomiaru jako funkcję praco- i czasochłonności zastosowanej metody pomiarowej.

Źródła niepewności przy wzorcowaniu wzorców kreskowych na komparatorze interferencyjnym

Piotr Sosinowski



W referacie przedstawiono budowę posiadanego przez Laboratorium Długości w Zakładzie Długości i Kąta GUM, stanowiska umożliwiającego wzorcowanie wzorców kreskowych o długościach nominalnych od 1 mm do 500 mm, omówiono zasadę pomiaru oraz wskazano istotne źródła niepewności występujące podczas wzorcowania. W pracy skupiono się na trzech głównych składowych wpływających na niepewność pomiaru: powtarzalności wskazań, błędzie cosinusowym i sposobie pozycjonowania kreski, przedstawiono możliwości ich zmniejszenia oraz działania podjęte w celu modernizacji jedynego w kraju stanowiska pomiarowego do wzorcowania wzorców kreskowych. Na koniec przedstawiony został udział Laboratorium Długości w porównaniach międzynarodowych EUROMET.L-K7 w zakresie wzorcowania wzorców kreskowych, których wstępne wyniki potwierdzają jego zdolności pomiarowe.

Wzorzec odniesienia GUM jednostki miary przepływu i strumienia objętości gazu

Jakub Wildner i Arkadiusz Zadworny

Główny Urząd Miar – Zakład Mechaniki i Akustyki

Wzorzec odniesienia GUM jednostki miary przepływu i strumienia objętości gazu znajdujący się w Głównym Urzędzie Miar tworzy sześć stanowisk, które można podzielić na dwie grupy: stanowiska z kontrolnym zbiornikiem dzwonowym oraz stanowiska tłokowe. W niniejszym artykule przedstawiono budowę, zasadę działania oraz wyniki porównań międzynarodowych największego na świecie stanowiska z kontrolnym zbiornikiem dzwonowym.

The GUM reference standard of the gas flow rate and the volume flow rate

The reference COM standard of the gas flow rate and the volume flow rate, which is located in the Central Office of Measures, consists of six measurement stands, which are either bell provers or piston measurement stands. In this article, we present construction, operating principle and results of international comparisons of the largest bell prover measurement stand in the world.

1. Wstęp

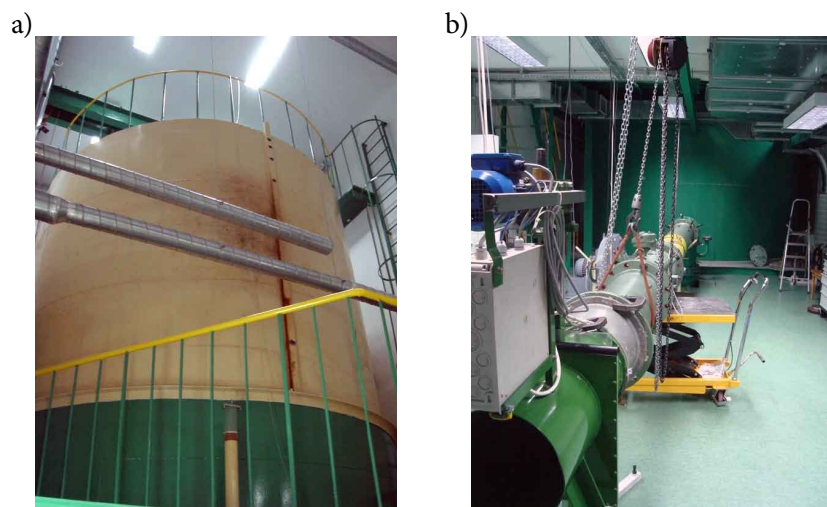
Prace nad projektem stanowiska pomiarowego z kontrolnym zbiornikiem dzwonowym nr S05 rozpoczęto w latach 50. XX wieku. Zaproponowana konstrukcja i rozwiązania techniczne były znaczącym osiągnięciem ówczesnych inżynierów pracujących w GUM, a samo stanowisko S05 (z niewielkimi zmianami) jest do dziś wykorzystywane w bieżącej pracy laboratorium. Pomimo upływu lat stanowisko wciąż działa na zadowalającym poziomie, co potwierdzają wyniki porównań międzynarodowych.

W skład wzorca odniesienia jednostki miary przepływu i strumienia objętości gazu znajdującego się w Głównym Urzędzie Miar, wchodzi m.in. trzy stanowiska z kontrolnym zbiornikiem dzwonowym, które łącznie realizują strumienie objętości w zakresie od 16 dm³/h do 7000 m³/h. W niniejszym artykule przedstawiono budowę, zasadę działania oraz wyniki porównań międzynarodowych największego z nich.

2. Budowa i działanie stanowiska nr S05

Stanowisko pomiarowe z kontrolnym zbiornikiem dzwonowym nr S05 służy do wyznaczania objętości przepływu i strumienia objętości gazu podczas określania charakterystyki metrologicznej gazomierzy i wzorcowania przepływomierzy (np. rotametrów do gazu). Wykonane jest w postaci zbiornika stałego, wypełnionego wodą oraz ruchomego zbiornika zwanego dzwonem. Przy wzorcowaniu zbiornika dzwonowego określa się objętości dzwonu ograniczone płaszczyznami prostopadłymi do jego osi, odpowiadające przyrostom wysokości mierzonych za pomocą listwy cyfrowej. Pomiar polega na wypuszczeniu spod dzwonu, przez badany przyrząd, określonej objętości powietrza w znanym czasie. Objętość ta zależy od zmiany wysokości dzwonu, która jest mierzona i rejestrowana w całym zakresie jego ruchu oraz zmian położenia poziomu wody pod dzwonem względem dowolnego stałego punktu odniesienia. Zmiany poziomu wody są zjawiskiem wtórnym i z założenia konstrukcji nie

są rejestrowane podczas bieżącej pracy stanowiska. Obliczenia i pomiary wykazały jednak, że wpływ ruchu wody na objętość wypartego powietrza jest znaczny, co jest uwzględniane podczas wyznaczania charakterystyki stanowiska.



Rys. 1. Stanowisko z kontrolnym zbiornikiem dzwonowym nr S05: a) dzwon, b) wylot z odcinkiem pomiarowym i zamontowanym gazomierzem

Poziom wody pod dzwonem zmienia swoje położenie z dwóch przyczyn: wypierania jej na skutek zanurzania dzwonu oraz zmian ciśnienia pod dzwonem.

Kompensacja pierwszego czynnika jest realizowana poprzez zastosowanie rozszerzającego się ku górze leja (rys. 2), do którego wpływa wypierana woda. Jest to równocześnie kompensacja zmian ciśnienia poprzez zmianę powierzchni czynnej. Błędy w wykonaniu leja powodują, że nie jest ona całkowita, ale czynnik ten ma niewielkie znaczenie.

Drugi czynnik zależy od niedoskonałości kompensacji strat na ciężarze, tarcia w rolkach występującego podczas opadania dzwonu oraz oporów jakie stawia woda zanurzającemu się w niej dzwonowi. Opory te w znacznej mierze zależą od prędkości opadania dzwonu. W związku z tym otrzymujemy zależność zmiany położenia poziomu wody Δ w funkcji wysokości dzwonu H i prędkości jego opadania Q , która jest wyznaczana podczas wzorcowania stanowiska

$$\Delta = f(H, Q) \quad (1)$$

zaś ostateczna objętość wypchanego spod dzwonu powietrza V określona jest wzorem

$$V = V_H + V_\Delta \quad (2)$$

gdzie:

V_H – objętość wypchanego powietrza przez opadający dzwon, przy założeniu, że poziom wody pod dzwonem jest stały,

V_Δ – objętość powietrza wypchanego przez dzwon przez zmianę położenia poziomu wody.

Ostatecznym efektem wzorcowania stanowiska jest opracowanie tabeli przedstawiającej zależność objętości wypchniętego powietrza V w funkcji natężenia przepływu Q dla określonych dawek objętości.

3. Wzorcowanie gazomierzy na stanowisku S05

Gazomierz montuje się na fragmencie rurociągu, który jest podłączony do wylotu stanowiska. Przed i za gazomierzem montuje się prostoliniowe odcinki rurociągu o minimalnej długości odpowiednio 10 DN i 3 DN (gdzie DN jest to średnica nominalna gazomierza).

Po zamontowaniu gazomierza sprawdzana jest szczelność całego układu. Jednym z kryteriów szczelności może być np. spełnienie warunku, aby strumień objętości wywołany nieszczelnościami nie przekroczył wartości 0,1 % minimalnego strumienia objętości wzorcowanego gazomierza.

Samo wzorcowanie gazomierza polega na wyznaczeniu błędów gazomierza w funkcji strumienia objętości przepływającego przez niego powietrza. Błędy wzorcowanego gazomierza wyznacza się na podstawie przyrostu wartości objętości wskazanej przez gazomierz i wartości dawki zrealizowanej przez wzorzec, odniesionej do warunków gazomierza. Równanie pomiaru jest wyprowadzone z równania przemiany gazowej między wzorcem odniesienia a wzorcowanym gazomierzem i jest określone wzorem

$$E = \left(\frac{(V_{ik} - V_{ip}) \cdot P_i \cdot T_c}{V_c \cdot P_c \cdot T_i} - 1 \right) \quad (3)$$

gdzie:

V_{ip}, V_{ik} – początkowe i końcowe wskazanie badanego gazomierza,

P_c, P_i – ciśnienie bezwzględne na stanowisku wzorcowym i przed gazomierzem,

T_c, T_i – temperatura bezwzględna na stanowisku wzorcowym i przed gazomierzem,

V_c – przyrost objętości na stanowisku wzorcowym.

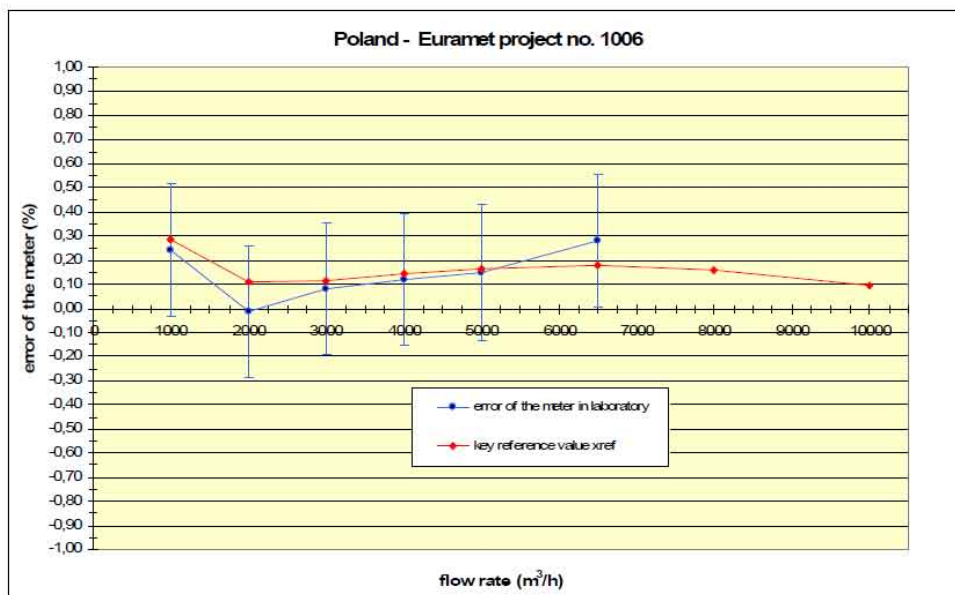
4. Projekt EURAMET nr 1006

W 2008 roku Laboratorium Przepływów GUM wzięło udział w międzynarodowym projekcie EURAMET nr 1006. Projekt dotyczył porównania wyznaczonych charakterystyk metrologicznych gazomierza turbinowego o wielkości G6500, w zakresie strumieni objętości od 1000 m³/h do 10 000 m³/h. Wzięły w nim udział laboratoria z czternastu państw europejskich: Niemiec, Hiszpanii, Francji, Holandii, Danii, Finlandii, Polski, Litwy, Słowacji, Węgier, Czech, Serbii, Turcji, Szwajcarii.

