

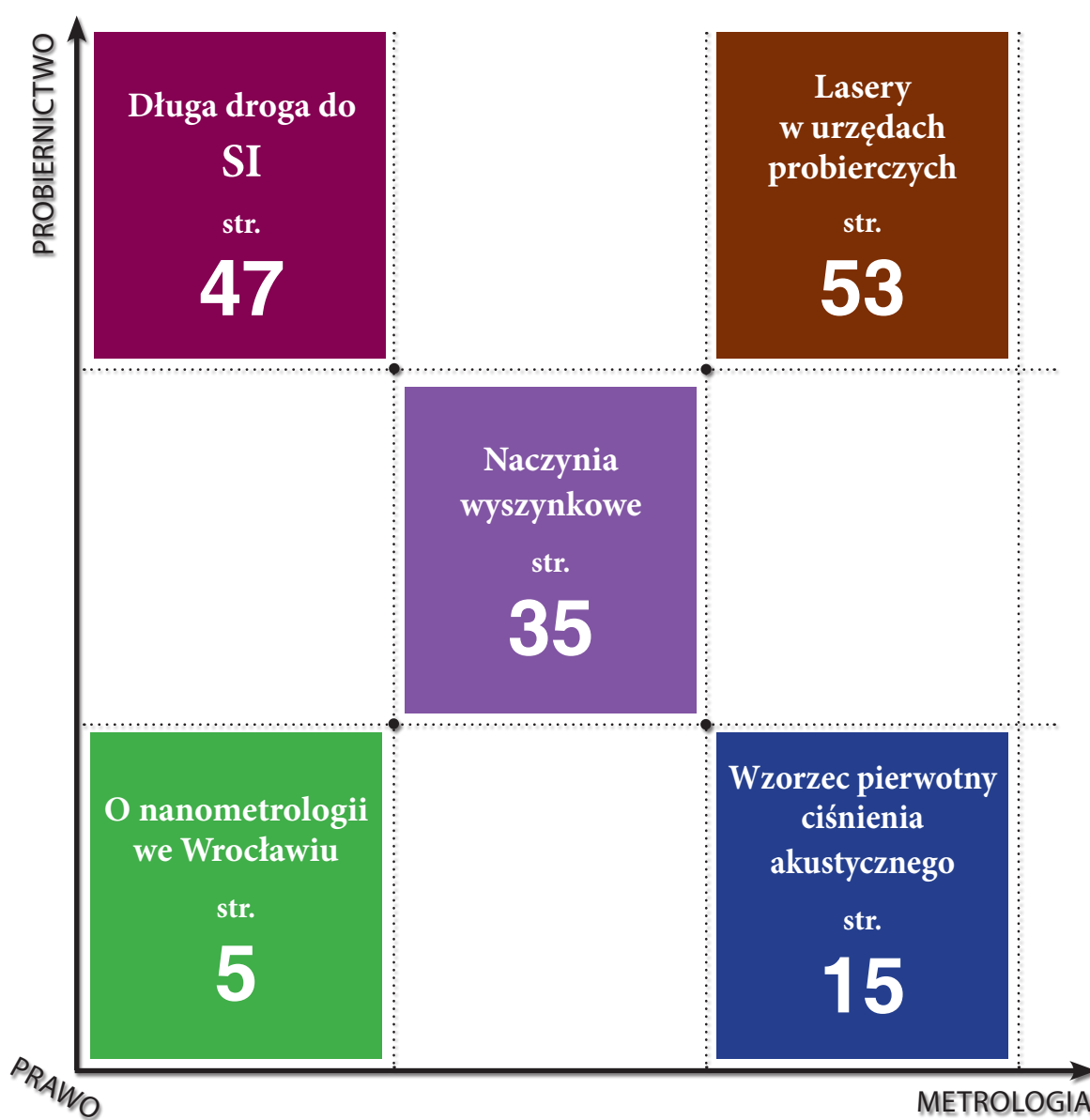


# METROLOGIA I PROBIERNICTWO

ISSN 2300-8806

Biuletyn Głównego Urzędu Miar

nr 1 (12)/2016



Znajdziesz nas także na [www.gum.gov.pl](http://www.gum.gov.pl)

## W numerze:

Słowo wstępne

### WYDARZENIA 4-9

#### TECHNIKA I POMIARY 10-32

- ♦ Dryf masy materialnych wzorców odniesienia wykorzystywanych do przekazywania jednostki miary masy od wzorca państwowego w GUM
- ♦ Realizacja wzorca pierwotnego ciśnienia akustycznego w Głównym Urzędzie Miar
- ♦ Wpływ przyspieszenia ziemskiego na pomiar masy przy ocenie zgodności wag nieautomatycznych
- ♦ Oprogramowanie stosowane w Okręgowym Urzędzie Miar w Łodzi podczas legalizacji zbiorników pomiarowych w kształcie cylindra stojącego, wzorcowanych metodą geometryczną

### WSPÓŁPRACA 33-34

- ♦ Informacja o Seminariach GUM w 2015 roku
- ♦ Szkolenia w Głównym Urzędzie Miar

### PRAWNA KONTROLA METROLOGICZNA 35-46

- ♦ Ocena zgodności naczyń wyszynkowych
- ♦ Prawna kontrola metrologiczna przeliczników do gazomierzy

### TERMINOLOGIA 47-52

- ♦ Międzynarodowy Układ Jednostek Miar – międzynarodowy projekt o najdłuższej historii

### PROBIERNICTWO 53-56

- ♦ Lasery w urzędach probierczych

### CZY WIESZ, ŻE... 57-65

- ♦ Stulecie powstania Urzędu Miar i Wag m.st. Warszawy
- ♦ Ciekawostki metrologiczne

## In this issue:

Foreword

### EVENTS 4-9

#### TECHNIQUE AND MEASUREMENTS 10-32

- ♦ The drift phenomenon of the reference mass standards used in the mass unit dissemination process in the Central Office of Measures
- ♦ The realization of the primary standard for sound pressure at the Central Office of Measures
- ♦ The significance of the gravity acceleration on the weight measurement in conformity assessment of non-automatic weighing instruments
- ♦ The software implemented in the Laboratory of Volume Measurements in the Regional Verification Office in Lodz applied during the verification of fixed vertical cylindrical storage tanks at atmospheric pressure calibrated by means of the strapping method

### COOPERATION 33-34

- ♦ 2015 report of GUM Seminars
- ♦ Metrology Trainings in Central Office of Measures

### LEGAL METROLOGICAL CONTROL 35-46

- ♦ Conformity assessment of capacity serving measures
- ♦ The legal metrological control of gas-volume flowcomputers

### TERMINOLOGY 47-52

- ♦ The International System of Units - an international project with the longest history

### HALLMARKING 53-56

- ♦ Lasers in assay offices

### DO YOU KNOW... 57-65

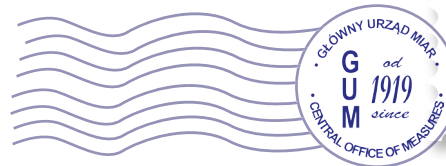
- ♦ One hundredth anniversary of the Warsaw City Office of Weights and Measures
- ♦ Metrology curiosities

Wydawca: Główny Urząd Miar  
ul. Elektoralna 2, 00-139 Warszawa, tel.: 22 581 95 18, 581 95 31, fax: 22 581 90 91.

Redakcja: Karol Markiewicz (red. naczelny), Adam Zeberkiewicz (sekretarz red.),  
Maria Magdalena Ulaczyk (Probiernictwo), dr Jerzy Borzymiński (Terminologia), dr Paweł Fotowicz (Technika i pomiary), Karol Markiewicz (Czy wiesz, że...?), Adam Zeberkiewicz (Wydarzenia), Mariusz Pindel (Współpraca), Tadeusz Lach (Prawna kontrola metrologiczna).

Druk: ArtDruk Zakład Poligraficzny, ul. Napoleona 4, 05-230 Kobyłka, www.artdruk.com

Wszystkie prawa zastrzeżone. Redakcja nie zwraca materiałów nie zamówionych oraz zastrzega sobie prawo do skrótów i zmian tytułów.  
Pytania i uwagi do redakcji: biuletyn@gum.gov.pl



Drodzy Czytelnicy!

Oto pierwszy numer naszego Biuletynu w 2016 roku. Z jednej strony chcielibyśmy wspomnieć okres 50 lat, które upłynęły od oficjalnego uznania w Polsce, w 1966 r., Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (SI). Z drugiej zaś zapowiadamy Światowy Dzień Metrologii (jak zwykle przypadający na 20 maja), tym razem pod hasłem „Pomiary w dynamicznym świecie”. Zatem ciągle doskonalone metody pomiarowe oraz wspólne jednostki miar SI pomagają dokładnie mierzyć różne wielkości, w zmieniającym się świecie, także w układzie dynamicznym. Na ten aspekt współczesnej metrologii zwracają uwagę dyrektorzy BIPM oraz BIML w swoich listach, które publikujemy na stronach 6-7. Natomiast o przebytej drodze do wspólnych jednostek miar SI pisze p. dr Borzymiński (patrz str. 47).

Działalność Głównego Urzędu Miar, obok utrzymywania wzorców pomiarowych (p. dr Rafał Ossowski omawia zjawisko dryfu przy przekazywaniu jednostki masy - str. 10, natomiast wzorzec pierwotny ciśnienia akustycznego w GUM przybliży p. dr Danuta Dobrowolska na str. 15), skupia się na wieloletnim już upowszechnianiu wiedzy metrologicznej. O otwartych seminariach zorganizowanych w GUM w ubiegłym roku pisze p. dr Paweł Fotowicz na str. 33, a p. Monika Oryga przedstawia szkolenia oferowane przez naszą instytucję.

Na koniec, chciałbym uczcić pamięć p. Willema Koola, wicedyrektora Międzynarodowego Biura Metrologii Prawnej (BIML), którego zawsze będziemy wspominać jako przyjaciela GUM. Wspomnienie o Zmarłym zamieściliśmy na str. 64.

Zapraszam do lektury,

*Karol Markiewicz*  
redaktor naczelny

Dear Readers!

This is the first edition of our Bulletin in 2016. On the one hand, we would like to remind that **the SI** was officially adopted in Poland 50 years ago (1966). On the other hand, the theme for the upcoming 2016 World Metrology Day (celebrated as usual on May, 20) is ‘**Measurements in a Dynamic World**’. Thus, in the changing world, constantly improved measurement methods and commonly used measurement units (SI) allow to measure different quantities with expected level of accuracy also in case of dynamic measurements. The messages of the BIPM and BIML Directors, published on p. 6-7, focus also on that aspect of contemporary metrology. While dr Borzymiński describes the historical process that led to the common measurement units (SI) - see p. 47.

The activity of GUM focuses not only on maintaining of measurement standards but also on the long-standing popularization of knowledge. Dr Rafał Ossowski expounds, on p. 10, the drift phenomenon in the mass unit dissemination in GUM, while Dr Danuta Dobrowolska presents, on p. 15, the primary standard for sound pressure). Next, dr Paweł Fotowicz informs on the open metrological seminars that were organized in our institution last year (p. 33) and Mrs Monika Oryga describes the trainings offered by GUM (p. 34).

Finally, I would like to honour the Memory of Mr Willem Kool, Assistant Director of BIML, who will forever remain in our memory as the GUM’s Friend - the Memory of the Deceased on p. 64.