Ze względu na zakres pomiarowy stanowiska z kontrolnym zbiornikiem dzwonowym nr S05, Laboratorium Przepływów wzięło udział w porównaniach w zakresie strumieni objętości do 6500 m³/h.

Wyniki porównań, w stosunku do wartości uzyskanych ze wszystkich laboratoriów, przedstawione są na rys. 4. Linią niebieską pokazano wyniki uzyskane w Laboratorium Przepływów Zakładu Mechaniki i Akustyki GUM wraz z zaznaczoną niepewnością pomiaru. Największa bezwzględna różnica wartości uzyskanych z pomiarów nie przekraczała wartości 0,12 %, dla względnej niepewności pomiaru 0,27 %, co należy uznać za wynik bardzo dobry. Laboratorium Przepływów w przyszłości będzie dążyć do tego, aby można było wykonywać pomiary na tym stanowisku z niepewnością nie przekraczającą 0,2 %.

Aby osiągnąć ten cel laboratorium zamierza zmodernizować układ pomiarowy wykorzystywany podczas wzorcowania stanowiska, m.in. poprzez zastosowanie kamery CCD do monitorowania poziomu wody. Ponadto zostanie zmieniona metoda wzorcowa-



Rys. 4. Wyniki uzyskane w Laboratorium Przepływów w projekcie EURAMET nr 1006

nia. Dotychczas stanowisko było wzorcowane metodą geometryczną. Natomiast najbliższe wzorcowanie zostanie przeprowadzone metodą objętościową za pomocą, specjalnie do tego celu skonstruowanej kolby pomiarowej o objętości 500 dm³ lub gazomierzy wzorcowych które przeniosą jednostkę objętości przepływu z mniejszego stanowiska S03.

Literatura

- [1] Final Report – Draft B, EURAMET Project No. 1006.
- [2] Instrukcja wzorcowania zbiornika S05.

Program komputerowy do obliczania niepewności pomiaru metodą Monte Carlo

Dariusz Czulek

Główny Urząd Miar – Zakład Długości i Kąta

W 2008 roku opublikowany został przez Wspólny Komitet ds. Przewodników w Metrologii (JCGM) dokument „Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the *Guide to the expression of uncertainty in measurement* – Propagation of distributions using a Monte Carlo method”. Autorzy dokumentu zalecają wykorzystanie metod numerycznych do: walidacji obliczeń niepewności pomiaru, obliczania niepewności pomiaru dla nowo tworzonych stanowisk pomiarowych, obliczania niepewności pomiaru dla skomplikowanych modeli matematycznych czy też modeli posiadających duże składowe niepewności lub asymetryczne funkcje gęstości prawdopodobieństwa. W Laboratorium Długości Zakładu Długości i Kąta opracowano program komputerowy do obliczania niepewności pomiaru metodą Monte Carlo. Przedstawiono praktyczne zastosowanie programu obliczeniowego.

Software for calculation of uncertainty using the Monte Carlo method

In 2008, a new document „Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the *Guide to the expression of uncertainty in measurement* – Propagation of distributions using a Monte Carlo method” was published by the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM). Authors of the new document propose using the Monte Carlo method for validation of the uncertainty calculation, calculation of uncertainty in new measurement set-ups, for complicated models or models with input quantities having “large” uncertainties or asymmetric probability density functions. Practical realization of the software created in the Length Section of the Length and Angle Division, which uses the Monte Carlo method for calculation of the uncertainty, has been presented.

1. Wstęp

W 2008 roku opublikowany został przez Wspólny Komitet ds. Przewodników w Metrologii (JCGM) dokument „Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the *Guide to the expression of uncertainty in measurement* – Propagation of distributions using a Monte Carlo method” [1]. Przedstawia on nowe podejście do sposobu wyznaczania niepewności pomiaru, zalecając metodę numeryczną Monte Carlo.

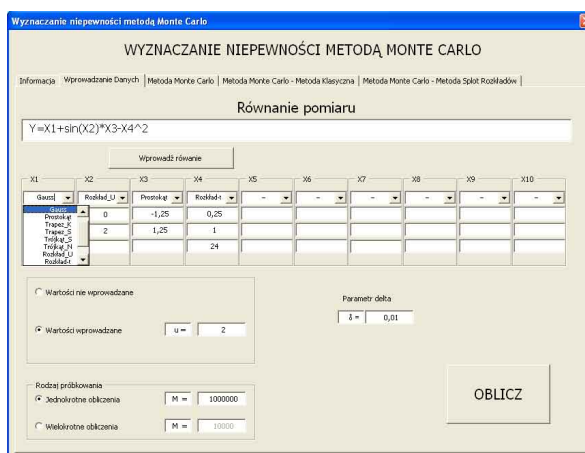
2. Program komputerowy

W Laboratorium Długości Zakładu Długości i Kąta w Głównym Urzędzie Miar opracowano program komputerowy, który umożliwi wyznaczenie niepewności pomiaru przy wykorzystaniu metody Monte Carlo. Program został napisany przy użyciu języka Visual Basic for Applications, będącego elementem arkusza kalkulacyjnego MS Excel. Przykładowe okno programu komputerowego przedstawia rys. 1.

Program komputerowy umożliwia zdefiniowanie dowolnego matematycznego modelu pomiaru zawierającego nie więcej niż 10. wielkości wejściowych. Wielkości wejściowe mogą być opisane następującymi rozkładami prawdopodobieństwa:

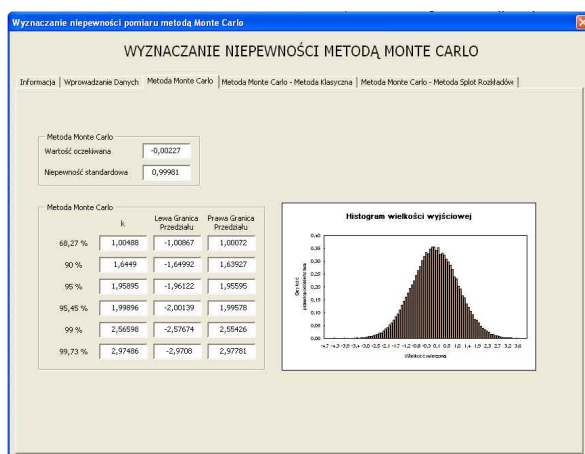
- normalnym,
- prostokątnym,
- trapezowym symetrycznym,

- trapezowym niesymetrycznym,
- trójkątnym symetrycznym,
- trójkątnym niesymetrycznym,
- rozkładem t -Studenta,
- rozkładem typu U,
- gamma,
- eksponencjalnym.



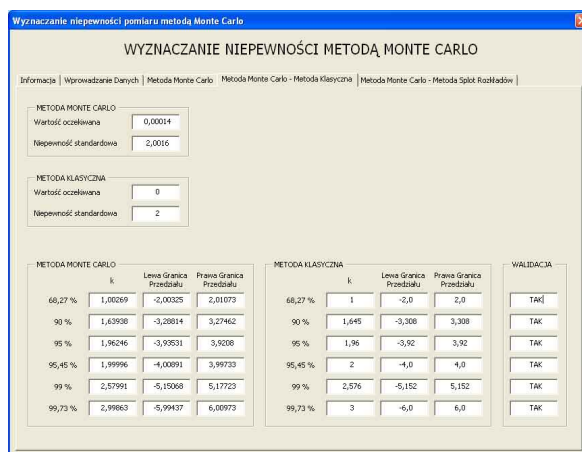
Rys. 1. Menu użytkownika

Po zdefiniowaniu wielkości wejściowych, a więc wpisaniu wartości estymat oraz niepewności standardowych lub granic przedziałów zmienności wielkości wejściowych program automatycznie oblicza niepewność pomiaru dla zadeklarowanego modelu matematycznego. Przykładowe okno programu z wynikami obliczeń przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Prezentacja wyników obliczeń niepewności pomiaru metodą Monte Carlo

Program komputerowy wyznacza wartość estymaty wielkości wyjściowej, jej niepewność standardową oraz przedziały rozszerzenia wraz z wyznaczonymi współczynnikami rozszerzenia k dla 6. wartości prawdopodobieństwa. Dodatkowo tworzony jest wykres gęstości prawdopodobieństwa wielkości wyjściowej w celu jej graficznego zobrazowania. Program umożliwia także zwalidowanie niepewności pomiaru wyznaczonej za pomocą prawa propagacji niepewności. Rys. 3 przedstawia odpowiednie okno programu.



Rys. 3. Prezentacja wyników walidacji przy użyciu metody Monte Carlo niepewności pomiaru wyznaczonej za pomocą prawa propagacji niepewności

3. Walidacja programu komputerowego

Dokument [1] podaje szereg przykładów, które pozwoliły zwalidować poprawność pracy programu komputerowego. Między innymi rozpatrywany jest tam przykład obliczeniowy o następującym równaniu pomiaru

$$Y = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \quad (1)$$

gdzie: Y – wielkość wyjściowa, X_1, X_2, X_3, X_4 – wielkości wejściowe.

Obliczenia wykonano dla trzech wariantów wielkości wejściowych:

- 1) wszystkim wielkościom wejściowym przypisane zostały rozkłady normalne prawdopodobieństwa o wartości estymaty 0 i niepewności standardowej 1,
- 2) wszystkim wielkościom wejściowym przypisane zostały prostokątne rozkłady prawdopodobieństwa o wartości estymaty 0 i niepewności standardowej 1,
- 3) trzem pierwszym wielkościom wejściowym przypisane zostały prostokątne rozkłady prawdopodobieństwa o wartości estymaty 0 i niepewności standardowej 1. Czwarta wielkość wejściowa, opisana prostokątnym rozkładem prawdopodobieństwa posiada wartość estymaty 0 i niepewność standardową 10.

W tabelach 1 ÷ 3 pokazane zostały wyniki obliczeń zeprezentowane w dokumencie [1] oraz wyniki otrzymane przy użyciu programu komputerowego. Przyjęto następujące oznaczenia: GUF – wartość obliczona zgodnie z wytycznymi Przewodnika [2], MCM – wartość obliczona przy użyciu metody Monte Carlo, y – estymata wielkości wyjściowej, $u(y)$ – wartość niepewności standardowej, y_{low} – dolna granica przedziału rozszerzenia dla prawdopodobieństwa $p = 95 \%$, y_{high} – górna granica przedziału rozszerzenia dla prawdopodobieństwa $p = 95 \%$.

Tab. 1. Porównanie wyników obliczeń dla wariantu 1

	Przewodnik		Program	
	y	$u(y)$	y	$u(y)$
GUF	0,00	2,00	0,00	2,00
MCM(10^5)	-0,01	1,98	0,00	2,00
MCM(10^6)	0,00	2,00	0,00	2,00
MCM($1,25 \cdot 10^6$)	0,00	2,00	0,00	2,00
MCM ($1,09 \cdot 10^6$)	0,00	2,00	0,00	2,00
	y_{low}	y_{high}	y_{low}	y_{high}
GUF	-3,92	3,92	-3,92	3,92
MCM(10^5)	-3,92	3,88	-3,92	3,90
MCM(10^6)	-3,92	3,93	-3,92	3,92
MCM($1,25 \cdot 10^6$)	-3,92	3,92	-3,92	3,92
MCM ($1,09 \cdot 10^6$)	-3,92	3,92	-3,92	3,92

Tab. 2. Porównanie wyników obliczeń dla wariantu 2

	Przewodnik		Program	
	y	$u(y)$	y	$u(y)$
GUF	0,00	2,00	0,00	2,00
MCM(10^5)	0,00	1,99	0,00	2,00
MCM(10^6)	0,00	2,00	0,00	2,00
MCM($1,07 \cdot 10^6$)	0,00	2,00	0,00	2,00
MCM($0,89 \cdot 10^6$)	0,00	2,00	0,00	2,00
	y_{low}	y_{high}	y_{low}	y_{high}
GUF	-3,92	3,92	-3,92	3,92
MCM(10^5)	-3,89	3,88	-3,89	3,87
MCM(10^6)	-3,88	3,88	-3,88	3,88
MCM($1,07 \cdot 10^6$)	-3,89	3,88	-3,88	3,88
MCM($0,89 \cdot 10^6$)	-3,88	3,88	-3,88	3,88

Tab. 3. Porównanie wyników obliczeń dla wariantu 3

	Przewodnik		Program	
	y	$u(y)$	y	$u(y)$
GUF	0,0	10,1	0,0	10,1
MCM(10^5)	0,0	10,1	0,0	10,1
MCM(10^6)	0,0	10,1	0,0	10,1
MCM($0,05 \cdot 10^6$)	0,1	10,2	0,0	10,1
MCM($0,06 \cdot 10^6$)	0,0	10,1	0,0	10,1
	y_{low}	y_{high}	y_{low}	y_{high}
GUF	-19,9	19,9	-19,9	19,9
MCM(10^5)	-17,0	17,0	-17,0	17,0
MCM(10^6)	-17,0	17,0	-17,0	17,0
MCM($0,05 \cdot 10^6$)	-17,0	17,1	-17,0	17,1
MCM($0,06 \cdot 10^6$)	-17,1	17,0	-17,1	17,0

4. Wzorcowanie wzorca masy

Matematyczny model pomiaru podczas wzorcowania wzorców masy opisany jest równaniem

$$\delta m = (m_{R,c} + \delta m_{R,c}) \left[1 + (\rho_a - \rho_{a0}) \left(\frac{1}{\rho_W} - \frac{1}{\rho_R} \right) \right] - m_{nom} \quad (2)$$

gdzie: δm – odchylenie od wartości nominalnej, $m_{R,c}$ – umowna masa wzorca R, $\delta m_{R,c}$ – umowna masa o małym ciężarze, ρ_a – gęstość powietrza, $\rho_{a0} = 1,2 \text{ kg/m}^3$, ρ_W – gęstość wzorca masy W, ρ_R – gęstość wzorca masy R, m_{nom} – wartość nominalna wzorca masy.

W tab. 4 przedstawiono parametry charakteryzujące wielkości wejściowe znajdujące się w równaniu 2. Przyjęto następujące oznaczenia: $N(\mu, \sigma^2)$ – rozkład normalny z wartością oczekiwaną μ i odchyleniem standardowym σ , $R(a,b)$ – rozkład prostokątny z wartością oczekiwaną $(a+b)/2$ i szerokością połówkową $(b-a)/2$.

Tab. 4. Wielkości wejściowe wzorcowania wzorca masy

X_i	Rozkład	μ (mg)	σ (mg)	$(a+b)/2$ (kg/m ³)	$(b-a)/2$ (kg/m ³)
$m_{R,c}$	$N(\mu, \sigma^2)$	100 000,0	0,050		
$\delta m_{R,c}$	$N(\mu, \sigma^2)$	1,234	0,020		
ρ_a	$R(a,b)$			1,20	0,10
ρ_W	$R(a,b)$			$8 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$
ρ_R	$R(a,b)$			$8,00 \cdot 10^3$	$0,05 \cdot 10^3$

W tab. 5 zestawiono wyniki obliczeniowe przyjmujące następujące oznaczenia: GUF_1 – wartości obliczone zgodnie z wytycznymi Przewodnika [2], MCM – wartości obliczone za pomocą metody Monte Carlo przez autorów dokumentu [1], MCM (program) – wartości obliczone za pomocą metody Monte Carlo przy użyciu programu komputerowego, GUF_2 – wartości obliczone zgodnie z wytycznymi Przewodnika [2] z uwzględnieniem wyrazów wyższego rzędu, δm – wartość oczekiwana odchylenia od wartości nominalnej, $u(\delta m)$ – wartość niepewności standardowej odchylenia od wartości nominalnej, m_{low} – dolna granica przedziału rozszerzenia dla prawdopodobieństwa $p = 95 \%$, m_{high} – górna granica przedziału rozszerzenia dla prawdopodobieństwa $p = 95 \%$.

Tab. 5. Zestawienie wyników obliczeń

Metoda	δm (mg)	$u(\delta m)$ (mg)	m_{low} (mg)	m_{high} (mg)
GUF_1	1,2340	0,0539	1,1284	1,3396
MCM	1,2341	0,0754	1,0831	1,3822
MCM (program)	1,2340	0,0755	1,0832	1,3823
GUF_2	1,2340	0,0750	1,0870	1,3810

5. Wzorcowanie płytek wzorcowych metodą porównawczą

Model matematyczny wzorcowania płytek wzorcowych metodą porównawczą opisany jest następującym równaniem:

$$\delta L = L_s + D + d_1 + d_2 - L_s[\delta\alpha(\theta_0 + \Delta) + \alpha_s\delta\theta] - L_{\text{nom}} \quad (3)$$

gdzie: δL – odchylenie długości środkowej od długości nominalnej płytki wzorcowej, L_s – długość płytki wzorcowej odniesienia, D – różnica długości płytek wzorcowych, d_1 – przypadkowe błędy komparatora, d_2 – systematyczne błędy komparatora, $\delta\alpha$ – różnica współczynników rozszerzalności liniowej płytek wzorcowych, θ_0 – średnie odchylenie temperatury od temperatury 20 °C, Δ – cykliczna zmiana temperatury, α_s – współczynnik rozszerzalności liniowej płytki wzorcowej odniesienia, $\delta\theta$ – różnica temperatur płytek wzorcowych, L_{nom} – długość nominalna płytki wzorcowej.

W tabelach 6 i 7 przedstawiono parametry charakteryzujące wielkości wejściowe równania (3). W tab. 6 przyjęto następujące oznaczenia: μ – wartość oczekiwana, σ – odchylenie standardowe, ν – wypadkowa liczba stopni swobody, $t_\nu(\mu, \sigma^2)$ – rozkład t -Studenta, $N(\mu, \sigma^2)$ – rozkład normalny. W tab. 7 przyjęto oznaczenia: a – dolna granica rozkładu, b – górna granica rozkładu, $R(a, b)$ – rozkład prostokątny, $U(a, b)$ – rozkład typu U, $CTp(a, b, d)$ – rozkład (trapezowy krzywoliniowy) o niedokładnie określonych granicach $\pm d$.

Tab. 6. Wielkości wejściowe wzorcowania płytek wzorcowych

X_i	Rozkład	μ	σ	ν
L_s	$tv(\mu, \sigma^2)$	50 000 623 nm	25 nm	18
D	$tv(\mu, \sigma^2)$	215 nm	6 nm	24
d_1	$tv(\mu, \sigma^2)$	0 nm	4 nm	5
d_2	$tv(\mu, \sigma^2)$	0 nm	7 nm	8
θ_0	$N(\mu, \sigma^2)$	-0.1 °C	0.2 °C	

Tab. 7. Wielkości wejściowe wzorcowania płytek wzorcowych

X_i	Rozkład	a	b	d
α_s	$R(a, b)$	$9,5 \cdot 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$	$13,5 \cdot 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$	
Δ	$U(a, b)$	-0,5 °C	0,5 °C	
$\delta\alpha$	$CTp(a, b, d)$	$-1,0 \cdot 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$	$0,1 \cdot 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$
$\delta\theta$	$CTp(a, b, d)$	-0,050 °C	0,050 °C	0,025 °C

W tab. 8 przedstawiono zestawienie wyników pokazanych w dokumencie [1] oraz uzyskanych za pomocą programu komputerowego. Przyjęto następujące oznaczenia: δL – estymata odchylenia długości środkowej od długości nominalnej płytki wzorcowej, $u(\delta L)$ – niepewność standardowa odchylenia długości środkowej od długości nominalnej płytki wzorcowej, δL_{low} – dolna granica przedziału rozszerzenia dla prawdopodobieństwa $p = 95 \%$, δL_{high} – górna granica przedziału rozszerzenia dla prawdopodobieństwa $p = 95 \%$.

Tab. 8. Zestawienie wyników obliczeń

Metoda	δL (nm)	$u(\delta L)$ (nm)	δL_{low} (nm)	δL_{high} (nm)
GUF	838	32	746	930
MCM (przewodnik)	838	36	745	931
MCM (GUM)	838	36	744	931

6. Podsumowanie

Na podstawie przykładów przedstawionych w tej pracy można stwierdzić, że program komputerowy opracowany w Laboratorium Długości Zakładu Długości i Kąta GUM działa poprawnie, został zwalidowany i może być używany do wyznaczania niepewności pomiaru.

Program komputerowy wykorzystujący metodę Monte Carlo do obliczania niepewności pomiaru umożliwia zwalidowanie niepewności pomiaru wyznaczonej za pomocą prawa propagacji niepewności. Dodatkowo, dzięki prostocie obsługi, możliwe jest szybkie wyznaczenie niepewności pomiaru skomplikowanych równań pomiarowych. Metoda Monte Carlo z powodzeniem może też być wykorzystywana do obliczania i sprawdzania wyników porównań międzylaboratoryjnych.

Literatura

- [1] Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the *Guide to the expression of uncertainty in measurement* – Propagation of distributions using a Monte Carlo method. JCGM 101:2008.
- [2] *Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik*. Główny Urząd Miar, 1999.

Omówienie sprawozdania Dyrektora Międzynarodowego Biura Miar z działalności BIPM w roku 2010

W. T. Chyla

Główny Urząd Miar

Ostatni raport Dyrektora BIPM, prof. Andrew Wallarda, koncentruje się na naukowych i administracyjnych aspektach działalności BIPM w 2010 r., ale widoczne są również jego osobiste refleksje na temat misji realizowanej przez tę instytucję. Jest to ostatni przygotowany przez niego raport, ponieważ z końcem 2010 r. przeszedł on na emeryturę, a obowiązki Dyrektora BIPM przejął dotychczasowy wice-Dyrektor, prof. Michael Kühne (rys. 1).



Rys. 1. Prof. Andrew Wallard (z lewej), Dyrektor BIPM w latach 2004–2010 oraz jego następcą, prof. Michael Kühne (z prawej) *Źródło: BIPM*

1. Problematyka ogólna

Dominującym przedsięwzięciem organizacyjnym w roku 2010 były przygotowania do 24. Generalnej Konferencji Miar (CGPM) w 2011 r., na której zostanie przedyskutowany i zatwierdzony program prac badawczych i budżet na lata 2013–2016. Innym ważnym tematem tej Konferencji będzie ocena stanu przygotowań do redefinicji czterech jednostek podstawowych układu SI, a w szczególności kilograma.