I invite you to read,

*Karol Markiewicz*  
chief editor

- 18.01 → **SPOTKANIE GRUPY ROBOCZEJ WGVS**  
W Genewie odbyło się pierwsze spotkanie grupy roboczej, powołanej do opracowania wizji i strategii rozwoju Konwencji o kontroli i cechowaniu wyrobów z metali szlachetnych. Przy pomocy analizy SWOT dokonano oceny tekstu Konwencji oraz jej praktycznego funkcjonowania. Polska jest reprezentowana w grupie przez przedstawicieli Ministerstwa Rozwoju.
- 3-4.02 → **SPOTKANIE PRZEDSTAWICIELI KOMITETU TECHNICZNEGO EURAMET DS. FOTOMETRII I RADIOMETRII**  
Gospodarzem spotkania był Główny Urząd Miar – relacja na str. 9.
- 9-10.03 → **POSIEDZENIE MIĘDZYNARODOWEGO STOWARZYSZENIA URZĘDÓW PROBIERCZYCH (IAAO)**  
Dyrektorzy okręgowych urzędów probierczych w Warszawie i w Krakowie uczestniczyli w 78. Posiedzeniu Stałego Komitetu Konwencji o kontroli i cechowaniu wyrobów z metali szlachetnych oraz w 17. Posiedzeniu Międzynarodowego Stowarzyszenia Urzędów Probierczych (IAAO), które odbywały się w Lizbonie. Na Posiedzeniu Konwencji omówiono szczegółowo propozycję poprawek do załączników Konwencji oraz kontynuowano dyskusję w sprawie członkostwa Włoch. Spotkanie IAAO zdominowały tematy związane z planowaną zmianą struktury organizacyjnej Stowarzyszenia.
- 9-11.03 → **SEMINARIUM NA TEMAT MIKROSKOPII ELEKTRONOWEJ**  
Na Politechnice Wrocławskiej zorganizowano 7. Seminarium dotyczące nanowzorcowania – „Wzorce i metody. Pomiary długości i pokrewne w zakresie mikro- i nanometrów”. Szczegóły na str. 5.
- 18.03 → **SPRAWOZDANIE GUM Z WYKONANYCH KONTROLI W 2015 R.**  
Główny Urząd Miar opublikował na stronie [bip.gum.gov.pl](http://bip.gum.gov.pl) „Sprawozdanie z wykonanych kontroli w 2015 roku”, którymi objęto przyrządy pomiarowe podlegające prawnej kontroli metrologicznej oraz podmioty i przedsiębiorców, którym Prezes GUM udzielił upoważnień lub zezwoleń na wykonywanie określonej działalności, przetwórstwo, naprawę i obrót wyrobami z metali szlachetnych.
- 21-24.03 → **VI MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA METROLOGICZNA**  
W Dakarze (Senegal) zorganizowana została VI Międzynarodowa Konferencja Metrologiczna, której przewodniczył CAFMET (Afrykański Komitet Metrologii).
- 27.03 → **ZMIANA CZASU ZIMOWEGO NA LETNI**  
27 marca w nocy o godz. 2:00 przestawiliśmy zegarki na godz. 3:00, tym samym przechodząc na czas letni środkowoeuropejski. Więcej o zmianie czasu na naszych stronach internetowych <http://www.gum.gov.pl/pl/aktualnosci/2016/zmiana-czasu-na-letni/>
- 6.04 → **SEMINARIUM W GUM**  
W Głównym Urzędzie Miar odbyło się pierwsze w tym roku seminarium pt. „Konsekwencje przekazywania jednostki miary masy w próżni po przeprowadzeniu zaplanowanej na rok 2018 redefinicji kilograma” Temat, wobec licznie zgromadzonych słuchaczy, zreferował Rafał L. Ossowski z Laboratorium Masy GUM. Informacja o seminarium znajduje się na stronie internetowej GUM.
- 12-14.04 → **18. MIĘDZYNARODOWE TARGI ANALITYKI I TECHNIK POMIAROWYCH EUROLAB**  
Tradycyjnie z udziałem GUM, relacja w następnym numerze.

## Na styku nauki i przemysłu – o nanometrologii na Politechnice Wrocławskiej

Po raz pierwszy w Polsce, w Centrum Kongresowym Politechniki Wrocławskiej, odbyła się konferencja „Nanoscale”, poświęcona mikroskopii elektronicznej oraz zaawansowanym pomiarom długości. Do Wrocławia przyjechało ponad 80 naukowców z około 20 placówek naukowo-badawczych, reprezentujących kraje z całego świata (m.in. z Japonii, Republiki Południowej Afryki, Nowej Zelandii, Tajlandii, Arabii Saudyjskiej, Holandii, Finlandii, Niemiec czy Czech). Organizatorami konferencji są: niemiecki PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt), Politechnika Wrocławska – Wydział Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki, EURAMET – Europejskie Stowarzyszenie Krajowych Instytucji Metrologicznych oraz Główny Urząd Miar (GUM). W uroczystym otwarciu konferencji wzięła udział **Dorota Habich**, Prezes GUM, która podziękowała niemieckim kolegom oraz zespołowi prof. dr hab. inż. **Teodora Gotszalka**, Kierownika Zakładu Metrologii Mikro- i Nanostruktur za trud zorganizowania wrocławskiego spotkania.

Celem seminarium, które odbywało się od 9 do 11 marca, była wymiana doświadczeń na temat nowoczesnych urządzeń oraz technik pomiarowych, a także, w szerszym kontekście, analiza stanu rozwoju całej dyscypliny naukowej jaką jest nanometrologia. Służyły temu m.in. referaty naukowe oraz sesje plakatowe poświęcone różnym aspektom nanometrologii.

Warto pamiętać, że badanie zjawisk mikro- i nanoskali stało się możliwe dzięki wynalezieniu narzędzi, pozwalających na obrazowanie obiektów i zjawisk, które do tej pory były dla człowieka niewidoczne. Pierwszy krok został wykonany w latach 30. ubiegłego wieku, kiedy to niemieccy inżynierowie Ernst Ruska i Max Knoll opracowali mikroskop elektroniczny, który dokonywał powiększenia do 1 mln razy, podczas gdy najlepsze mikroskopy świetlne mogą powiększać obraz tylko około 1500 razy.

O randze wrocławskiego wydarzenia świadczy nie tylko liczba zarejestrowanych uczestników. Decyduje o tym szybki rozwój nanotechnologii i jej zastosowań w takich dziedzinach nauki, jak: chemia, biologia, nauki medyczne, fizyka, inżynieria



Dorota Habich, Prezes GUM z prof. Teodorem Gotszalkiem, Kierownikiem Zakładu Metrologii Mikro- i Nanostruktur Politechniki Wrocławskiej

materiałowa. Precyzyjne pomiary długości wymagają najnowocześniejszych i superdokładnych technologii pomiarowych. Ma to znaczenie nie tylko dla prowadzenia badań, ale przede wszystkim odgrywa niebagatelną rolę w jakości procesów produkcyjnych i rozwiązań technologicznych w przemyśle.

Główny Urząd Miar, coraz intensywniej zainteresowany obszarem nanometrologii, przedstawił podczas wrocławskiej konferencji m.in. tematykę nanopozycjonowania i nanowzorców w dziedzinie pomiarów długości. Łukasz Ślusarski z Laboratorium Pomiarów Przemysłowych Zakładu Długości i Kąta zaprezentował pracę dotyczącą analizy pomiaru dokładności w obszarze pomiarów nanowzorców (poniżej 1  $\mu\text{m}$ ), charakteryzujących powierzchnię w dwóch (2D) i w trzech wymiarach (3D). Natomiast Piotr Sosinowski z Laboratorium Długości Zakładu Długości i Kąta przygotował projekt nanopozycjonującego stolika z łożyskowaniem powietrznym o dużym zakresie przesuwu.

Seminaria poświęcone nanometrologii są organizowane od 1995 r. co kilka lat w różnych państwach. Po raz pierwszy gospodarzem spotkania była Polska, a współorganizatorem Główny Urząd Miar. W Komitecie Organizacyjnym konferencji zasiadała Dorota Habich, Prezes GUM, a członkiem Komitetu Naukowego był Zbigniew Ramotowski, Dyrektor Zakładu Długości i Kąta GUM.

(red.)

## Światowy Dzień Metrologii pod hasłem Pomiary w dynamicznym świecie

Światowy Dzień Metrologii jest od 2000 r. tradycyjnie obchodzony 20 maja dla upamiętnienia podpisania w 1875 r. przez przedstawicieli siedemnastu państw Konwencji Metrycznej, będącej początkiem formalnej, międzynarodowej współpracy w dziedzinie metrologii. Traktat ten do dzisiaj stanowi fundament spójnego systemu pomiarowego na całym świecie.

W tym dniu w ponad 80 krajach na całym świecie, w tym także i w Polsce, są organizowane okolicznościowe konferencje, sesje i sympozja poświęcone metrologii. Tytuł tegorocznego Światowego Dnia Metrologii („Pomiary w dynamicznym świecie”) nawiązuje do szybko zachodzących zmian w świecie nauki, a zwłaszcza w świecie pomiarów.

Światowy Dzień Metrologii stanowi znakomitą okazję do zwrócenia uwagi społeczeństw poszczególnych państw na rolę, jaką odgrywa metrologia w codziennym życiu. Jest ona wszędzie tam, gdzie liczy się innowacyjność i gdzie pojawiają się odkrycia naukowe, służące gospodarce i rozwojowi kontaktów

handlowych, podnoszeniu jakości życia i ochronie środowiska naturalnego. Temat tegorocznego święta sygnalizuje wyzwanie, przed jakim stoją metrologdzy na całym świecie, a jest nim precyzyjny pomiar wielkości dynamicznych. Należy do nich na przykład pomiar ciśnienia w komorze spalania.

Dzięki nowym technologiom na rynek trafiają coraz bardziej zaawansowane technicznie przyrządy pomiarowe. Zbadanie dokładności ich pomiarów to zadanie, które od wielu lat stawiane jest przed krajowymi instytutami metrologicznymi. Nic dziwnego, że poszukują one doskonalszych rozwiązań, jeśli chodzi o metodykę takich pomiarów.

Obchody Światowego Dnia Metrologii są inicjowane wspólnie przez BIPM (Międzynarodowe Biuro Miar) i OIML (Międzynarodową Organizację Metrologii Prawnej). Okolicznościowe listy dyrektorów tych organizacji drukujemy poniżej.

Zachęcamy również do odwiedzenia strony internetowej [www.worldmetrologyday.com](http://www.worldmetrologyday.com).

6

Bureau  
International des  
Poids et  
Mesures

### Message from the BIPM Director

World Metrology Day 2016

## Measurements in a dynamic world



Stephen Patoray  
Director the BIPM

As a mechanical engineer, the first thought that comes to my mind is that dynamics is a branch of applied physics, specifically the field of classical mechanics which is concerned with the study of forces and torques and their effect on motion. The study of dynamics falls under two categories: linear (quantities such as force, mass/inertia, displacement, velocity, acceleration and momentum) and rotational

(quantities such as torque, moment of inertia/rotational inertia, angular displacement, angular velocity, angular acceleration and angular momentum). Very often, objects exhibit both linear and rotational motion.

Numerous instruments are utilized in “dynamic” legal metrology; some examples are:

- ♦ automatic weighing instruments, which can weigh items while in motion,
- ♦ electricity meters, which measure of the flow of electrons,
- ♦ various types of instruments that measure the flow of water,
- ♦ the flow of various other liquids and gases, and
- ♦ taximeters.

In English, however, the word “dynamic” relates not only to motion but also to change.

One example that highlights this continuous and productive change which encompasses many different sciences (including metrology) and engineering disciplines is space travel. On December 17, 1903 the Wright brothers made the first controlled, self-powered sustained flight. On October 4, 1957, the USSR placed in orbit the Sputnik 1, the first artificial satellite of Earth. On July 20, 1969, the first manned lunar landing was achieved by the United States’ Apollo 11

mission. In 1998 the first components of the International Space Station (ISS), or habitable artificial satellite, were put into low Earth orbit. In 2012, NASA’s Curiosity succeeded in landing on and exploring Mars. More recently in November 2014 the ESA’s Rosetta mission landed its Philae probe on a comet.

In the metrology community we are now seeing significant changes related to the definition of certain SI units as work on the new definition of the kilogram nears completion. Research continues to be successful in refining values and equipment used in the definition and the *mise en pratique* of other SI units.

While metrology, the science of measurement, is as old as human civilization it continues to constantly change; it continues to see forward acceleration and it continues to be dynamic. It is truly a fascinating time to be a part of this very dynamic work that we call “metrology”.



Martin Milton  
Director of the BIPM

When we reflect on the rapid pace of change in the 21st century, we may say that “the only thing that is constant is change itself”. The needs for metrology, and how these needs are met, are no exceptions; it is a challenge to bring the benefits of a stable and accurate measurement system to a dynamic world.

Many of the needs of society are met by new technologies, and it is essential that stable and accurate measurements are available to underpin them.

The accurate knowledge of dynamic quantities is pivotal to progress in high technology whether it is the high-speed movements in a disk drive, the variations in supply and demand from renewable energy sources on electricity grids, or the drive for environmental improvement and fuel efficiency in the aerospace industry. Dynamic quantities also play an increasing role in established industries, such as the dynamic weighing of trains and trucks, and the

monitoring of vibration and impact arising from the tyres and engines of cars.

These applications of dynamic measurement bring particular challenges. Linking highly accurate long-term stable standards to dynamic *in situ* measurements in everyday applications is difficult and itself requires great innovation.