Konferencje CGPM mają charakter decyzyjny, natomiast planowaniem i przygotowaniem materiałów merytorycznych, na podstawie których podejmowane są owe decyzje, zajmuje się BIPM i CIPM (Międzynarodowy Komitet Miar). Instytucje te działają zgodnie z wypracowanym wspólnie 10-letnim programem ramowym, który jest dyskutowany i dostosowywany na bieżąco do nowych trendów, możliwości i wyzwań w metrologii. Ekspertsi wywodzący się z NMI i 10. Komitetów Doradczych CIPM wnoszą ważny wkład do agendy CIPM. Istotnym elementem współpracy BIPM z przedstawicielami rządów krajów-sygnatariuszy Konwencji Metrycznej są spotkania z Dyrektorami NMI. Ostatnie takie spotkanie odbyło się w czerwcu 2010 r., a następne – planowane na maj 2011 r. – zadecyduje o ostatecznym kształcie projektów uchwał przygotowywanych na 24. Konferencję CGPM, a w szczególności o wysokości i strukturze budżetu warunkującego utrzymanie planowanego zakresu prac badawczych.

Inną ważną kwestią mającą być przedmiotem dyskusji na 24. CGPM jest redefinicja jednostek podstawowych układu SI. Temat ten znajduje się w zakresie kompetencji Komitetu Doradczego ds. Jednostek Miar (CCU) i Komitetu Doradczego ds. Elektryczności i Magnetyzmu (CCEM). W CCU opracowano mapę drogową redefinicji, a w szczególności zaproponowano nowe sformułowania definicji jednostek podstawowych SI oraz przygotowano dla CIPM projekt rezolucji w sprawie redefinicji. Na ostatniej Konferencji CIPM w październiku 2010 r. zatwierdzono (z niewielkimi zmianami) projekt owej rezolucji, która ma być

poddana pod głosowanie na 24. CGPM. Wyraża ona generalne poparcie dla idei redefinicji kilograma, ampera, kelwina i mola, jednak stopień zaawansowania prac badawczych nie pozwala jeszcze na określenie konkretnego terminu realizacji tego ważnego przedsięwzięcia. W roku 2010 minęło 50 lat od wprowadzenia Międzynarodowego Układu Jednostek Miar SI; planowana kompleksowa reforma układu SI, znana jako *New SI* lub *Quantum SI*, będzie prawdopodobnie przesunięta o parę lat, ponieważ nie zostały jeszcze spełnione wszystkie kryteria techniczne, a pośpiech w tak kluczowej sprawie nie jest wskazany.

W 2010 r. liczba państw członkowskich BIPM nie zmieniła się i wynosi 54. Przybyło natomiast 5. nowych członków stowarzyszonych CGPM, których jest obecnie 32. Kilka krajów stowarzyszonych prowadzi negocjacje w sprawie uzyskania pełnego członkostwa BIPM jeszcze przed 24. Konferencją CGPM.

W ciągu ostatniego roku zaszły znaczne zmiany organizacyjne w BIPM. Poszczególne Sekcje tematyczne przekształcono w Wydziały, a ich dotychczasowi szefowie uzyskali status i tytuł Dyrektorów. Połączono również komórki administracyjne, finansowe i usługowe, tworząc nowy Wydział Finansów, Administracji i Spraw Ogólnych, na którego czele stoi Dyrektor ds. Administracyjno-Finansowych. Wydział ten wdraża obecnie nowy system księgowy i zawiaduje funduszem emerytalnym BIPM. Decyzje te mają poprawić efektywność gospodarowania środkami finansowymi. Konieczność zmniejszenia wydatków socjalnych spowodowała, że od 2010 r. ograniczono przywileje emerytalne nowych pracowników BIPM.

W związku z przejściem na emeryturę, prof. A. Wallard podziękował wszystkim pracownikom BIPM za wiele lat niezwykle udanej współpracy dla dobra społeczności międzynarodowej, zarówno w dziedzinie naukowej, jak i pod względem organizacyjnym, oraz złożył najlepsze życzenia swemu następcy, prof. M. Kühne.

2. Współczesne zadania BIPM

Nadrzędnym celem BIPM jest realizacja litery i ducha postanowień Konwencji Metrycznej. Cel ten jest urzeczywistniany poprzez utrzymanie i ulepszanie wzorców jednostek miar układu SI, prowadzenie prac naukowych w dziedzinie wzorców i rozwój międzynarodowego układu jednostek miar. Horyzontalny i globalny charakter współczesnej metrologii wymaga podejmowania przez BIPM działań w wielu dziedzinach, na płaszczyźnie naukowej, dyplomatycznej, gospodarczej i informacyjnej.

2.1 Prowadzenie prac badawczych – waga Watta

Tematyka prac badawczych prowadzonych w poszczególnych Wydziałach BIPM jest bardzo obszerna i będzie omówiona w oddzielnym rozdziale. W tym punkcie skoncentrujemy się na pracach interdyscyplinarnego zespołu ds. konstrukcji wagi Watta oraz kwestiach związanych z redefinicją kilograma, a podniesionych na ostatniej konferencji CIPM w październiku 2010 r.

Waga Watta budowana w BIPM (rys. 2) różni się od podobnych urządzeń konstruowanych w NIST i kilku innych NMI tym, że pomiar statyczny wykonywany jest równocześnie z pomiarem dynamicznym. Praktyka pokazuje jednak, że idea potencjalnie świetna jest trudna do zrealizowania i urządzenie to było już parokrotnie ulepszone w ciągu ostatnich kilku lat. W ubiegłym roku wykonano 11 serii pomiarów¹⁾ uzyskując rezultaty obarczone

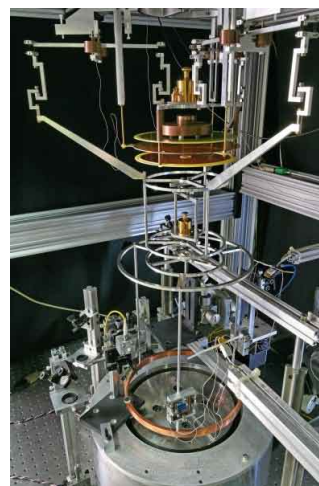
¹⁾ Pomiar masy za pomocą wagi Watta jest równoważny pomiarowi stałej Plancka.

względna złożoną niepewnością standardową rzędu $5 \cdot 10^{-5}$, w porównaniu do wartości $3.6 \cdot 10^{-8}$ uzyskanej w NIST. Również rozrzut wyników, którego miarą jest względne odchylenie standardowe, jest znaczny i wynosi $5 \cdot 10^{-6}$.

O konieczności dokonania zasadniczych ulepszeń w tym projekcie wiadomo było już wcześniej; we wrześniu 2009 r. podjęto analizę wykonalności urządzenia pracującego w warunkach kriogenicznych i w próżni. Obecnie przygotowywane jest nowe laboratorium przeznaczone dla wagi Watta; wyróżnia się ono doskonałą izolacją od zakłóceń mechanicznych (drgania) i termicznych. Ponieważ przyspieszenie grawitacyjne w miejscu pomiaru jest jedną z wielkości decydujących o wyniku i niepewności pomiaru, przygotowywana jest trójwymiarowa mapa grawitacyjna tego pomieszczenia. Całe urządzenie będzie pracować w próżni; obudowa i układ pomp próżniowych są już konstruowane. Jednocześnie budowane są nowe, ulepszone podsystemy mechaniczne, optyczne i elektryczne wagi Watta. Integracja owych podsystemów stworzy właściwie całkowicie nowy układ pomiarowy; zadanie to planuje się wykonać w tym roku.

Waga Watta konstruowana w BIPM będzie dostępna do wzorcowań dla wszystkich krajów członkowskich BIPM na mocy postanowień Konwencji Metrycznej. Urządzenie to, jako realizacja nowej definicji jednostki masy, jest najważniejszym elementem programu redefinicji jednostek podstawowych SI. Przygotowania do redefinicji były przedmiotem długiej dyskusji na ostatniej konferencji CIPM, w wyniku której poparto program redefinicji kilograma, ampera, kelwina i mola w oparciu o ustalone wartości stałej Plancka h , ładunku elementarnego e , stałej Boltzmanna k_B i stałej Avogadro N_A , ale oceniono, że stan zaawansowania prac badawczych nie pozwala jeszcze na ustalenie terminu finalizacji tego przedsięwzięcia. Należy mianowicie spełnić następujące warunki: (1) potrzebna jest więcej niż jedna waga Watta działająca z wystarczającą dokładnością; (2) wartości h określone dwiema niezależnymi metodami (metodą wagi Watta i metodą kuli krzemowej²⁾) powinny wykazywać lepszą zgodność, a to wymaga znacznego zmniejszenia niepewności w projekcie kuli krzemowej; (3) definicje jednostek miar w oparciu o ustalone wartości stałych fizycznych mają charakter abstrakcyjny, należy więc przygotować praktyczną realizację (*mise en pratique*) każdej z tak zdefiniowanych jednostek. W ocenie CIPM, są to niełatwe zadania, które trudno będzie spełnić w ciągu najbliższych kilku miesięcy, toteż przedsięwzięcie to będzie prawdopodobnie sfinalizowane dopiero za parę lat.

Po zredefiniowaniu jednostki masy za pomocą stałej Plancka i realizacji kilograma metodą wagi Watta, międzynarodowy wzorzec kilograma przechowywany w BIPM straci status wzorca pierwotnego. Ponieważ w przewidywalnym czasie niewiele państw będzie dysponować własną wagą Watta, zatem BIPM powinno mieć takie urządzenie, aby móc wykonywać tego rodzaju wzorcowania krajom-sygnatariuszom Konwencji Metrycznej; BIPM będzie też organizatorem porównań kluczowych wag Watta. Zastosowanie wag Watta nie zniesie potrzeby przekazywania wartości jednostki masy za pomocą artefaktów, ponieważ



Rys. 2. Waga Watta konstruowana w BIPM jest ciągle ulepszana celem obniżenia niepewności pomiarów Źródło: BIPM

² Metoda kuli krzemowej, czyli Projekt Avogadro (*International Avogadro Coordination*, IAC) pozwala bezpośrednio zmierzyć wartość stałej Avogadro N_A , a nie h , ale istnieje związek obu tych stałych, dzięki czemu można porównywać wyniki otrzymywane tymi dwiema metodami.

jest to metoda bardzo wygodna i dokładna – w tym celu w BIPM przygotowywane są nowe wzorce robocze jednostki masy, wykonane z różnych materiałów.

BIPM dysponuje wzorcami różnych wielkości fizycznych i fizykochemicznych oraz współorganizuje porównania kluczowe w tych dziedzinach. Instytucja ta stwarza niezbędną, neutralną płaszczyznę współpracy międzynarodowej, zarówno w kwestiach naukowych, jak i w aspekcie organizacyjnym.

2.2 Rozpowszechnienie i doskonalenie Międzynarodowego Układu Jednostek Miar SI

Chociaż Konwencja Metryczna liczy już 135 lat, to rozpowszechnienie systemu metrycznego nie jest jeszcze procesem zakończonym. W wielu krajach, np. w USA, stosowane są inne układy jednostek miar. Również w nauce, a szczególnie w środowisku fizyków-teoretyków, układ metryczny nie jest jedynym powszechnie stosowanym, ze względu na wygodę używania wyspecjalizowanych układów jednostek fizycznych. Na przykład, w elektrodynamice dalej stosowany jest zracjonalizowany układ Gaussa, w fizyce atomowej i chemii kwantowej stosuje się jednostki Hartree lub jednostki naturalne ($e = c = m_e = \hbar = k_B = 1$); pod względem konsekwencji stosowania układu SI, inżynierowie są znacznie bardziej zdyscyplinowani niż czystej krwi teoretycy. Na usprawiedliwienie można jedynie dodać, że trudno astronomów przymusić do mierzenia odległości w metrach, wieku Wszechświata w sekundach, a fizyków jądrowych nakłonić do wyrażania przekroju poprzecznego reakcji cząstek elementarnych w metrach kwadratowych. Rola BIPM w propagowaniu jednego, powszechnie obowiązującego układu jednostek miar jest nie do przecenienia.

Międzynarodowy układ jednostek miar podlega ciągłej ewolucji, a zmiany idą w dwu kierunkach. Po pierwsze, rozszerza się zakres gałęzi wiedzy, w których wymagane jest podporządkowanie się rygorom metrologicznym; są to przede wszystkim pomiary w dziedzinie medycyny, analityki medycznej, farmacji, a także w tradycyjnych obszarach chemii i biologii, w przemyśle spożywczym i ochronie środowiska. Konieczne jest zatem opracowywanie nowych wzorców pomiarowych i metod pomiarowych, a nawet wprowadzanie nowych rodzajów jednostek (np. jednostka aktywności katalitycznej, katal, zatwierdzona przez CGPM w 1999 r.). Po drugie, podejście do sposobu definiowania jednostek również podlega zmianom. Jeszcze przed podpisaniem Konwencji Metrycznej Maxwell zaproponował oparcie definicji jednostek podstawowych na wzorcach atomowych; w owym czasie była to propozycja niemożliwa do zrealizowania ze względów technicznych i dopiero w roku 1960 CGPM przyjął nową definicję jednostki długości, w której metr określony był za pomocą długości fali świetlnej emitowanej przez izotop ^{86}Kr . W 1983 r. po raz pierwszy zdefiniowano jednostkę podstawową poprzez ustalenie wartości fundamentalnej stałej fizycznej, a mianowicie zdefiniowano metr ustalając wartość prędkości światła c . W obecnie opracowywanej, nowej wersji układu jednostek SI, zwanej też Kwantowym SI (*Quantum SI*), wszystkie jednostki podstawowe będą zdefiniowane za pomocą stałych fizycznych i własności atomowych. BIPM odgrywa wiodącą rolę w doskonaleniu Międzynarodowego Układu Jednostek Miar i opracowaniu *mise en pratique* nowych definicji jednostek podstawowych SI.

2.3 Współpraca z rządami krajów członkowskich BIPM oraz organizacjami międzynarodowymi

Na 23. Konferencji CGPM w 2007 r. zwrócono uwagę na konieczność bliższych i regularnych kontaktów BIPM z rządami krajów członkowskich, ponieważ Konferencje odbywają się tylko raz na cztery lata, a szybkiemu rozwojowi technologicznemu towarzyszy

konieczność sprawnego przepływu informacji i szybkiego reagowania na zmieniającą się sytuację. W tym celu, poza formalnymi raportami przekazywanymi przez BIPM rządów krajów członkowskich, poszerzono zakres tematyczny biuletynu *KCDB Newsletter*, w którym na bieżąco omawiane są aktualne zagadnienia fachowe, ważne wydarzenia w środowisku metrologicznym, jak również kwestie związane z CIPM MRA.

BIPM rozpoczął także wydawanie nowego biuletynu w formie elektronicznej, *BIPM Bulletin*. W ostatnim (trzecim) numerze przedstawiona jest notatka z 99. spotkania CIPM, przewidywana tematyka 24. Konferencji CGPM, informacja o wdrażaniu nowego systemu księgowego w BIPM oraz informacja o zmianach personalnych – nowym Przewodniczącym CIPM został dr Barry Inglis z Australii, a dotychczasowy szef, prof. Ernst Göbel z Niemiec (PTB) pozostał w składzie CIPM. Informacje te, choć bardzo pobieżne, dają jednak generalny ogólny obraz sytuacji osobom, które nie mają wglądu do materiałów poufnych.

Ważnym źródłem informacji o działalności BIPM jest również szczegółowy raport składany w połowie każdego roku przez Dyrektora BIPM na ręce CIPM [1], dostępny na stronach internetowych BIPM, oraz zwięzłe podsumowanie działalności BIPM [2], publikowane corocznie na łamach *Metrologii* (BIPM).

W maju 2011 r. zaplanowane jest spotkanie przedstawicieli krajów członkowskich BIPM celem przedyskutowania programu prac i budżetu BIPM na najbliższe lata (2013–2016). Już w grudniu ubiegłego roku przekazano odpowiednim ciałom rządowym materiały dotyczące proponowanego zakresu prac BIPM (*BIPM's Programme of Work*) oraz dokumentację przygotowywaną na 24. Konferencję CGPM, tak aby była możliwość wcześniejszego zapoznania się z tymi materiałami. Ostateczna wersja owych dokumentów, która będzie przedłożona CGPM w październiku 2011 r. będzie uwzględniać uwagi i wnioski ze spotkania majowego. Nieformalna dyskusja na tematy poruszane w tych dokumentach pozwoli wypracować najlepsze rozwiązania i usprawnić procedowanie w trakcie 24. Konferencji CGPM.

BIPM współpracuje z ok. 100. organizacjami krajowymi i międzynarodowymi, zarówno metrologicznymi, jak i działającymi w innych dziedzinach. Szczególnie ożywione są kontakty BIPM z BIML. BIPM organizuje liczne spotkania robocze i warsztaty szkoleniowe, w których współuczestniczy ILAC (*International Laboratory Accreditation Cooperation*), ISO (*International Organization for Standardization*), WMO (*World Meteorological Organization*) oraz UNIDO (*United Nations Industrial Development Organization*). W nowej strukturze organizacyjnej, koordynacją współpracy międzynarodowej BIPM zajmuje się p. Andy Henson wraz z trzyposobowym zespołem.

Przedstawiciele BIPM oraz 7. innych organizacji tworzą JCGM (*Joint Committee for Guides in Metrology*). Dwie grupy robocze tego komitetu opracowują, aktualizują oraz udostępniają poprzez stronę internetową BIPM poradniki metrologiczne dotyczące słownictwa oraz metod obliczania niepewności pomiarów. Trzecie wydanie słownika *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology*, VIM3, jest dostępne na stronach internetowych BIPM jako dokument JCGM 200:2008, a w ubiegłym roku opracowano też poprawki do tego wydania (*Corrigendum*). Dziełem grupy roboczej ds. niepewności pomiarów są *Guide to the expression of uncertainty in measurement*, GUM 1995, with minor modifications (JCGM 100:2008), *Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” – Propagation of distributions using a Monte Carlo method* (JCGM 101:2008) oraz *Evaluation of measurement data – An introduction to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” and related documents* (JCGM 104:2009). W 2010 r. JCGM podjął decyzję, by nie uzupełniać i nie poszerzać

VIM3 w najbliższym okresie, aby dać metrologom czas na przyswojenie sobie zbioru pojęć zdefiniowanych w ostatnim wydaniu Słownika. Komitet wyraził również z troską sytuację, w której zalecenia poradników JCGM dotyczące niepewności pomiarów nie są tak powszechnie stosowane, jak się tego spodziewano, a w szczególności znajdują nikle odzwierciedlenie w programach nauczania.

Od sześciu lat sekretariat JCTLM (*Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine*) prowadzony jest przez BIPM. W pracach JCTLM biorą udział organizacje działające w obszarze medycyny klinicznej, analityki i diagnostyki medycznej, chemii analitycznej i dziedzin pokrewnych. Prace tego Komitetu plasują się w głównym nurcie współczesnej metrologii, która obejmuje coraz szersze obszary chemii, biologii, farmacji i medycyny.

2.4 Promocja metrologii w skali światowej

BIPM jest organizacją międzynarodową dobrze rozpoznawalną na całym świecie. Wzorcowania wykonywane dla NMI wielu krajów są źródłem wysokiego prestiżu zawodowego pracowników BIPM; najlepszym sposobem propagowania swej profesji jest bowiem perfekcyjne wywiązywanie się ze swych zawodowych obowiązków.

BIPM popularyzuje międzynarodowy układ jednostek miar SI, spójność pomiarową i jednolite podejście do obliczania niepewności pomiarów, które składają się na solidną podstawę wiarygodności pomiarów. Szefowie i pracownicy BIPM prowadzą aktywną działalność informacyjną poza ośrodkiem w Sèvres. W ubiegłym roku Dyrektor BIPM i jego zastępca odbyli 20 podróży zagranicznych w celu prowadzenia rozmów z innymi organizacjami międzynarodowymi, wizytowali NMI i Regionalne Organizacje Metrologiczne oraz prowadzili wykłady na licznych kursach szkoleniowych i konferencjach. Dyrektorzy i pracownicy Wydziałów przejawiają podobną aktywność międzynarodową, a wyniki prac badawczych upowszechniają w formie publikacji, zarówno prac naukowych, jak i raportów technicznych, których liczba wynosi ok. 200 rocznie.

Szczególnie ważne jest zaangażowanie BIPM w rozwój wzorców w dziedzinie nanostruktur. W ubiegłym roku zorganizowano dla ok. 100 uczestników specjalne warsztaty szkoleniowe, których integralną częścią była dyskusja okrągłego stołu, ponieważ standardy (wzorce, normy, metody pomiarowe) w tej nowej dziedzinie metrologii nie są jeszcze ustanowione. Wielkim powodzeniem cieszą się warsztaty szkoleniowe organizowane wspólnie z WMO (*World Meteorology Organization*), które dotyczą pomiarów wielkości ważnych z punktu widzenia monitorowania zmian klimatycznych w sposób spójny z jednostkami SI. Ustalenia tych obrad zostały szeroko rozpropagowane w kołach rządowych, wśród dyrektorów NMI i na forum organizacji międzynarodowych, takich jak IPCC (*International Panel on Climate Change*), czy UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*).

W BIPM prowadzona jest aktywna polityka kadrowa mająca na celu tworzenie więzi ze środowiskiem naukowym krajów członkowskich. W ubiegłym roku, na kontraktach krótkoterminowych w BIPM pracowało – z obopólną korzyścią – kilkadziesiąt osób z całego świata.

Ważnym elementem propagowania metrologii jest Światowy Dzień Metrologii (*World Metrology Day*, WMD), obchodzony corocznie 20 maja dla upamiętnienia dnia podpisania Konwencji Metrycznej. Jest to okazja do upowszechnienia w szerokich warstwach społecznych wiedzy o metrologii i roli jaką odgrywa ona w nauce, gospodarce, medycynie i innych ważnych społecznie dziedzinach.

2.5 Nadzór nad realizacją i uaktualnianie układu CIPM MRA

Sygnatariuszami Układu o Wzajemnym Uznawaniu CIPM MRA pod koniec 2010 r. było 47 NMI z państw członkowskich BIPM oraz 3 organizacje międzynarodowe (IAEA, IRMM i WMO); do CIPM MRA przystąpiło również 27. członków stowarzyszonych CGPM i 134. Instytuty Desygnowane (DI). Liczba organizacji uczestniczących w CIPM MRA powiększa się w dalszym ciągu i obecnie wynosi 48. członków BIPM, 30. członków stowarzyszonych CGPM oraz 135 DI.

Wiarygodność oraz uznawanie wyników i świadectw pomiarów zapewniają odpowiednie wpisy do bazy danych KCDB (*Calibration and Measurement Capability, CMC*), których jest obecnie ponad 23 tysiące. Wpisy uzyskiwane są na podstawie wyników porównań kluczowych i porównań uzupełniających organizowanych i nadzorowanych przez BIPM, Komitety Doradcze CIPM oraz Regionalne Organizacje Metrologiczne (RMO). Porównań takich przeprowadzono już ok. 700. Baza danych KCDB cieszy się niezwykle popularnością; liczba wejść do tej bazy danych sięga 100 tysięcy rocznie, a liczba przeglądanych stron zbliża się do miliona rocznie.