Adapting our measurement capabilities to a dynamic world requires other steps too. The need to ‘future proof’ the International System of Units (the SI) is one of the key drivers for the redefinition planned for 2018. The changes will ensure the benefits of greater universality of the world’s measurement system, and open new opportunities for scientific and technological advances in the future.

We all need dynamic people in dynamic organisations to address the challenges of measurement in a dynamic world.

## Moment siły – nowe stanowisko wzorcowe w Głównym Urzędzie Miar

**Mikołaj Woźniak** (Laboratorium Siły i Ciśnienia, Zakład Mechaniki)

Pomiary momentu siły stosowane są w wielu gałęziach gospodarki, m.in. w przemyśle samochodowym, energetycznym i lotniczym. Wykorzystuje się je przede wszystkim w celach badawczych (np. badanie mocy turbin i silników) oraz do zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa konstrukcji i wyrobów (np. przy dokręcaniu śrub mocujących koło pojazdu).

W ciągu ostatnich kilku lat zauważony został wyraźny wzrost zapotrzebowania na wzorcowania przyrządów do pomiaru momentu siły wykonywane z odpowiednią dokładnością. Reakcją na te potrzeby jest rozwój nowej dziedziny pomiarowej w Laboratorium Siły i Ciśnienia Głównego Urzędu Miar przy jednoczesnym zapewnieniu innowacyjności metod pomiarowych, rozwiązań technicznych oraz zapewnienia spójności pomiarowej na terenie Polski.

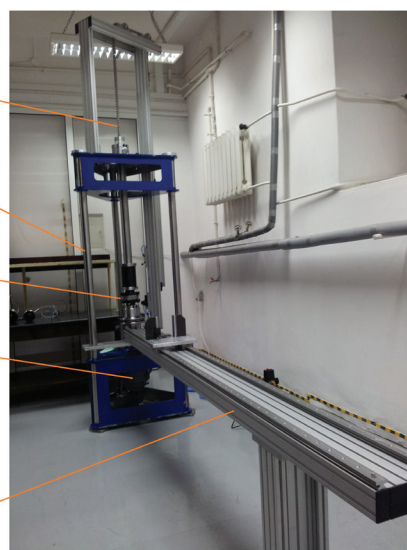
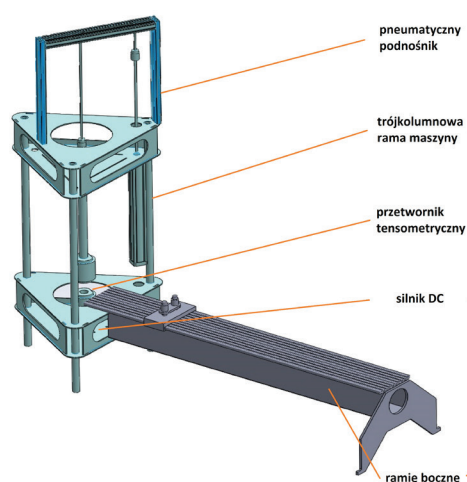
Pierwszym etapem tego działania jest uruchomienie stanowiska wzorcowego momentu siły (rys. 1), które umożliwia wzorcowanie przyrządów do pomiaru momentu obrotowego w zakresie pomiarowym od 1 N·m do 5000 N·m. W stanowisku tym można wyodrębnić trzy następujące układy:

1. Układ generacji momentu siły, który za pomocą silnika prądu stałego umożliwia ciągłe wytwarzanie dowolnych wartości momentu obrotowego

w zakresie pomiarowym w kierunku zgodnym i przeciwnym do ruchu wskazówek zegara. Wektor generowanego momentu siły ma kierunek pionowy, co pozwala na wyeliminowanie składnika niepewności związanego z wpływem siły ciężkości badanego przetwornika oraz zastosowanych łączników i adapterów;

2. Układ przenoszenia momentu siły, który stanowi trójkolumnowa rama maszyny z pneumatycznym podnośnikiem i ramieniem bocznym. W celu zredukowania do minimum momentów zginających i sił poprzecznych stosuje się także zestaw przegubów (charakteryzujących się niską sztywnością na zginanie i wysoką sztywnością na skręcanie) oraz hydraulicznych elementów zaciskowych;
3. Układ odniesienia składający się z zestawu przetworników tensometrycznych o różnych zakresach pomiarowych, wyposażonych w cylindryczne trzony oraz płyty z wpustem kwadratowym, wzmacniaczy pomiarowych oraz komputera ze specjalnym oprogramowaniem wykorzystywanym do zapisu i analizy danych pomiarowych.

Wzorcowanie na tym stanowisku odbywa się metodą porównawczą poprzez porównanie wskazań układu odniesienia oraz wskazań wzorcowanego



Rys. 1. Ogólny schemat stanowiska



przrządu. Możliwe jest wykonywanie wzorcowań dwóch typów urządzeń:

- momentomierzy, zgodnie z normą DIN 51309:2005-12 *Materials testing machines – Calibration of static torque measuring devices* (metoda ta jest zgodna także z wytycznymi dokumentu EURAMET cg-14 *Guidelines on the Calibration of Static Torque Measuring Devices*, wyd. 2 z 2011 r.),
- kluczy dynamometrycznych referencyjnych (transferowych, ang. – *transfer torque wrench*), zgodnie z wytycznymi przewodnika DKD-R 3-7 *Static calibration of reference torque wrenches*, wyd. 10/2003).

Zdolność pomiarowa CMC Laboratorium siły i Ciśnienia, przy wzorcowaniu na stanowisku wzorcowym momentu siły, wynosi od 0,04 % lub 0,2 % mierzonej wartości i jest zależna od rodzaju wzorcowanego przrządu oraz od zakresu pomiarowego.

Laboratorium Siły i Ciśnienia wykonuje ww. wzorcowania od marca br. W najbliższych latach rozważane są kolejne inwestycje mające na celu dalszy rozwój dziedziny momentu siły, m.in. budowa nowych stanowisk wzorcowych o innych zakresach pomiarowych, zapewniających możliwość wykonywania szerszego zakresu usług.

## Posiedzenie komitetu technicznego ds. fotometrii

Od 3 do 4 lutego Główny Urząd Miar był gospodarzem corocznego posiedzenia Komitetu Technicznego Fotometrii i Radiometrii EURAMET. W spotkaniu, które miało charakter roboczy i prowadzone było przez nowo wybranego przewodniczącego, dr. Jarle Grana z norweskiego Justervesenet, wziął udział przedstawiciel GUM, pan Łukasz Litwiniuk, dyrektor Zakładu Promieniowania i Drgań. W obszarze zainteresowań tego Komitetu znajdują się zagadnienia związane z krajowymi wzorcami pomiarowymi i metodami pomiarowymi w dziedzinie promieniowania optycznego, w tym radiometrii, fotometrii, kolorymetrii, spektrofotometrii, fluorometrii i techniki światłowodowej.

Członkami EURAMET TC-PR są NMIs (National Metrology Institutes) bądź DI (Designated Institutes) z 23 krajów członkowskich tej regionalnej organizacji metrologicznej. Tradycyjnie spotkania takie odbywają się co roku w innym z krajów członkowskich, więc może być tak, że następna okazja do goszczenia w GUM grona ekspertów europejskich z dziedziny



pomiarów promieniowania optycznego przydarzy się dopiero za ponad 20 lat! W latach ubiegłych GUM był gospodarzem podobnych spotkań w dziedzinie akustyki i drgań (posiedzenie EURAMET TC-AUV w 2015 r.), elektryczności i magnetyzmu (EURAMET TC-EM w 2013 r.), długości i kąta (EURAMET TC-L w 2012 r.) i jakości (EURAMET TC-Q w 2012 r.).

W dniu poprzedzającym posiedzenie odbyły się zapowiedziane nieco wcześniej przez Przewodniczącego Komitetu warsztaty EMPIR (Europejskiego Programu na rzecz Innowacji i Badań w Metrologii), poświęcone próbie formułowania pomysłów badawczych do tegorocznych wezwań EMPIR, bazujących na już prowadzonych w EMRP lub EMPIR projektach, w których realizację zaangażowani są członkowie Komitetu Technicznego Fotometrii i Radiometrii.

Po zakończeniu obrad zagraniczni goście zwiedzali laboratoria Zakładu Promieniowania i Drgań, zajmujące się tematyką fotometrii i radiometrii.

(red.)



# Dryf masy materialnych wzorców odniesienia wykorzystywanych do przekazywania jednostki miary masy od wzorca państwowego w GUM

## The drift phenomenon of the reference mass standards used in the mass unit dissemination process in the Central Office of Measures

dr Rafał L. Ossowski (Laboratorium Masy, GUM)

W artykule omówiono działania podjęte przez Laboratorium Masy Głównego Urzędu Miar w okresie od 1997 r. do 2015 r. w celu weryfikacji zagrożenia związanego z niestabilnością – dryfem – materialnych wzorców odniesienia wykorzystywanych w procesie przekazywania jednostki miary masy.

This paper discusses the action taken by the Mass Laboratory of the Central Office of Measures in the period 1997–2015 to verify the risks of the instability (drift) of the stainless steel reference mass standards used in the mass unit dissemination process.

### Wstęp

Po opublikowaniu przez BIPM wyników porównań kluczowych [1] na przełomie XX i XXI w. stało się jasne, że w dziedzinie masy nadchodzi czas na poważne zmiany. Zakończone badania, w których brał udział również Główny Urząd Miar, sugerowały, że IPK (*International Prototype of the Kilogram* – Międzynarodowy Prototyp Kilograma) stał się lżejszy

względem sześciu kopii oraz porównywanych z nim bezpośrednio wzorców państwowych (rys. 1).

Szacowany ubytek masy określono na około 50  $\mu\text{g}$  w okresie porównawczym od 1889 r. do 1992 r., co oznaczałoby, że ostatni z materialnych wzorców podstawowych jednostek fizycznych utracił swoją stabilność. Po publikacji T. J. Quinna z 2005 r. [2], w której autor przewiduje kierunek, w jakim powinna zmierzać metrologia masy, w wielu ośrodkach naukowych wzmożono działania nad dopracowaniem alternatywnej metody tzw. realizacji pierwotnej, czyli odniesienia jednostki miary masy do stałych fizycznych. Skutkiem było przyjęcie w 2010 r., podczas posiedzenia Komitetu Doradczego ds. Masy i Wielkości Pochodnych CCM (*Consultative Committee for Mass and Related Quantities*), rekomendacji G1 oraz G2, które nałożyły wymagania metrologiczne na wyniki pozyskiwane z rozwijanych równolegle i zaakceptowanych przez CGPM (2011) projektów wyznaczenia jednostki miary masy. To projekt powstający w oparciu o stałą Plancka, projekt wykorzystującym Wagę Wata (*Watt Balance*) i projekt Avogadro IAC (*International Avogadro Project*) [3, 4, 5]. Aktualnie, na trzy lata przed zaplanowaną redefinicją jednostki miary masy, znacząca część projektów naukowych, a w szczególności tych wspieranych przez EURAMET, jest już zakończona lub wkroczyła w decydującą fazę. Jednocześnie prowadzone są badania w celu



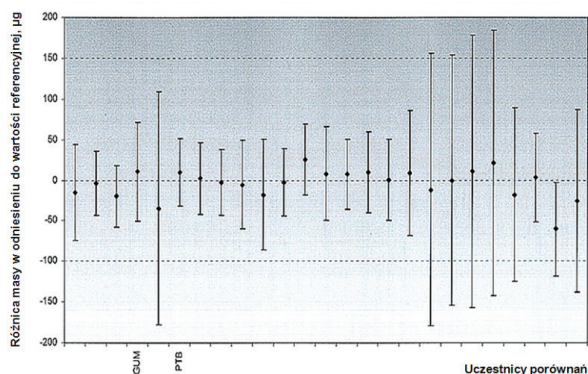
Rys. 1. Sposób przechowywania IPK oraz jego sześciu kopii w BIPM  
fot.: www.bipm.org

wyjaśnienia przyczyny tak istotnej zmiany masy artefaktu z Sèvres w rozpatrywanym okresie [6]. Ponadto pojawiły się pytania ze strony użytkowników wzorców masy m.in. akredytowanych laboratoriów wzorcujących, czy zaobserwowana niestabilność IPK przełoży się w jakikolwiek sposób na wzorce w wymiarze krajowym oraz jak często należałoby wzorcować wyposażenie pomiarowe, aby mieć zagwarantowaną pewność względnej stabilności wzorców jednostki masy w użytkowaniu. Mając na uwadze powyższe, Laboratorium Masy GUM podjęło inicjatywę polegającą na rozpoczęciu długofalowych badań stabilności wzorców odniesienia wykorzystywanych w procesie przekazywania jednostki miary masy. Eksperyment został zainicjowany w 1997 r. i jest nadal kontynuowany, a analizie wyników z okresu 1997–2015 oraz wnioskom został poświęcony niniejszy artykuł.

## Porównania kluczowe

Podstawę przeprowadzanych badań stanowiły wyniki porównań kluczowych zorganizowanych przez BIPM na przełomie lat 90. poprzedniego stulecia. Potwierdzono w nich wysoką stabilność prototypu kilograma nr 51 – państwowego wzorca jednostki miary masy jednego kilograma (rys. 2), który jest w posiadaniu Polski od 1952 r.

Dodatkowo, oprócz najistotniejszych parametrów, czyli masy i niepewności ( $m_{\text{NPK}} = 1 \text{ kg} + 0,227 \text{ mg}$ ) w przeprowadzonych porównaniach wyznaczono również szacunkowy roczny dryf masy prototypu nr 51 ( $\delta m_{\text{NPK}} = +0,037 \text{ } \mu\text{g/rok}$ ) oraz objętość NPK (*National Prototype of the Kilogram*) w warunkach normalnych ( $d_{\text{NPK}} = 46,3981 \text{ cm}^3$ ). Walec



Rys. 2. Wyniki porównań kluczowych zorganizowanych w ramach EUROMET

źródło: bibliografia [1]



Rys. 3. Sposób przechowywania prototypu nr 51 w GUM  
fot.: Laboratorium Masy GUM

( $h = 2r = 39 \text{ mm}$ ) wykonany ze stopu platyny i irydu jest na co dzień przechowywany w powietrzu, w szafie pancernej, znajdującej się w pomieszczeniu z automatycznie kontrolowaną temperaturą oraz stabilizowaną wilgotnością (rys. 3).

Dbając o zachowanie stabilności masy i zgodnie z obowiązującą wewnętrzną procedurą w Laboratorium Masy GUM, NPK jest wykorzystywany średnio raz na pięć lat do wzorcowania wzorców kopii stalowych (w sumie dwunastu sztuk – dziesięciu służących do przekazywania jednostki masy do wielokrotności jednego kilograma od 2 kg do 1000 kg włącznie oraz dwóch do podwielokrotności od 0,5 kg do 0,000001 kg), z których w kolejnym kroku łańcucha spójności pomiarowej wzorcuje się komplety wzorców w klasie  $E_1$ . W ten sposób przygotowane wzorce  $E_1$  służą do przekazywania jednostki masy do wzorców klas niższych –  $E_2$ ,  $F_1$ ,  $F_2$  oraz klasy  $M_1$ , gwarantując w wymiarze krajowym zachowanie spójności pomiarowej dla jednostki miary masy (rys. 4).



Rys. 4. Uproszczony schemat hierarchicznego układu sprawdzeń w GUM

źródło: opracowanie własne

## Przebieg badań

Przedmiotem prowadzonych badań są mosiężne wzorce odniesienia (komplet Oertling) oraz stalowe wzorce odniesienia (komplet Chyo). Podobnie jak NPK nr 51, są one przechowywane w powietrzu. W okresie od 1997 do 2015 r. były poddane siedmiu cyklom wzorcowań w warunkach laboratoryjnych (pomieszczenie ze stabilizacją termiczno-wilgotnościową). Wzorcowanie każdorazowo poprzedzane było zgodnym z procedurą procesem czyszczenia wzorca (przy użyciu pędzelka), stabilizacją termiczną oraz przeprowadzane było za każdym razem przez jedną, wyznaczoną do tego zadania osobę. Pomędzy wzorcowaniami wzorce odniesienia przechowywane są w opakowaniach fabrycznych (rys. 5) w tym samym pomieszczeniu. Wzorce nie były adjustowane w okresie trwania eksperymentu.



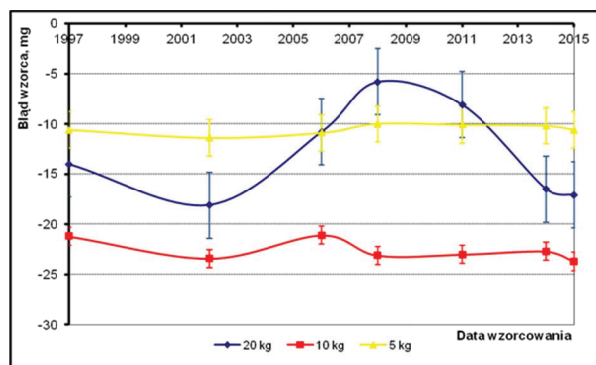
Rys. 5. Sposób przechowywania oraz przenoszenia wzorców odniesienia

foto.: Laboratorium Masy GUM

## Wyniki

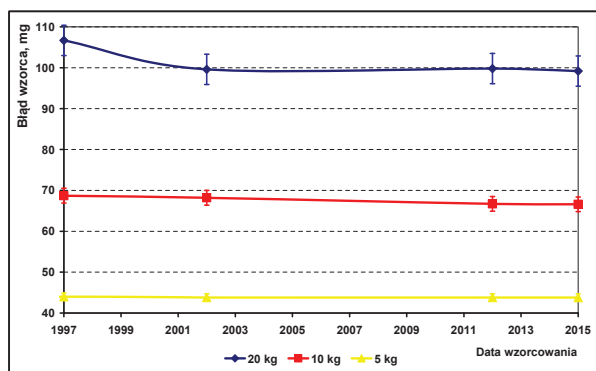
Analizie zostały poddane wyniki wzorcowań wzorców masy wyprodukowanych w 1974 r. przez japońskiego producenta – firmę Chyo (wykonane z wysokogatunkowej stali o gęstości  $7865 \text{ kg/m}^3$ ) oraz wyprodukowane w 1952 r. przez angielskiego producenta – firmę Oertling (wykonane z mosiądzu o gęstości  $8400 \text{ kg/m}^3$ ). Mając na uwadze zalecenia OIML R-111 [7], posługiwano się masą umowną, przyjmując gęstość powietrza  $1,2 \text{ kg/m}^3$  oraz umowną gęstość wzorca  $8000 \text{ kg/m}^3$ . Wyniki otrzymane podczas wzorcowań zostały w sposób graficzny zaprezentowane na rysunkach 6–10.

Wszystkie przebadane wzorce, za wyjątkiem wzorca o nominale 20 kg firmy Chyo, zachowywały się zgodnie z oczekiwaniami, czyli wykazywały umiarkowaną stabilność (5 kg Oertling) lub nieznaczną oscylację błędu masy – względne odchylenie standardowe nieprzekraczające 5 % można uznać za wynik zadawalający. Najlepszą stabilnością wykazały się



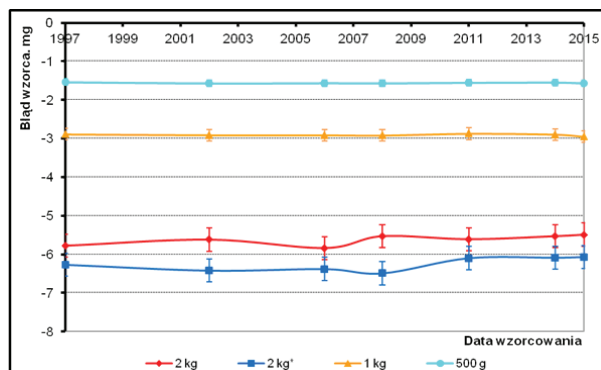
Rys. 6. Wyniki wzorcowań wzorców masy Chyo o nominale 20 kg, 10 kg oraz 5 kg

źródło: opracowanie własne



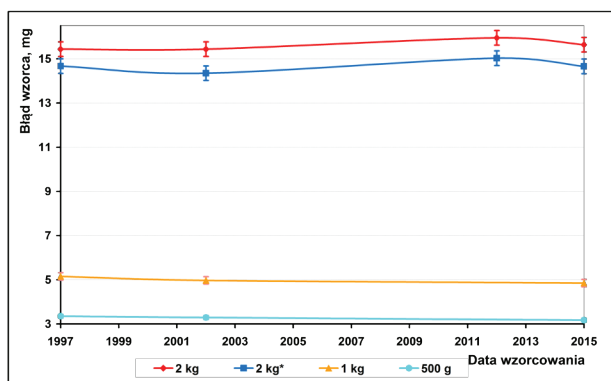
Rys. 7. Wyniki wzorcowań wzorców masy Oertling o nominale 20 kg, 10 kg oraz 5 kg

źródło: opracowanie własne



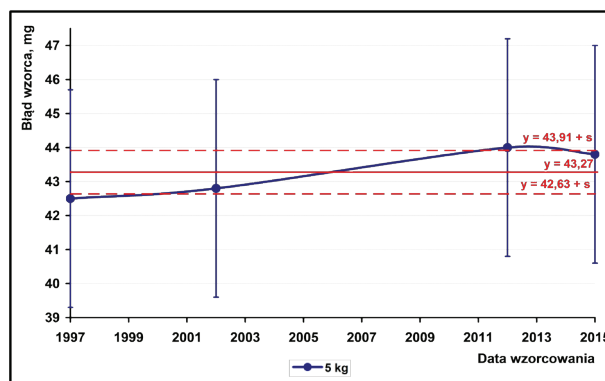
Rys. 8. Wyniki wzorcowań wzorców masy Chyo o nominale 2 kg, 2 kg\*, 1 kg oraz 500 g

źródło: opracowanie własne



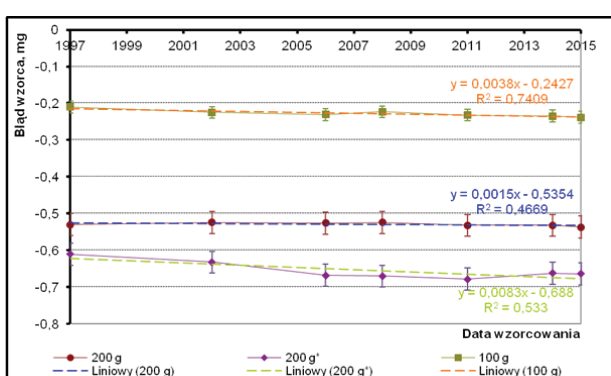
Rys. 9. Wyniki wzorcowania wzorców masy Oertling o nominalne 2 kg, 2 kg\*, 1 kg oraz 500 g

źródło: opracowanie własne



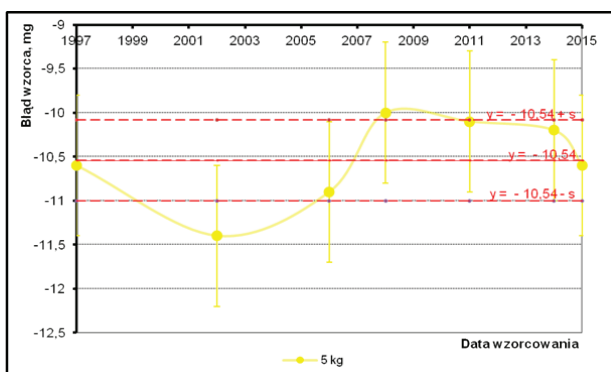
Rys. 12. Otrzymany w doświadczeniu charakter oscylacji masy wzorców (wzorec z kompletu Oertling)

źródło: opracowanie własne



Rys. 10. Wyniki wzorcowania wzorców masy Chyo o nominalne 200 g, 200 g\*, 100 g

źródło: opracowanie własne



Rys. 11. Otrzymany w doświadczeniu charakter oscylacji masy wzorców (wzorec z kompletu Chyo)

źródło: opracowanie własne

wzorce masy o nominalach 1 kg, 500 g i 200 g (u obu producentów). W przypadku tych wzorców względne odchylenia standardowe dla błędów masy nie przekraczały 2%. Nieco gorzej zachowywały się wzorce o nominalach 10 kg i 5 kg firmy Chyo oraz 20 kg firmy Oertling, w przypadku których odchylenie standardowe dla błędu masy przekraczało 4%.

Dla wszystkich biorących udział w eksperymencie wzorców masy daje się zaobserwować nieznaczny trend wzrostowy – wzorce przybierają na masie (przykład dla wzorców firmy Chyo – rys. 10).

Z wieloletnich obserwacji zachowania się wzorców użytkowych zgłaszanych do Głównego Urzędu Miary wysunięto hipotezę o quasi sinusoidalnym zachowywaniu się wzorców masy w czasie, co również znalazło potwierdzenie w przeprowadzonym doświadczeniu zarówno dla wzorców Chyo (rys. 11), jak i Oertling (rys. 12).