Układ CIPM MRA ma już 11 lat. Pomimo ogromnego sukcesu tej inicjatywy, w wielu szczegółowych punktach jest on już nieaktualny, np. odwołuje się do zmienionych w międzyczasie norm jakości, struktur organizacyjnych, procedur „okresu przejściowego” i nie uwzględnia zmian, które zaszły w terminologii. CIPM zaakceptował już projekt Uzupełnienia do MRA (*Addendum*), który będzie przedyskutowany na spotkaniu Dyrektorów NMI w maju 2011 r.; będą wówczas przyjmowane propozycje dalszych modyfikacji tego dokumentu. Zmiany technologiczne, prawne i organizacyjne we współczesnym przemyśle i handlu wymagają szybkiego dostosowywania MRA do aktualnych realiów, tak aby dotychczasowy sukces w usuwaniu technicznych barier w handlu mógł być w przyszłości kontynuowany dla dobra całej gospodarki światowej.

3. Prace wydziałów naukowych BIPM

3.1 Wydział Masy

Ważnym elementem prac Wydziału jest wzorcowanie krajowych prototypów kilograma przez odniesienie ich do międzynarodowego prototypu kilograma (rys. 3). W ubiegłym roku ukończono wzorcowanie 6. prototypów platynowo-irydowych i rozpoczęto wzorcowanie 4. następných. Wzorcowaniu poddano także kilkanaście stalowych kopii międzynarodowego wzorca jednostki masy. Wzorcowaniu kopii stalowych towarzyszy zwykle pomiar ich podatności magnetycznej, ponieważ oddziaływanie z ziemskim polem magnetycznym musi być uwzględnione w pomiarach najwyższej dokładności. Wydział dokonuje również sprawdzeń podatności magnetycznej kopii platynowo-irydowych.

W Wydziale Masy wykonywane są także wzorcowania mniejszych mas, od 5 g do 100 g, za pomocą nowej, automa-



Rys. 3. Międzynarodowy prototyp kilograma wraz z sześcioma „kopiaiami oficjalnymi” przechowywany jest w sejfie BIPM do dziś, w warunkach określonych w 1889 r. przez 1 CGPM

Źródło: BIPM

tycznej wagi oddanej do użytku w ubiegłym roku. Oprogramowanie do tego urządzenia pozyskano z VSL (Holandia). Trwają prace studialne nad minimalizacją rozszerzonej niepewności standardowej w pomiarach masy, która obecnie jest rzędu 10^{-9} .

Dwa lata temu zauważono niezgodność związaną z poprawką na wypór powietrza, która pojawiła się po renowacji laboratorium masy i była przypisywana utrzymującemu się tam zanieczyszczeniu powietrza. W ubiegłym roku ukończono opracowanie metody grawimetrycznej eliminującej to źródło błędu.

Wydział masy bierze udział w projekcie *International Avogadro Coordination* (IAC), znanym też jako program kul krzemowych, który jest elementem przygotowań do redefinicji kilograma. Sprawa nieco się skomplikowała, ponieważ ostatnio zauważono pojawienie się zanieczyszczeń na powierzchni kul krzemowych.

Redefinicja jednostki masy i realizacja kilograma za pomocą wagi Watta, w której uczestniczy Wydział Masy, wymaga przygotowania *mise en pratique* nowej definicji. Ważnym elementem jest przygotowanie 12. jednokilogramowych wzorców roboczych, zrobionych z 3. różnych materiałów, z których część będzie przechowywana i używana w próżni, a część w atmosferze gazu obojętnego chemicznie (w argonie lub azocie). Opracowanie wszystkich elementów *mise en pratique* nowej definicji kilograma jest przedmiotem współpracy BIPM z NPL i METAS oraz Komitetem Doradczym ds. Masy i Wielkości Związanych (CCM).

3.2 Wydział Czasu, Częstotliwości i Grawimetrii

Jednym z najważniejszych zadań Wydziału jest obliczanie Międzynarodowej Atomowej Skali Czasu (TAI), rys. 4, oraz Koordynowanego Czasu Uniwersalnego (UTC); dane te są publikowane co miesiąc w biuletynie *Circular T*. Stabilność czasu TAI w skali jednego miesiąca, wyrażona za pomocą odchylenia Allana, wyniosła w ostatnim okresie $4 \cdot 10^{-16}$, zaś dryft długoterminowy jest rzędu $2 \cdot 10^{-15}$ w skali półrocza. W okresie od lipca 2009 r. do



Rys. 4. Laboratoria czasu dające wkład do TAI, w tym dwa polskie: GUM i OAB (Obserwatorium Astrogeodynamiczne w Borowcu) Źródło: BIPM

grudnia 2010 r. odchylenia skali czasu TAI mieściły się w zakresie od $+2.6 \cdot 10^{-15}$ do $+5.7 \cdot 10^{-15}$ przy rozszerzonej niepewności standardowej wynoszącej poniżej $1 \cdot 10^{-15}$. W ciągu ostatniego roku dokonano 12 poprawek skali czasu, które w sumie wyniosły $-6.1 \cdot 10^{-15}$, w oparciu o 13 najbardziej stabilnych wzorców częstotliwości, w tym 9 tzw. fontann cezowych. Od kilku lat, BIPM we współpracy z kilku obserwatoriami astronomicznymi bada możliwość wykorzystania pulsarów milisekundowych do sprawdzenia stabilności czasu atomowego w bardzo długich okresach czasu.

Z rekomendacji Komitetu Doradczego ds. Czasu i Częstotliwości (CCTF) wdrożono porównania czasu TAI wykorzystujące metodę PPP (*Precise Point Positioning, GPS Precise Positioning Technique*). Do obliczeń czasu UTC wykorzystywane jest również bezpośrednie połączenie między PTB (Niemcy) i WNIIFTRI (Rosja) za pomocą nowego rosyjskiego systemu satelitarnego GLONASS. Wydział systematycznie wzorcuje odbiorniki systemu GPS i GLONASS, ponieważ w porównaniach czasu bardzo istotne jest opóźnienie sygnału wskutek oddziaływania z jonosferą, której stan zależy od wielu czynników, a przede wszystkim od aktywności Słońca.

Od kilku lat Wydział współpracuje z USNO (*United States Naval Observatory*), prowadząc badania czasoprzestrzennego układu odniesienia związanego z Ziemią (IERS), co jest nietrywialnym zagadnieniem ze względu na skomplikowany ruch Ziemi (złożenie ruchu postępowego i obrotowego, nutacje), na który mają wpływ również zmiany zachodzące wskutek przemieszczeń masy w skorupie ziemskiej. Równocześnie, we współpracy z IAU (*International Astronomical Union*), opracowywany jest układ odniesienia niezależny od Ziemi (*International Celestial Reference Frame*), konieczny do nawigacji pozaziemskiej.

Ekspertów z Wydziału Czasu, Częstotliwości i Grawimetrii udzielają pomocy technicznej w przeprowadzaniu kluczowych porównań laserów stabilizowanych (CCL-K11) oraz grawimetrów (ICAG-2009). Badania grawimetryczne odgrywają ważną rolę również w programie konstrukcji wagi Watta.

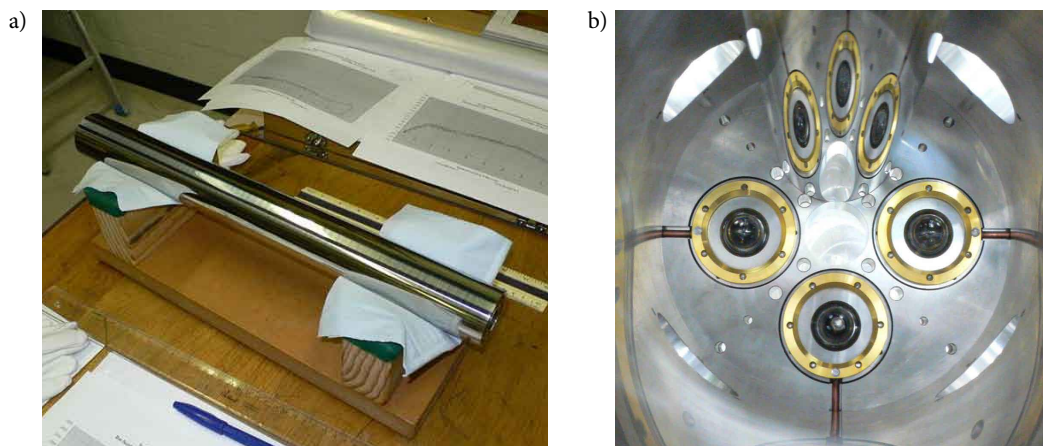
Wydział udostępnia swe zasoby do prowadzenia sekretariatów CCTF i CCTL oraz na posiedzenia grup roboczych tych Komitetów. W ubiegłym roku pracownicy Wydziału opublikowali kilkadziesiąt prac naukowych i raportów technicznych, byli zapraszani w charakterze ekspertów na liczne konferencje, warsztaty szkoleniowe oraz do udziału w grupach roboczych.

3.3 Wydział Elektryczności

Prace prowadzone w Wydziale Elektryczności mają bardzo szeroki zakres, ponieważ w większości współczesnych systemów pomiarowych układy elektryczne odgrywają niezwykle ważną rolę. W szczególności, pracownicy Wydziału Elektryczności stanowią trzon kadry budującej wagę Watta. Obecnie konstruowany jest nowy układ do pomiaru napięcia elektrycznego, oparty na 13-elementowej macierzy Josephsona.

W ubiegłym roku ukończono budowę przenośnego wzorca napięcia elektrycznego (Josephsona), który będzie wykorzystywany do wzorcowań przeprowadzanych w NMI krajów członkowskich BIPM. W porównaniach tego wzorca z obecnie wykorzystywanym, stacjonarnym wzorcem napięcia uzyskano względną niepewność standardową $1 \cdot 10^{-10}$, co jest doskonałym wynikiem. Automatyczny system wzorcowania diod Zenera został również pomyślnie przetestowany i jest on już wykorzystywany w praktyce.

Planowana jest budowa przenośnego kwantowego wzorca oporu elektrycznego (QHR). W kriostacie obecnego, stacjonarnego wzorca QHR wykryto przeciek; nowy kriostat jest



Rys. 5. a) Jedna z czterech elektrod kondensatora obliczeniowego; b) Montaż kondensatora obliczeniowego: pierwsza elektroda jest już zamocowana (u góry), a trzy pozostałe będą umocowane w widocznych na zdjęciu szafirowych głowicach

Źródło: BIPM

obecnie instalowany. Konstruowany jest też nowy komparator prądowy pracujący w temperaturze pokojowej.

W 2010 r. w Wydziale Elektryczności wykonano ponad 60 wzorcowań wzorców rezystancji, napięcia elektrycznego i indukcyjności dla NMI 14. krajów członkowskich BIPM. Przeprowadzone zostały porównania kluczowe i bilateralne napięcia (w zakresie 1.018 V i 10 V), pojemności elektrycznej (w zakresie 10 pF i 100 pF) oraz rezystancji (w zakresie 1 Ω , 100 Ω i 10 k Ω); w tym ostatnim porównaniu bierze udział GUM (1 Ω i 10 k Ω), a raport jest już przygotowywany.

W BIPM wdrożono system jakości, co jest niezwykle ważne z punktu widzenia zapewnienia jednolitości wymagań i procedur we wszystkich laboratoriach wzorcujących. W ubiegłym roku system jakości w zakresie pomiarów rezystancji, napięcia i pojemności elektrycznej przeszedł pomyślnie audyt wykonany przez ekspertów z NPL, METAS i PTB.