## Wnioski

Analiza otrzymanych wyników potwierdziła wysuniętą przez zespół Laboratorium Masy GUM hipotezę, że wzorce odniesienia charakteryzują się dużą stabilnością i mogą być z powodzeniem wykorzystywane w procesie przekazywania jednostki masy w wymiarze krajowym.

Na podstawie wyników doświadczenia można również wnioskować, że stosowanie do wzorców masy dobrze znanych z literatury [8] metod przechowywania oraz pielęgnacji, może przełożyć się na wydłużenie okresów pomiędzy wzorcowaniami, co w przypadku użytkowników bezspornie przekłada się bezpośrednio na korzyści ekonomiczne. Konieczne w tym wypadku zdaje się wieloletnie monitorowanie i udokumentowanie historii wzorcowania dla wzorca, na podstawie której można podjąć decyzję o ewentualnym wydłużeniu okresów pomiędzy wzorcowaniami.

Ponadto doświadczenie wykazało brak korelacji pomiędzy częstym użytkowaniem a wzrostem błędu wzorca oraz zwiększeniem dryfu masy, co było

niekiedy sugerowane przez użytkowników. W badanych zestawach najczęściej korzystano ze wzorców o nominalach 5 kg, 1 kg, 500 g, 200 g i 200 g\*, jednocześnie największą stabilność wykazały wzorce 1 kg, 500 g i 200 g. Należy tutaj podkreślić, że w Laboratorium Masy GUM za wzorce odniesienia odpowiedzialna jest jedna osoba i przestrzegane są rygorystyczne procedury wewnętrzne, co również może mieć w tym wypadku znaczenie.

Planowane na rok 2018 przeprowadzenie redefinicji w dziedzinie masy wprowadzi zasadniczą zmianę w sposobie przekazywaniu jednostki masy od realizacji pierwotnej, czyli wagi wata lub kuli krzemowej  $^{28}\text{Si}$  do wzorców kopii i wzorców odniesienia. Pomiary będą odbywały się równolegle w próżni i w powietrzu, co finalnie może mieć wpływ na wzrost niepewności [9]. Tematu tego nie można bagatelizować, stąd badania, według zapowiedzi lidera projektu The NewKILO, będą nadal kontynuowane [10, 11].

### Literatura

- [1] Girard G., International Report: *The Third Periodic Verification of National Prototypes of the Kilogram (1988–1992)*, Metrologia, 1994, 31, n°4, 317–336.
- [2] Mills I. M., Mohr P. J., Quinn T. J., Taylor B. N., Williams E. R., *Redefinition of the kilogram: a decision whose time has come*, Metrologia 42 (2005) s. 71-80.
- [3] Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM), *Report of the 12th meeting (26 March 2010) to the International Committee for Weights and Measures*. Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres.
- [4] Stock M., *Watt balance experiments for the determination of the Planck constant and the redefinition of the kilogram*, Metrologia 50 (2013) R1-R16.
- [5] Andreas B. et al.: *Determination of the Avogadro Constant by Counting the Atoms in a  $^{28}\text{Si}$  Crystal*, Phys. Rev. Lett. 106, 03080, 2011.
- [6] Xiaoping R., Yue Z., Jian W., *Research on stability analysis of international prototype kilogram*, International Journal of Modern Physics 24 (2013).
- [7] OIML R 111-1/2 Edition 2004 (E).
- [8] Marti K., Fuchs P. and Russi S., *Cleaning of mass standards: a comparison of new and old techniques*, Metrologia 49 (2012) 628.
- [9] Ossowski R. L., *Wykorzystanie komparatora próżniowego do przekazywania jednostki miary masy od wzorca państwowego opartego na nowej definicji kilograma*, Metrologia i Probiernictwo 1-2 (2015) 20-26.
- [10] Davidson S., *Determination of the effect of transfer between vacuum and air on mass standards of platinum-iridium and stainless steel*, 47 (2010) 487-497.
- [11] [http://www.bipm.org/ws/CCM/MeP\\_2012/Allowed/November\\_2012/10a\\_4.1\\_CCM\\_EMRP\\_NewKILO.pdf](http://www.bipm.org/ws/CCM/MeP_2012/Allowed/November_2012/10a_4.1_CCM_EMRP_NewKILO.pdf).

# Realizacja wzorca pierwotnego ciśnienia akustycznego w Głównym Urzędzie Miar

## The realization of the primary standard for sound pressure at the Central Office of Measures

dr Danuta Dobrowolska (Zakład Promieniowania i Drgań GUM)

W artykule przedstawiono stanowisko pomiarowe w Głównym Urzędzie Miar stosowane do wzorcowania mikrofonów metodą wzajemności, które razem z zestawem laboratoryjnych mikrofonów wzorcowych tworzy wzorzec pierwotny ciśnienia akustycznego. Stanowisko umożliwia wyznaczanie poziomu skuteczności ciśnieniowej mikrofonów klasy LS1, w zakresie częstotliwości od 2 Hz do 10 kHz i poziomu skuteczności ciśnieniowej mikrofonów klasy LS2, w zakresie częstotliwości od 20 Hz do 20 kHz, z najlepszą osiągalną niepewnością pomiarową: 0,03 dB. Stosowana metoda pomiarowa jest zgodna z wymaganiami normy IEC 61094-2:2009. W artykule zaprezentowano również przykłady wyników uzyskiwanych w latach 1999–2014, obrazujących stabilność mikrofonów wzorcowych. Równoważność wzorca pierwotnego utrzymywanego w GUM była wielokrotnie potwierdzana międzynarodowo poprzez uczestnictwo w porównaniach kluczowych organizowanych przez Międzynarodowy Komitet Miar (CIPM) i Regionalne Organizacje Metrologiczne: EURAMET, COOMET i AFRIMETS. Artykuł podaje przykłady wyników porównań odnoszące się do polskiego wzorca pierwotnego ciśnienia akustycznego.

In the paper the measurement setup used for this purpose at the Central Office of Measures, which together with the set of laboratory standard microphones composes the primary standard of sound pressure is described. It enables to determine the pressure sensitivity level of class LS1 microphones in the frequency range 2 Hz to 10 kHz and the pressure sensitivity level of LS2 microphones in the frequency range 20 Hz to 20 kHz with the best available measurement uncertainty of 0,03 dB. The measurement method used conforms to the requirements of IEC 61094-2:2009. The results obtained in the years 1999–2014, demonstrating the stability of standard microphones, are also presented. The equivalence of the primary standard used at the GUM was confirmed many times internationally through the participation in key comparisons organised by the International Committee for Weights and Measures (CIPM) and Regional Metrology Organizations: EURAMET, COOMET and AFRIMETS. The examples of the comparisons results referring to the Polish primary standard of sound pressure are given in the paper.

### Wstęp

Ciśnienie akustyczne wyrażone w paskalach (Pa), jednostce Międzynarodowego Układu Jednostek Miar SI, jest wielkością fizyczną stosowaną najczęściej w pomiarach akustycznych, szczególnie pomiarach hałasu. Jednostka ta jest odtwarzana metodą pośrednią poprzez wzorcowanie mikrofonów pomiarowych o bardzo stabilnych parametrach metrologicznych. Jedną z najdokładniejszych metod wzorcowania mikrofonów pomiarowych jest metoda oparta na zasadzie wzajemności. Mikrofony wzorcowane tą metodą

powinny być przetwornikami odwracalnymi, tzn. takimi, które mogą działać zarówno jako źródła dźwięku, jak też jako odbiorniki. Mikrofony te muszą też być mikrofonami wzajemnościowymi, to znaczy impedancje przeniesienia – wtórna i pierwotna – tych mikrofonów, wyznaczone przy zaciskach otwartych, mają takie same moduły. Powyższe wymagania spełniają mikrofony pojemnościowe. W praktyce tylko mikrofony tego rodzaju są stosowane jako wzorcowe odbiorniki sygnałów dźwięku, ponieważ ich parametry metrologiczne są bardzo stabilne i odporne na wpływy zewnętrzne. Metoda wzajemności wymaga

użycia trzech mikrofonów (przynajmniej dwa z nich powinny być mikrofonami wzajemnościowymi), tworzących tzw. triadę i umożliwia wyznaczanie skuteczności mikrofonów bez potrzeby odniesienia do jakiegokolwiek wzorca akustycznego wyższego rzędu, a więc uznaje się, że jest to pierwotna metoda wzorcowania. Niemniej wyniki pomiaru są powiązane z wzorcami państwowymi innych wielkości, takich jak napięcie elektryczne, długość, masa, czas, temperatura, ciśnienie statyczne i wilgotność względna pod warunkiem, że przyrządy stosowane do ich pomiaru są regularnie wzorcowane.

Wyniki badań prowadzonych przez laboratoria akustyczne w wielu krajach wykazały, że metoda wzorcowania mikrofonów oparta na zasadzie wzajemności wydaje się być praktycznie jedyną metodą zdolną zagwarantować niepewność wzorcowania lepszą niż 0,1 dB w obrębie większości zakresu częstotliwości słyszalnych. Przez lata metoda ta była rozwijana i ulepszana [1], a zgodność wyników wzorcowania uzyskiwanych przez akustyczne laboratoria metrologiczne znacząco się poprawiała. Rozwój ten był podstawą do opracowania serii norm międzynarodowych IEC dotyczących mikrofonów pomiarowych, obejmujących normę odnoszącą się do wzorcowania mikrofonów metodą wzajemności w warunkach ciśnieniowych [2]. Obecnie metoda wzorcowania mikrofonów pomiarowych oparta na zasadzie wzajemności jest jedyną metodą stosowaną w Krajowych Instytucjach Metrologicznych (NMIs) przy realizacji wzorców pierwotnych ciśnienia akustycznego.

### Zasady wzorcowania ciśnieniowego metodą wzajemności

Zasady ciśnieniowego wzorcowania mikrofonów metodą wzajemności [2] dotyczą mikrofonów wzorcowych klasy LS1 i klasy LS2, spełniających wymagania określone w [3] lub innych typów mikrofonów pojemnościowych o takich samych wymiarach mechanicznych. W czasie wzorcowania trzy mikrofony odwracalnie są kolejno łączone parami w taki sposób, że podczas pełnego cyklu pomiarowego każdy z tych mikrofonów pracuje zarówno jako źródło, jak też jako odbiornik dźwięku. Obiektem pomiarowym jest system elektroakustyczny, składający się z dwóch mikrofonów połączonych akustycznie za pomocą sprzęgacza o dokładnie znanych wymiarach, wypełnionego zwykle powietrzem atmosferycznym. Zaciskami

wejściowymi tego systemu są elektryczne zaciski mikrofonu nadawczego, a zaciskami wyjściowymi elektryczne zaciski mikrofonu odbiorczego. System ten można scharakteryzować za pomocą elektrycznej impedancji przeniesienia, definiowanej jako iloraz napięcia na nieobciążonych zaciskach wyjściowych i prądu płynącego przez zaciski wejściowe. „Wnętrze” tego układu elektro-akustycznego można scharakteryzować za pomocą akustycznej impedancji przeniesienia, zdefiniowanej jako iloraz ciśnienia akustycznego działającego na membranę mikrofonu odbiorczego i prędkości objętościowej membrany mikrofonu nadawczego. Jej wartość zależy głównie od następujących czynników: wymiarów geometrycznych sprzęgacza, impedancji akustycznej każdego z mikrofonów, częstotliwości sygnału akustycznego, ciśnienia statycznego i temperatury gazu w sprzęgaczu, stosunku ciepła właściwych gazu wypełniającego sprzęgacz, przewodzenia ciepła przez ściany sprzęgacza, rozkładu pola akustycznego w sprzęgaczu. Układ elektro-akustyczny można opisać za pomocą równań czwórnikowych (1) [2]. Łącząc parami trzy mikrofony oznaczone numerami 1, 2 i 3 otrzymujemy trzy niezależne iloczyny (2) [2], na podstawie których można uzyskać wyrażenie określające skuteczność ciśnieniową każdego z trzech mikrofonów.

$$\underline{Z}_e \underline{i} + \underline{M}_p \underline{Z}_a \underline{q} = \underline{U} \quad (1)$$

$$\underline{M}_p \underline{Z}_a \underline{i} + \underline{Z}_a \underline{q} = \underline{p}$$

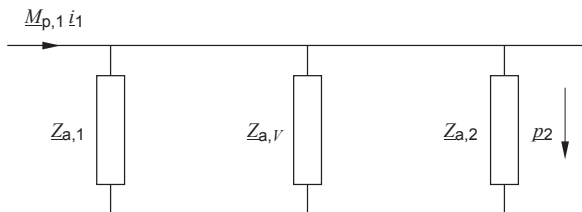
$$\underline{M}_{p,1} \underline{M}_{p,2} = \frac{1}{\underline{Z}_{a,12}} \frac{\underline{U}_2}{\underline{i}_1} \quad (2)$$

gdzie:  $\underline{p}$  jest ciśnieniem akustycznym doprowadzonym do wejścia akustycznego (membrany) mikrofonu, rozłożonym równomiernie na jej powierzchni (wyrażonym w Pa),  $\underline{U}$  jest napięciem sygnału na zaciskach elektrycznych mikrofonu (wyrażonym w V),  $\underline{q}$  jest prędkością objętościową na wejściu akustycznym (membranie) mikrofonu (wyrażonym w  $\text{m}^3/\text{s}$ ),  $\underline{i}$  jest natężeniem prądu przepływającego przez zaciski elektryczne mikrofonu (wyrażonym w A),  $\underline{Z}_e$  jest impedancją elektryczną mikrofonu w warunkach unieruchomienia membrany (wyrażoną w  $\Omega$ ),  $\underline{Z}_a$  jest impedancją akustyczną mikrofonu przy nieobciążonych zaciskach elektrycznych (wyrażoną w  $\text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ ),  $\underline{M}_p \cdot \underline{Z}_a$  jest wtórną i pierwotną impedancją przeniesienia (wyrażoną w  $\text{V} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ ), przy czym  $\underline{M}_p$  jest skutecznością ciśnieniową mikrofonu (wyrażoną w  $\text{V} \cdot \text{Pa}^{-1}$ ),  $\underline{M}_{p,1}$  i  $\underline{M}_{p,2}$  są skutecznościami ciśnieniowymi mikrofonów



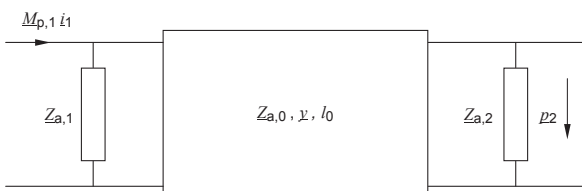
oznaczonych jako 1 i 2 (symbole podkreślone reprezentują wielkości zespolone).

Elektryczną impedancję przeniesienia mierzy się przez porównanie z rezystancją lub pojemnością wzorcową połączoną szeregowo z mikrofonem nadawczym. Akustyczną impedancję przeniesienia dla danej pary sprzężonych mikrofonów można obliczyć na podstawie układu zastępczego przedstawionego na rys. 1, zgodnie z (3) [2] i na podstawie układu przedstawionego na rys. 2, zgodnie z (4) [2].



Rys. 1. Układ zastępczy stosowany do wyznaczania akustycznej impedancji przeniesienia  $Z'_{a,12}$ , gdy wymiary sprzęgacza są małe w porównaniu z długością fali [2]  
Fig. 1. Equivalent circuit for evaluating  $Z'_{a,12}$  when coupler dimensions are small compared with wavelength [2]

$$\frac{1}{Z'_{a,12}} = \frac{1}{Z_{a,V}} + \frac{1}{Z_{a,1}} + \frac{1}{Z_{a,2}} = j\omega \left( \frac{V}{\kappa p_s} + \frac{V_{e,1}}{\kappa_r p_{s,r}} + \frac{V_{e,2}}{\kappa_r p_{s,r}} \right) \quad (3)$$



Rys. 2. Układ zastępczy stosowany do wyznaczania akustycznej impedancji przeniesienia  $Z'_{a,12}$ , kiedy zakłada się, że w sprzęgaczu rozchodzi się fala płaska [2]  
Fig. 2. Equivalent circuit for evaluating  $Z'_{a,12}$  when plane wave transmission in the coupler can be assumed [2]

$$\frac{1}{Z'_{a,12}} = \frac{1}{Z_{a,0}} \left[ \left( \frac{Z_{a,0}}{Z_{a,1}} + \frac{Z_{a,0}}{Z_{a,2}} \right) \cosh \gamma l_0 + \left( 1 + \frac{Z_{a,0}}{Z_{a,1}} \frac{Z_{a,0}}{Z_{a,2}} \right) \sinh \gamma l_0 \right] \quad (4)$$

gdzie:  $V$  jest całkowitą objętością geometryczną sprzęgacza (wyrażoną w  $m^3$ ),  $V_{e,1}$  jest objętością równoważną mikrofonu, oznaczonego 1, (wyrażoną w  $m^3$ ),  $V_{e,2}$  jest objętością równoważną mikrofonu, oznaczonego 2, (wyrażoną w  $m^3$ ),  $Z_{a,V}$  jest impedancją akustyczną gazu zawartego w sprzęgaczu (wyrażoną w  $Pa \cdot s/m^3$ ),  $\omega$  jest pulsacją (wyrażoną w  $rad/s$ ),  $p_s$  jest ciśnieniem statycznym (wyrażonym w  $Pa$ ),  $p_{s,r}$  jest

ciśnieniem statycznym w warunkach odniesienia (wyrażonym w  $Pa$ ),  $\kappa$  jest stosunkiem ciepł właściwych w warunkach pomiaru, a  $\kappa_r$  jest wartością współczynnika  $\kappa$  w warunkach odniesienia.

## Wzorzec pierwotny ciśnienia akustycznego utrzymywany w Głównym Urzędzie Miar (GUM)

### Rys historyczny

Najwcześniejsze doświadczenia GUM dotyczące wzorcowania mikrofonów wzorcowych metodą wzajemności były związane z ręcznie obsługiwaną aparaturą Bruel&Kjaer typ 4143. W 1998 r. GUM zakupił sterowany komputerowo system pomiarowy do wzorcowania mikrofonów klasy LS2 metodą niepewności, opracowany w National Physical Laboratory (NPL). Jego możliwości zostały w 2000 r. rozszerzone siłami własnymi (przez pracowników GUM przy wsparciu specjalistów z NPL) o wzorcowanie mikrofonów klasy LS1. Możliwości GUM w zakresie wzorcowania mikrofonów metodą wzajemności były następnie potwierdzone w porównaniach kluczowych [4, 5], co było podstawą do zatwierdzenia najlepszych możliwości pomiarowych CMC [8], opublikowanych w bazie porównań kluczowych KCDB prowadzonej przez BIPM (Międzynarodowe Biuro Miar) [9]. System umożliwiał wzorcowanie mikrofonów metodą wzajemności (ograniczające się do wyznaczenia tylko modułu skuteczności) w zakresie częstotliwości od 31,5 Hz do 10 kHz (mikrofony LS1) i od 31,5 Hz do 20 kHz (mikrofony LS2), przy częstotliwościach zmienianych z krokiem 1/3-oktawowym. Po ponad dziesięciu latach używania zarówno sprzęt komputerowy i oprogramowanie działające w systemie MS DOS, jak też niektóre analogowe przyrządy pomiarowe stały się przestarzałe. Pomiary wykonywane za pomocą tego systemu były bardzo czasochłonne. Dodatkowo system nie spełniał wymagań drugiego wydania normy IEC 61094-2. W 2009 r. istniejący w GUM system pomiarowy został zmodernizowany w taki sposób, aby odpowiadał najnowszej wersji używanej w NPL. Zasadnicze elementy dotychczasowego systemu GUM (mikrofony wraz z ich danymi historycznymi, sprzęgacze oraz przyrządy zapewniające spójność pomiarową) pozostały niezmienione. To umożliwiło utrzymanie dotychczasowych CMC na niezmiennym poziomie. Modernizacja obejmowała wymianę starych analogowych woltomierzy na nowe selektywne

woltomierze DSP (Digital Signal Processing), wymianę oprogramowania na takie, które działa w środowisku MS Windows, a także znaczące rozszerzenie możliwości technicznych układu poprzez dodanie możliwości wyznaczania kąta fazowego, rozszerzenie dolnej granicy częstotliwości pracy do 2 Hz oraz wyznaczanie akustycznych parametrów mikrofonów za wykorzystaniem metody wielosprzęgaczowej.

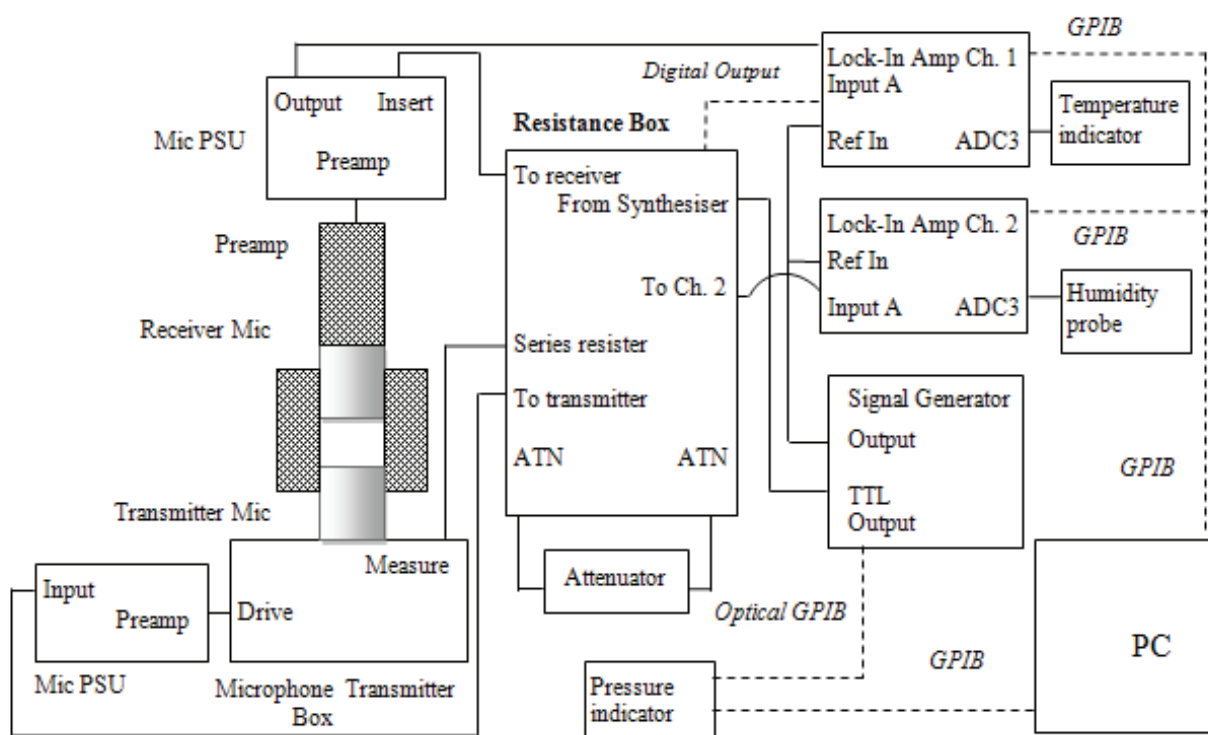
### Stan obecny

Używany obecnie w GUM wzorzec pierwotny ciśnienia akustycznego [12] składa się z czterech układów pomiarowych przeznaczonych do pomiaru następujących parametrów wzorcowanych mikrofonów: rezystancji izolacji, elektrycznej impedancji przeniesienia sprzężonych ciśnieniowo par mikrofonów, całkowitej objętości efektywnej oraz głębokości wnęki czołowej. Ważną częścią wzorca pierwotnego są zestawy mikrofonów klasy LS1 i LS2 razem z danymi dotyczącymi ich historycznych wyników, przyrządy do monitorowania warunków środowiskowych (temperatury, ciśnienia statycznego i wilgotności względnej powietrza) oraz specjalistyczne oprogramowanie działające w systemie MS Windows. Pomiary mogą

być wykonywane tylko w następujących warunkach środowiskowych: ciśnienie statyczne od 99 kPa do 103,5 kPa; temperatura powietrza od 21,5 °C do 24,5 °C; wilgotność względna powietrza od 30 % do 65 %.