Program budowy dwu egzemplarzy nowego typu kondensatora obliczeniowego, realizowany przez Wydział Elektryczności BIPM we współpracy z NMIA (Australia), jest już w końcowej fazie. W 2010 r. NMIA przekazał do BIPM cztery elektrody przeznaczone do tego urządzenia, które zostały wykonane z dokładnością 10^{-7} m (rys. 5). Przeprowadzone testy wskazują, że chociaż niektóre elementy kondensatora obliczeniowego (zamocowania i interferometryczny układ optyczny) będą musiały być nieco zmodyfikowane, to generalnie prace postępują zgodnie z planem. Jednym z najważniejszych celów tego programu jest niezależny pomiar stałej von Klitzinga z niepewnością względną $1 \cdot 10^{-8}$, co jest ważnym elementem programu redefinicji jednostek podstawowych SI.

Pracownicy Wydziału Elektryczności opublikowali w ubiegłym roku 9 prac naukowych, uczestniczyli w kilkunastu konferencjach, seminariach oraz spotkaniach komitetów technicznych i Komitetów Doradczych CIPM.

3.4 Wydział Promieniowania Jonizującego

W Wydziale Promieniowania Jonizującego kontynuowano prace nad wzorcami pierwotnymi dla dozimetrii i badania aktywności radionuklidów. Wykonywano również wzorcowania dla NMI krajów członkowskich BIPM oraz przeprowadzano porównania.

Zmierzone rok wcześniej wartości kermy w powietrzu dla promieniowania X (rys. 6) oraz dla promieniowania gamma emitowanego przez ^{137}Cs zostały zaaprobowane przez CCRI i są już dostępne. Na zlecenie ININ (meksykański instytut badań jądrowych o statusie



Rys. 6. Powietrzna komora jonizacyjna BIPM będąca pierwotnym wzorcem w zakresie promieniowania X
Źródło: BIPM

DI) przeprowadzono badanie wpływu niskiego ciśnienia na wyniki uzyskiwane przy pomocy grafitowej komory jonizacyjnej oraz komory z tworzywa sztucznego; badanie wykonano za pomocą wiązki promieniowania emitowanego przez ^{60}Co z intencją wykorzystania uzyskanych wyników przy budowie wzorca pierwotnego dla dozymetrii gamma. Wzorzec taki jest budowany dla ARPANSA (australijski instytut ochrony radiologicznej o statusie DI).

Kontynuowano badanie dawki pochłoniętej w wodzie z zastosowaniem wiązki ^{60}Co i kalorymetru grafitowego, osiągając odtwarzalność wyników na poziomie $1 \cdot 10^{-3}$. Wykonano również kilka serii analogicznych pomiarów stosując wiązkę promieniowania synchrotronowego (zamiast wiązki ze źródła kobaltowego), korzystając z akceleratora NRC (Kanada) i PTB (Niemcy).

Budowa w BIPM wzorca pierwotnego dla celów dozymetrii mammograficznej jest już ukończona; przeprowadzono porównania z NMIJ (NMI Japonii) i NIST (USA) oraz opracowano raport z tego porównania. Wykonano badanie charakterystyk wzorców krajowych w zakresie promieniowania X oraz promieniowania gamma dla NMI (lub DI) Finlandii, Norwegii, Chin i Afryki Południowej. Kontynuowano również stałą współpracę z WHO (*World Health Organization*) i IAEA (*International Atomic Energy Agency*) w tej dziedzinie. Podjęto także pierwsze trzy porównania wzorców stosowanych w brachyterapii; badania te prowadzone są we współpracy z VSL (Holandia), LNE-LNHB (Francja) i NPL (Wielka Brytania), a wyniki pomiarów są obecnie analizowane i opracowywane. W sumie przeprowadzono 15 porównań w dziedzinie dozymetrii, opublikowano 13 raportów oraz zbadano 17 charakterystyk krajowych wzorców wtórnych w dziedzinie dozymetrii.

Wydział Promieniowania Jonizującego bierze udział w programie SIR (*International Reference System*), którego istotą jest utrzymanie aktualnej i udokumentowanej bazy danych o radionuklidach aktywnych w zakresie promieniowania gamma. Od czasu rozpoczęcia programu SIR (1976 r.) wykonano pomiary dla 931. ampułek z 64. różnymi radionuklidami. W ciągu ostatniego roku, w Wydziale wykonano 17 porównań ampułek z 11. różnymi radionuklidami (rys. 7), a wyniki z 10. porównań zostały już opracowane i umieszczone w bazie danych SIR. Wyniki pomiarów publikowane są również w czasopiśmie *Metrologia*, w dodatku *Technical Supplement*. Zbiorcze zestawienia wyników pomiarów umieszczane są także w bazie danych KCDB.

Program SIR jest rozwijany w kierunku badania aktywności próbek radionuklidów krótkożyciowych, takich jak np. izotop technetu $^{99}\text{Tc}^m$, którego czas połowkowy wynosi



Rys. 7. Nowe laboratorium SIR w BIPM. Z prawej strony znajdują się 2 komory jonizacyjne wewnątrz osłony z bloków ołowiu
Źródło: BIPM

ok. 6 godzin. W przypadku emiterów krótkożyciowych, transport próbek do laboratoriów badawczych nie jest możliwy ze względu na szybki rozpad promieniotwórczy; do takich porównań stosuje się zatem wzorcowy przyrząd przenośny (*SIR Transfer Instrument, TI*), który został wywzorcowany we współpracy z LNE-LNHB (Francja), NPL oraz NIST. Kilka NMI już zgłasza chęć wzięcia udziału w takich porównaniach.

Prowadzone są prace w celu rozszerzenia programu SIR na emitery beta. Tak zwanym czystym emitery beta (tzn. bez emisji gamma) jest tryt ^3H , którego czas rozpadu na izotop ^3He wynosi 12,3 roku. W Wydziale konstruowane jest oprzyrządowanie do pomiarów aktywności czystych emiterów beta metodą koincydencji podwójno-potrójnych. Porównanie pomiarów aktywności próbki ^3H , przeprowadzone w ubiegłym roku, wykazało rozbieżność 4 % w stosunku do średniej z porównania. Prowadzone są prace nad znalezieniem i usunięciem przyczyn tej rozbieżności. Planowane jest również rozszerzenie bazy danych SIR na emitery alfa.

W badaniach radionuklidów bardzo istotna jest czystość próbek, ponieważ nawet niewielkie domieszki innych izotopów promieniotwórczych mogłyby być źródłem znacznych błędów pomiaru. Czystość radiacyjną próbki można określić badając jej spektrum, ponieważ radionuklidy mają charakterystyczne widma gamma. Wzorcowanie spektrometru gamma (HPGe), który rozwiąże ten problem jest już w zaawansowanym stadium.

Nowym elementem w pracy Wydziału było podjęcie odpowiedzialności za pomiar temperatury za pomocą wzorcowego rezystancyjnego termometru platynowego (SPRT) na potrzeby całego BIPM. Wymagało to przeprowadzenia porównań bilateralnych z LNE-INM i wprowadzenia odpowiednich zmian do Systemu Jakości.

3.5 Wydział Chemii

Prace Wydziału Chemii w ubiegłym roku były realizacją wieloletniego planu rozwoju metrologii chemicznej, który koncentruje się na metrologii gazów i wielkocząsteczkowych związków organicznych. Wydział Chemii bierze aktywny udział w pracach Komitetu Doradczego ds. Liczności Materii (CCQM), Komitetu Wspólnego ds. Spójności Pomiarowej w Medycynie Laboratoryjnej (JCTLM) oraz uczestniczy w działalności licznych organizacji międzynarodowych.

Metrologia gazów ma pierwszorzędne znaczenie w badaniach składu chemicznego atmosfery, wykrywaniu zanieczyszczeń i monitorowaniu zmian klimatycznych. Jednym z najważniejszych parametrów podlegających stałemu nadzorowi jest zawartość ozonu

w powietrzu; ozon w niskich warstwach atmosfery stanowi jej zanieczyszczenie, ale jego obecność w stratosferze jest niezbędna, ponieważ ozon zatrzymuje silne promieniowanie ultrafioletowe Słońca, które jest zabójcze dla organizmów żywych. Zawartość ozonu w powietrzu mierzona jest najczęściej metodą fotometryczną (rys. 8).

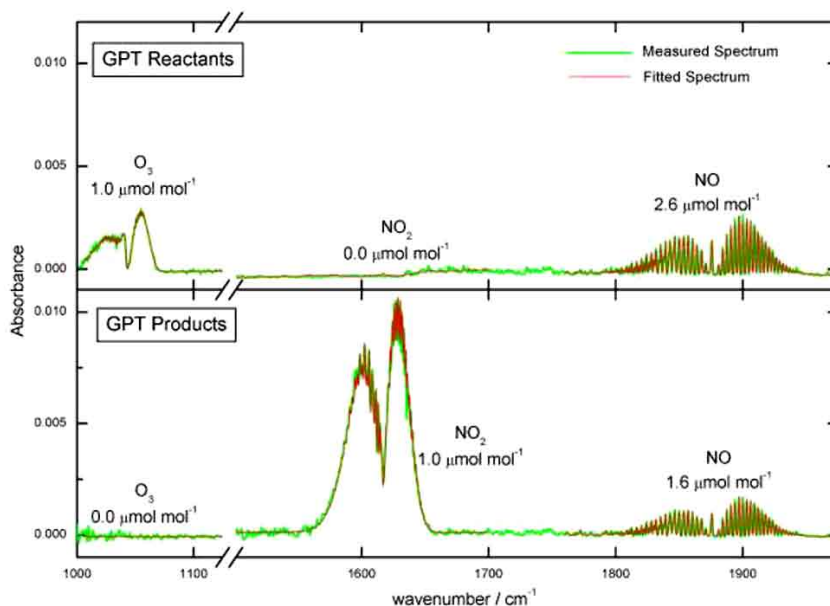


Rys. 8. Wzorzec odniesienia ozonu

Źródło: BIPM

W ubiegłym roku, w Wydziale Chemii przeprowadzono porównania wzorcowego fotometru BIPM-SRP27 z państwowymi wzorcami ozonu USA, Czech, Portugalii i Francji, które były częścią bieżącego porównania kluczowego BIPM.QM-K1. Wyniki pierwszego cyklu takich porównań, przeprowadzonych w latach 2007 – 2008, zostały już opracowane i częściowo opublikowane w suplemencie technicznym do *Metrologii* (BIPM). W wyniku przeprowadzonych porównań, jeden ze wzorców państwowych musiał być zmodyfikowany. W dalszym ciągu prowadzone są prace konstrukcyjne i testy fotometru laserowego do badania zawartości ozonu.

Innym ściśle monitorowanym zanieczyszczeniem atmosfery są tlenki azotu, emitowane przez zakłady przemysłowe i transport. Zawartość tlenków azotu badana jest m.in. metodą chemiluminescencyjną i fotolityczną. W Wydziale Chemii przeprowadzono pomyślnie testy nowego analizatora tlenku azotu (NO), CLD70E, który wszedł już do użytku. Przykład miareczkowania w fazie gazowej podany jest na rys. 9. Zakończono kolejne porównanie w zakresie pomiarów NO₂ przy stężeniach nominalnych rzędu 10 μmol/mol i przygotowany jest raport końcowy z tego porównania. Tlenki azotu w obecności pary wodnej tworzą kwas azotowy i azotawy, które mogą zakłócić dokładność pomiarów; poprawki uwzględniające ten efekt wymagają zastosowania analizy spektralnej FTIR (zakres podczerwieni). Wydział przygotowuje się także do porównania wzorców stężenia metanu (CH₄) w powietrzu; do posiadanego już spektrometru dokupiono chromatograf gazowy, co pozwoli na wy-



Rys. 9. Miareczkowanie w fazie gazowej. Ozon reagujący z tlenkiem azotu NO daje ditlenek azotu NO₂, którego silny sygnał widać w dolnej części spektrogramu

Źródło: BIPM

konanie takich porównań. W końcowej fazie uruchamiania jest też stanowisko pomiarowe do badania stężenia formaldehydu.

Wydział Chemii BIPM jest w stałym kontakcie z WMO (*World Meteorological Organization*), które planuje ustanowić swe własne laboratorium (*Central Calibration Laboratory*) w celu ciągłego monitorowania zanieczyszczenia atmosfery tlenkami azotu; jest to część programu GAW (*Global Atmosphere Watch*), w którym uczestniczy ok. 80 państw, a którego celem jest monitorowanie obecności gazów cieplarnianych, ozonu, gazów wysoce reaktywnych (tlenki azotu i siarki), zanieczyszczeń pyłowych, aerozoli, itd. GAW, z kolei, jest częścią jeszcze większego programu monitorowania zmian klimatycznych GCOS (*Global Climate Observing System*). Udział BIPM w tych programach daje nadzieję na obiektywizację danych pomiarowych.

W analizie ilościowej czystych substancji organicznych pierwszoplanową rolę odgrywają związki o dużej masie cząsteczkowej, bowiem metody oznaczania związków organicznych o małych molekułach są już dobrze opracowane. Otrzymywanie i oczyszczanie substancji wielkocząsteczkowych wymaga znacznie bardziej finyzyjnych metod niż te stosowane w przypadku małych molekuł. Właściwości (np. aktywność biologiczna) takich związków zależą od cech tak subtelných jak konformacja molekuły i oddziaływanie z rozpuszczalnikiem (np. wodą lub tłuszczami) oraz innymi substancjami wielkocząsteczkowymi (np. białkami). Dlatego program metrologii w chemii organicznej należy rozpatrywać jako proces wieloletni, zarówno w aspekcie wyboru metod analitycznych, walidacji metod i procedur pomiarowych, jak i wytwarzania materiałów odniesienia. W Wydziale Chemii BIPM (rys. 10) ukończono instalowanie urządzeń do oczyszczania substancji wielkocząsteczkowych metodami fizykochemicznymi.

CCQM i Wydział Chemii koordynują dwa porównania (CCQM-K55.b i CCQM-P117.b) próbek czystego związku chemicznego o nazwie potocznej aldrin (jest to pestycyd, niegdyś używany powszechnie, a obecnie zakazany jako niebezpieczny dla człowieka). Celem tych



Rys. 10. Siedziba Wydziału Chemii i Wydziału Promieniowania Jonizującego

Źródło: BIPM

porównań jest sprawdzenie i walidacja kilku metod analitycznych stosowanych w oznaczaniu i charakteryzacji próbek tego związku, który jest przewidywany do użycia jako substancja wzorcowa. Badane metody pomiarowe to spektrometria masowa, dwie odmiany chromatografii gazowej, dwie odmiany chromatografii cieczowej, spektroskopia w ultrafiolecie, spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego i miareczkowanie kulometryczne. Próbkę została już rozesłana do 18. laboratoriów uczestniczących w pierwszym porównaniu oraz do 7. laboratoriów biorących udział w drugim porównaniu; wyniki uzyskane w międzyczasie były już omawiane na spotkaniu CCQM-OAWG (Grupa Robocza ds. Analizy Organicznej) pod koniec ubiegłego roku. Ta sama substancja (aldrin) w roztworze izooktanu będzie przedmiotem kolejnego porównania (CCQM-K78); obecnie opracowuje się metody przygotowania próbek do tego porównania.

Jako substancje wzorcowe związków wielkocząsteczkowych o znaczeniu medycznym wybrano angiotensynę I (jest to peptyd regulujący ciśnienie krwi i układ sercowo-naczyniowy) oraz insulinę (hormon regulujący metabolizm węglowodanów). W Wydziale Chemii rozpoczęto badania i walidację metod mogących służyć do charakteryzacji próbek tych substancji w stanie czystym.

Porównanie czystości próbek estradiolu (hormon sterydowy), które ukończono przed ponad rokiem, wykazało znaczne rozbieżności wyników, których przyczyną okazała się drobna różnica w sposobie przygotowania próbek. W temperaturze poniżej punktu topnienia estradiolu (176 °C) niektóre próbki nie były dobrze odwodnione. Przygotowano już nowy projekt raportu z tego porównania.

W oznaczaniu peptydów i białek o znaczeniu biologicznym ważny jest ich skład aminokwasowy, który odnosi się do próbek czystych aminokwasów. Podjęto zatem badanie i walidowanie metod oznaczania zanieczyszczeń w komercyjnie dostępnych próbkach aminokwasów.

Wydział Chemii został po raz kolejny wybrany do prowadzenia sekretariatu JCTLM (*Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine*). W bazie danych JCTLM znajdują się wpisy o materiałach odniesienia, metodach i procedurach pomiarowych oraz dostępnych usługach. W ubiegłym roku firma zewnętrzna zmodyfikowała stronę internetową JCTLM, a 49 usług zostało usuniętych z bazy danych ze względu na utratę akredytacji przez niektóre laboratoria.

Metrologia chemiczna jest bardzo szybko rozwijającą się dziedziną wiedzy. Aby skutecznie reagować na nowe potrzeby sektora biotechnologii i nauk biologicznych, LGC (*Laboratory of the Government Chemist*) na zlecenie BIPM wykonało kompleksowe badanie potrzeb i perspektyw w tej dziedzinie. Końcowa wersja tego opracowania uwzględnia uwagi wniesione w procesie konsultacji środowiskowych i zostanie wkrótce udostępniona.

Wydział Chemii BIPM nie odgrywa, co prawda, wiodącej roli w programie redefinicji jednostek podstawowych układu SI, ale zmiany w tej dziedzinie dotyczą również metrologii chemicznej (nowa definicja mola, kilograma i kelwina). Dokładność pomiarów z jaką mamy do czynienia w metrologii chemicznej pozwala przypuszczać, że redefinicje nie wpłyną na wyniki i niepewność pomiarów w tej dziedzinie.

Zespół Wydziału Chemii bierze aktywny udział w pracach Komitetów Doradczych CIPM i grup roboczych tych komitetów. Dyrektor i pracownicy Wydziału opublikowali 7 prac naukowych i opracowań o charakterze technicznym, zaś udział w kilkudziesięciu konferencjach, warsztatach szkoleniowych i posiedzeniach ciał międzynarodowych jest miarą wielkiego zainteresowania metrologią chemiczną na świecie i wysokiego autorytetu naukowego pracowników Wydziału Chemii.

4. Podsumowanie

BIPM jest wyspecjalizowaną organizacją międzynarodową, która służy potrzebom wszystkich krajów-sygnatariuszy Konwencji Metrycznej. Szybki rozwój metrologii w tradycyjnych gałęziach nauki, przemysłu i handlu oraz rosnąca liczba dziedzin podlegających rygorom badań metrologicznych powoduje konieczność opracowywania nowych wzorców i metod pomiarowych oraz inspiruje podejmowanie prac naukowych i badawczo-rozwojowych. Tempo realizacji prac badawczych, planowanych i wykonywanych w BIPM, będzie zależęć od decyzji finansowych podjętych na 24. Konferencji CGPM w październiku 2011 r., które określą budżet BIPM na lata 2013 – 2016.

Wiodąca rola BIPM w dziedzinie redefinicji jednostek układu SI jest przykładem na to, że instytucja ta nie tylko reaguje na nowe trendy globalne, ale sama jest inicjatorem koniecznych zmian. Rola, jaką odgrywa BIPM w światowej strukturze metrologicznej będzie w najbliższych latach podlegać ewolucji. Prędzej czy później, międzynarodowy prototyp kilograma w Sèvres przestanie być wzorcem definicyjnym jednostki masy i BIPM nie będzie już depozytariuszem jedyne go (ostatnie go) na świecie wzorca pierwotne go w postaci artefaktu. Przygotowanie się do tej nowej sytuacji, tak aby nie zaprzepaścić dotychczasowych osiągnięć tej ważnej organizacji jest poważnym wyzwaniem zarówno dla BIPM, jak i dla całej społeczności międzynarodowej.

Literatura

- [1] A. Wallard: *Director's report on the activity and the management of the International Bureau of Weights and Measures (1 July 2009 – 30 June 2010)*. CIPM/2010-01, BIPM August 2010.
- [2] A. Wallard: *International Report. News from the BIPM – 2010*. Metrologia **48**, 59-67 (2011).

XIII Międzynarodowe Targi Analityki i Technik Pomiarowych EuroLab 2011



W dniach 9 – 11 marca 2011 r. odbyły się w Centrum Targowo-Kongresowym MT Polska w Warszawie XIII Międzynarodowe Targi Analityki i Technik Pomiarowych EuroLab 2011. Tegoroczne targi tradycyjnie objęły trzy sektory: analitykę chemiczną, Life Science oraz metrologię. Z okazji obchodzonego w bieżącym roku Międzynarodowego Roku Chemii oraz Roku Marii Skłodowskiej-Curie szczególnie położono nacisk na zagadnienia związane z branżą chemiczną, czego przejawem była między innymi zorganizowana konferencja poświęcona Marii Skłodowskiej-Curie.



W oficjalnym otwarciu targów uczestniczyli przedstawiciele rządu, świata nauki i biznesu. Ze strony Głównego Urzędu Miar udział wziął m.in. Pan Włodzimierz Popiołek, Wiceprezes Głównego Urzędu Miar ds. metrologii naukowej. Podczas ceremonii otwarcia targów głos zabrał między innymi Minister Spraw Wewnętrznych i Administracji, Pan Jerzy Miller oraz Prezes Polskiej Akademii Nauk, Pan prof. dr hab. Michał Kleiber.

Główny Urząd Miar wpisując się w tegoroczne obchody Międzynarodowego Roku Chemii zaprezentował swą działalność ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień związanych z chemią. Celowi temu służyła zorganizowana wspólnie z Okręgowym Urzędem Miar w Łodzi wystawa obrazująca wykonywane pomiary oraz prezentująca wytwarzane certyfikowane materiały odniesienia.



Specjaliści z Głównego Urzędu Miar, z Zakładu Fizykochemii oraz Biura Metrologii Prawnej, a w tym roku także z Okręgowego Urzędu Miar w Łodzi, udzielali odpowiedzi na liczne zapytania zwiedzających z zakresu metrologii naukowej oraz metrologii prawnej, przybliżając jednocześnie działalność administracji miar w Polsce.

Wydawca: **Główny Urząd Miar**

Prezes

JANINA MARIA POPOWSKA

tel. (22) 581 95 45, fax 620 84 11,
e-mail: prjp@gum.gov.pl

Wiceprezes do spraw metrologii naukowej

WŁODZIMIERZ POPIOŁEK

tel. (22) 581 95 49, fax 620 84 11, e-mail: vprwp@gum.gov.pl

Wiceprezes do spraw metrologii prawnej

DOROTA HABICH

tel. (22) 581 93 26, fax 624 25 73,
e-mail: vprdh@gum.gov.pl

Dyrektor Generalny Urzędu

ELŻBIETA SOIKA

tel. (22) 581 93 78, fax 624 02 68, e-mail: dgu@gum.gov.pl

Redakcja: **Dobrosława Sochocka** tel. (22) 581 92 93, e-mail: d.suchocka@gum.gov.pl

Paweł Fotowicz tel. (22) 581 94 37, e-mail: uncert@gum.gov.pl