Układ do pomiaru elektrycznej impedancji przeniesienia  $U/i$  implementuje zmodyfikowaną wersję metody pomiarowej zaproponowanej przez Koidana [10], gdzie iloraz  $U/i$  jest porównywany z wzorcowaną rezystancją lub, przy częstotliwościach mniejszych od 20 Hz, z wzorcowaną pojemnością. Prąd elektryczny płynący przez mikrofon nadawczy jest wyznaczany pośrednio poprzez pomiar spadku napięcia na wzorcowanej impedancji (wybranej z zestawu impedancji w zależności od częstotliwości) połączonej szeregowo z elektrycznymi zaciskami mikrofonu nadawczego. Napięcie na zaciskach otwartych mikrofonu odbiorczego jest wyznaczane metodą napięcia podstawowego. W czasie pomiaru mikrofon nadawczy jest sprzężony z mikrofonem odbiorczym za pomocą jednego z czterech sprzęgaczy w kształcie walca, o właściwie dobranej średnicy, wykonanych z syntetycznego szafiru. Sprzęgacze nie posiadają kapilar.

Całkowita objętość efektywna mikrofonu składa się z dwóch składników: wymiarów fizycznych wnęki



Rys. 3. Układ do pomiaru elektrycznej impedancji przeniesienia  $U/i$  [12]

Fig. 3. The setup for electrical transfer impedance ( $U/i$ ) measurement [12]

Tab. 1. Niepewności rozszerzone wyznaczania poziomu i kąta fazowego skuteczności mikrofonu

Table 1. Expanded uncertainties of microphone sensitivity level and phase angle determination

Częstotliwość Frequency (Hz)	Niepewność rozszerzona Expanded uncertainty			
	Poziom skuteczności Sensitivity level (dB)		Kąt fazowy skuteczności Sensitivity phase angle (°)	
	LS1	LS2	LS1	LS2
2	0,27	–	2,8	–
4	0,13	–	2,2	–
8	0,12	–	1,9	–
16	0,12	–	1,7	–
20	0,12	–	1,5	–
25	0,12	0,07	1,5	1,2
31,5	0,03	0,06	1,5	1,1
63	0,03	0,05	1,1	0,7
125	0,03	0,04	0,9	0,7
250	0,03	0,04	0,9	0,6
500	0,03	0,03	0,7	0,6
1 000	0,03	0,03	0,7	0,6
2 000	0,03	0,03	1,1	0,6
2 500	0,03	0,03	0,9	0,6
3 150	0,04	0,03	1,0	0,6
4 000	0,05	0,03	1,2	0,6
5 000	0,06	0,03	1,0	0,6
6 300	0,06	0,04	1,0	0,7
8 000	0,06	0,05	1,2	0,7
10 000	0,11	0,06	1,4	0,8
12 500	–	0,08	–	0,8
16 000	–	0,08	–	1,0
20 000	–	0,12	–	1,4

czołowej i objętości równoważnej wynikającej z akustycznej impedancji membrany mikrofonu. Do obliczenia skuteczności mikrofonu używa się wielkości nazywanej objętością czołową mikrofonu, zdefiniowanej jako różnica między całkowitą objętością efektywną i równoważną objętością membrany. Całkowitą efektywną objętość mikrofonu wyznacza się metodą akustyczną. Ciśnienie akustyczne jest wytwarzane w specjalnej komorze pomiarowej zamkniętej z jednej strony wnęką czołową mikrofonu badanego. Ciśnienie to jest mierzone za pomocą systemu monitorującego, składającego się z mikrofonu pomiarowego,

przedwzmacniacza mikrofonowego i wzmacniacza fazoczułego. W kolejnym kroku, przy niezmiennych warunkach pobudzenia akustycznego, pomiar ten jest powtarzany w warunkach, gdy wnęka czołowa mikrofonu badanego jest zastąpiona kolejno przez dwie wnęki o dokładnie znanych objętościach, z których jedna ma mniejszą, a druga większą objętość niż wnęka mikrofonu. Zmierzone ciśnienie akustyczne jest odwrotnie proporcjonalne do objętości wnęki zamykającej komorę. Całkowitą efektywną objętość mikrofonu wyznacza się na podstawie wyników pomiarów ciśnienia akustycznego, stosując interpolację liniową. Integralną częścią pomiaru objętości czołowej mikrofonu jest pomiar głębokości wnęki. Wykonuje się go za pomocą specjalnego mikroskopu pomiarowego wyposażonego w czujnik zegarowy monitorujący przemieszczenie pionowe układu optycznego.

Akustyczne parametry mikrofonu, tj. jego impedancji akustycznej: akustyczną masę, podatność i rezystancję wyznacza się metodą wielosprzęgaczową. Odbywa się to w dwóch etapach: w pierwszym moduł i kąt fazowy odpowiedzi mikrofonów wyznacza się stosując układ do pomiaru elektrycznej impedancji przeniesienia i cztery sprzęgacze o różnych objętościach, w drugim składowe impedancji akustycznej mikrofonów są wyznaczone metodą optymalizacji, z wykorzystaniem programu narzędziowego opracowanego w NPL.

Poziom i kąt fazowy skuteczności wzorcowanego mikrofonu są obliczane na podstawie wyników pomiaru elektrycznej impedancji przeniesienia (przynajmniej trzy powtórzenia eksperymentu), wyników pomiaru objętości czołowej i głębokości wnęki czołowej oraz wyników wyznaczenia impedancji akustycznej mikrofonu, wyrażonej jako wartości składowych modelu mikrofonu o parametrach skupionych: masa akustyczna, podatność akustyczna i rezystancja akustyczna. Chociaż mogą być też wykorzystane wartości nominalne tych parametrów. Dla mikrofonów B&K typ 4160, 4144 i 4180 możliwa jest korekcja obliczonych wyników do warunków środowiskowych odniesienia.

Przedstawiony powyżej wzorzec pierwotny umożliwia wzorcowanie mikrofonów wzorcowych klasy LS1 w zakresie częstotliwości od 2 Hz do 10 kHz i klasy LS2 w zakresie od 20 Hz do 20 kHz, przy częstotliwościach o wartościach dokładnych [11], zmienianych z krokiem  $1/n$  oktawy. Niepewność

wzorcowania, oszacowana zgodnie z [12, 13] i wyrażona jako niepewność rozszerzona przy poziomie ufności około 95 %, zależy od częstotliwości sygnału pomiarowego i klasy mikrofonu. Wartości niepewności rozszerzonej wzorcowania mikrofonów na stanowisku wzorca pierwotnego ciśnienia akustycznego, utrzymywanego obecnie w GUM, są przedstawione w tab. 1.

### Stabilność wzorca pierwotnego ciśnienia akustycznego utrzymywanego w GUM

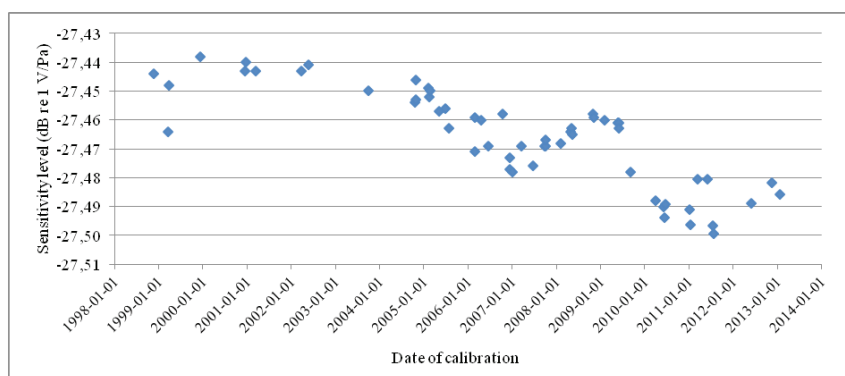
Wszystkie laboratoryjne mikrofony wzorcowe klasy LS1 i LS2, będące w posiadaniu GUM, są regularnie wzorcowane, monitorowana jest też ich stabilność. Dane dotyczące wyników wzorcowania najstarszych mikrofonów są dostępne od 1998 r. (dane dotyczące pomiaru kąta fazowego od 2010 r.). Okazuje się, że stabilność poziomu skuteczności mikrofonów

jest bardzo dobra. Maksymalna zmiana poziomu skuteczności przy częstotliwości 250 Hz pomiędzy kolejnymi, przeprowadzanymi raz w roku wzorcowaniami, nie przekracza na ogół 0,03 dB, zarówno dla mikrofonów klasy LS1, jak i LS2. Przykłady wyników monitoringu poziomu skuteczności najbardziej stabilnych mikrofonów przedstawiono graficznie na rys. 4 i 5.

### Równoważność międzynarodowa wzorca ciśnienia akustycznego utrzymywanego w GUM

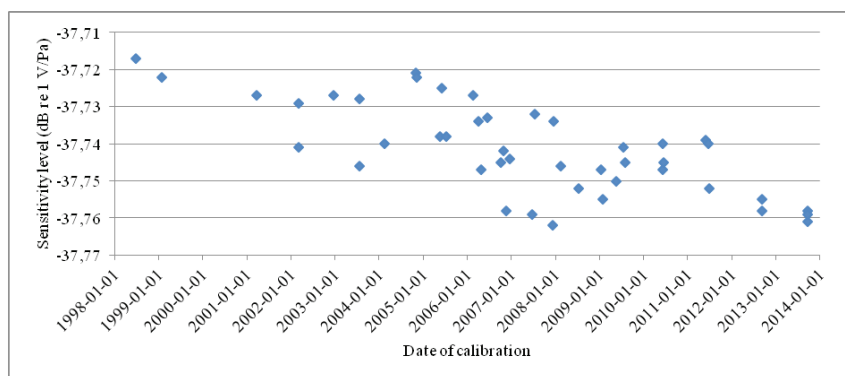
Główny Urząd Miar bierze udział w porównaniach kluczowych organizowanych przez Komitet Doradczy ds. Akustyki, Ultradźwięków i Drgan (CCAUV) Międzynarodowego Komitetu Miar (porównania CIPM) i Regionalne Organizacje Metrologiczne (porównania RMO), zgodnie z wymaganiami porozumienia CIPM MRA [9]. Porównania

kluczowe umożliwiają wzajemne uznawanie państwowych wzorców pomiarowych, będących w posiadaniu krajowych instytucji metrologicznych. Każde porównanie kluczowe CIPM kończy się raportem zawierającym: wyniki indywidualne każdego instytutu, łącznie z deklarowanymi niepewnościami; wartości odniesienia porównania kluczowego (KCRV), łącznie ze związanymi z nimi niepewnościami; dla każdego instytutu odchylenia uzyskanych wyników od wartości odniesienia (KCRV) i niepewności tych odchyżeń, tj. stopnie równoważności; dodatkowo stopnie równoważności wzorców między każdymi dwoma uczestniczącymi instytutami. Porównania kluczowe, organizowane przez RMO, muszą być powiązane (linkowane) z odpowiadającymi im porównaniami CIPM poprzez uczestników biorących udział w obu porównaniach. Wyniki porównań kluczowych CIPM i RMO są publikowane przez BIPM w bazie KCDB.



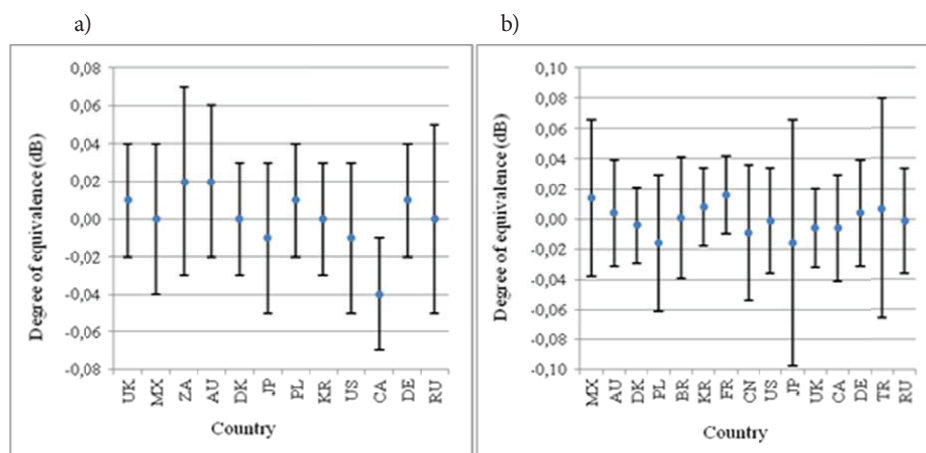
Rys. 4. Wyniki monitoringu stabilności poziomu skuteczności przy 250 Hz dla mikrofonu B&K typ 4160 nr 1453795

Fig. 4. Results of monitoring of sensitivity level stability at 250 Hz for the B&K microphone type 4160 No. 1453795



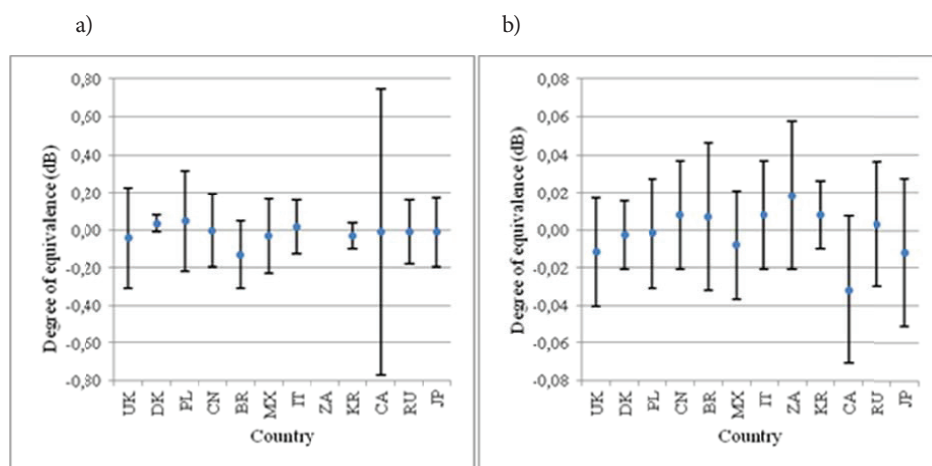
Rys. 5. Wyniki monitoringu stabilności poziomu skuteczności przy 250 Hz dla mikrofonu B&K typ 4180 nr 1886374

Fig. 5. Results of monitoring of sensitivity level stability at 250 Hz for the B&K microphone type 4180 No. 1886374



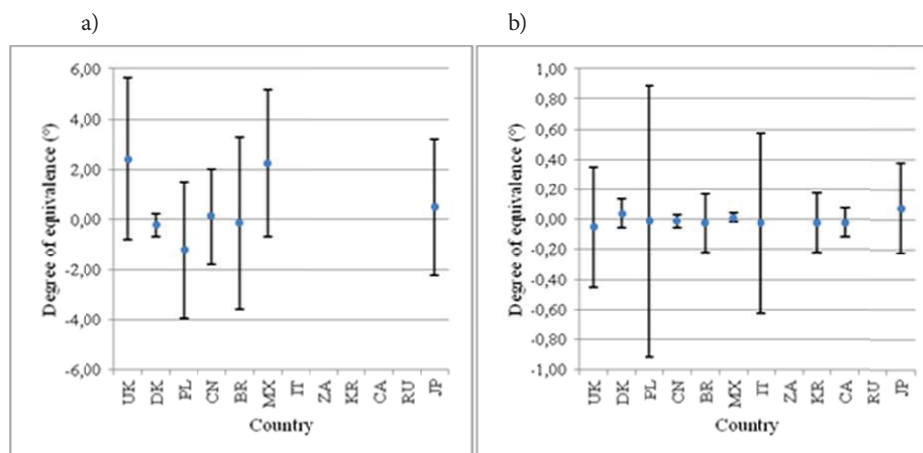
Rys. 6. Stopnie równoważności wzorców państwowych przy częstotliwości 250 Hz oraz związane z nimi niepewności rozszerzone, uzyskane dla poziomu skuteczności w porównaniu CCAUV.A-K1 (a) i CCAUV.A-K3 (b)

Fig. 6. Degrees of equivalence of national standards at 250 Hz and associated expanded uncertainties obtained in CCAUV.A-K1 (a) and CCAUV.A-K3 (b)



Rys. 7. Stopnie równoważności wzorców państwowych przy częstotliwości 2 Hz (a) i 250 Hz (b) oraz związane z nimi niepewności rozszerzone, uzyskane dla poziomu skuteczności w porównaniu CCAUV.A-K5

Fig. 7. Degrees of equivalence of national standards at 2 Hz (a) and 250 Hz (b) and associated expanded uncertainties obtained in CCAUV.A-K5 for sensitivity level



Rys. 8. Stopnie równoważności wzorców państwowych przy częstotliwości 2 Hz (a) i 250 Hz (b) oraz związane z nimi niepewności rozszerzone, uzyskane dla kąta fazowego skuteczności w porównaniu CCAUV.A-K5

Fig. 8. Degrees of equivalence of national standards at 2 Hz (a) and 250 Hz (b) and associated expanded uncertainties obtained in CCAUV.A-K5 for sensitivity phase angle

Raporty końcowe z porównań są także publikowane w dodatku technicznym międzynarodowego czasopisma „Metrologia” (Technical Supplement to Metrologia).

W latach 1999–2007 GUM brał z sukcesem udział w następujących porównaniach kluczowych: EUROMET.AUV.A-K1, CCAUV.A-K1, CCAUV.A-K3, COOMET.AUV.A-K1 i COOMET.AUV.A-K3 (w dwóch ostatnich jako instytut linkujący) [4-7]. Przykłady stopni równoważności uzyskanych w porównaniach CCAUV.A-K1 i CCAUV.A-K3 są przedstawione graficznie na rys. 6. W latach 2010–2013, po modernizacji wzorca pierwotnego, GUM wziął udział w porównaniu CCAUV.A-K5 [14], dotyczącym wzorcowania mikrofonów klasy LS1 (z zakresem znacząco rozszerzonym w porównaniu z poprzednim porównaniem CCAUV.A-K1), a także w porównaniu uzupełniającym AFRIMETS.AUV.A-S1 [15], poprzedzającym przyszłe porównanie kluczowe CIPM w zakresie wzorcowania mikrofonów klasy LS2. Wyniki GUM w obu tych porównaniach okazały się satysfakcjonujące. Przykłady stopni równoważności uzyskanych w porównaniu CCAUV.A-K5 są przedstawione graficznie dla poziomu skuteczności i kąta fazowego skuteczności odpowiednio na rys. 7 i 8. Wyniki uzyskane przez GUM w porównaniach CCAUV.A-K5 i AFRIMETS.AUV.A-S1 pozwolą na znaczącą zmianę wartości CMC w dziedzinie akustyki.

## Wnioski

Pomiary poziomu dźwięku można uznać za wiarygodne tylko wtedy, gdy są przeprowadzone z zachowaniem spójności pomiarowej z wzorcem pierwotnym. Wzorzec pierwotny ciśnienia akustycznego utrzymywany w GUM, zaprezentowany w niniejszym artykule, można uważać za bardzo dobre źródło spójności pomiarowej dla wszystkich pomiarów akustycznych wykonywanych zarówno w Polsce, jak i na całym świecie, ponieważ jest on, zgodnie z porozumieniem CIPM-MRA, uznany międzynarodowo.

## Literatura

- [1] Jarvis D. R., *Realization of the standard of sound pressure through the calibration of half-inch laboratory standard condenser microphones*. Ph. D. Thesis, Kings College, London, 1989.
- [2] IEC 61094-2:2009 *Electroacoustics – Measurement microphones – Part 2: Primary method for pressure calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique*.
- [3] IEC 61094-1:2000 *Electroacoustics – Measurement microphones – Part 1: Specifications for laboratory standard microphones*.
- [4] Barham R., *Report on key comparison CCAUV.A-K1*. Metrologia 40, Technical Supplement, 09002, 2003.
- [5] Cutanda Henríquez V., Rasmussen K., *Final report on the key comparison CCAUV.A-K3*, Metrologia 43, Technical Supplement, 09001, 2006.
- [6] Barrera-Figueroa S., Nielsen L., Rasmussen K., *Report on the Regional Comparison COOMET.AUV.A-K3*, Metrologia 44, Technical Supplement, 09002, 2007.
- [7] Fedtke T., *Final report on key comparison COOMET.AUV.A-K1*, Metrologia 46, Technical Supplement, 09004, 2009.
- [8] Calibration and Measurement Capabilities in the context of the CIPM MRA. [http://www.bipm.org/utills/common/CIPM\\_MRA/CIPM\\_MRA-D-04.pdf](http://www.bipm.org/utills/common/CIPM_MRA/CIPM_MRA-D-04.pdf), <http://kcdb.bipm.org/>
- [9] *Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes*, Paris, 14 October 1999, [http://www.bipm.org/utills/en/pdf/mra\\_2003.pdf](http://www.bipm.org/utills/en/pdf/mra_2003.pdf).
- [10] Koidan W., *Method for measurement of  $E'/T$  in the reciprocity calibration of condenser microphones*, J. Acoust. Soc. Am. 32, p. 611, 1960.
- [11] ISO 266:1997, *Acoustics – Preferred frequencies*.
- [12] Barham R., Avison J. E. M., *Pressure Calibration of Laboratory Standard Microphones by the Reciprocity Method. Instruction Manual*, NPL, November 2009.
- [13] ISO/IEC Guide 98-3 *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*.
- [14] Avison J., Barham R., *Report on key comparison CCAUV.A-K5: Pressure calibration of laboratory standard microphones in the frequency range 2 Hz to 10 kHz*, NPL REPORT AC 11, 2014.
- [15] Nel R., Barrera-Figueroa S., Dobrowolska D., Defilippo Soares Z. M., Maina A. K., Hof C., *Final report of supplementary comparison AFRIMETS.AUV.A-S1: primary pressure calibration of LS2aP microphones according to IEC 61094-2, over the frequency range 1 Hz to 31.5 kHz*.

## Wpływ przyspieszenia ziemskiego na pomiar masy przy ocenie zgodności wag nieautomatycznych

### The significance of the gravity acceleration on the weight measurement in conformity assessment of non-automatic weighing instruments

**Piotr Rymkiewicz** (Biuro Metrologii Prawnej GUM)

Wprowadzanie wag nieautomatycznych do obrotu i użytkowania po ocenie zgodności w niektórych krajach wiąże się z określeniem ustalonych administracyjnie stref grawitacyjnych. Według Przewodnika WELMEC 2 można stosować również tzw. nową koncepcję grawitacyjną, która umożliwia ustalanie stref użytkowania wagi w określonym zakresie szerokości geograficznej i położenia nad poziomem morza w zależności od zamierzonego miejsca użytkowania wagi.

The placing on the market and putting into service non-automatic weighing instruments in conformity assessment in some countries is connected with fixed administratively gravitation zones. According to the Guide WELMEC 2 there can also be used so called "the new gravity concept", that allows determination an application area for the instrument in the specified range of latitude and location above sea level in relation to the intended place of use.

Zgodnie z definicją zawartą w Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/23/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie wag nieautomatycznych (wersja ujednolicona – Dz. U. UE nr L 122 z 16.5.2009), dawniej dyrektywa nr 90/384/EWG, waga jest to przyrząd pomiarowy służący do wyznaczania masy ciała przez wykorzystanie działania na ciało siły grawitacji. Przejawem oddziaływania grawitacyjnego jest przyspieszenie ziemskie oznaczone symbolem  $g$  i wynoszące w przybliżeniu  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Wartość przyspieszenia ziemskiego jest zmienna w przestrzeni i ma wpływ na pomiary masy. Wprawdzie masa danego ciała jest stała i niezależna od sił zewnętrznych, jednak sama waga podlega wpływowi tych sił. Choć istnieją wagi, które mogą kompensować wpływ siły grawitacji, to większość z nich jest wrażliwa na to oddziaływanie, gdyż koszt takiej kompensacji jest ekonomicznie nieuzasadniony. Wobec tego producenci wag, osoby zajmujące się kontrolą działania wag, jak również użytkownicy powinni posiadać informację co do wielkości wpływu zmian przyspieszenia ziemskiego na wynik pomiaru masy.

W miejscu, gdzie waga jest adiustowana z wykorzystaniem wzorców masy, jej wskazania są teoretycznie właściwe dla dowolnego ważonego ciała, pod

warunkiem, że pominiemy błędy wzorców masy, siłę wyporu powietrza czy błędy spowodowane zmianami temperatury i wielu innych czynników. Tutaj zajmujemy się tylko konsekwencjami zmiany miejsca użytkowania wagi. Rozważaniu poddane zostaną wagi konkretnego rodzaju, czyli wagi nieautomatyczne (najbardziej typowe i uniwersalne ze względu na ich zastosowanie i zakres pomiarowy), które podlegają prawnej kontroli metrologicznej.

Wagi nieautomatyczne poddawane prawnej kontroli metrologicznej (czyli inaczej takie, które są legalizowane w użytkowaniu) podlegają ocenie zgodności zanim zostaną wprowadzone do obrotu lub użytkowania. Ocena zgodności wywodzi się z dyrektyw europejskich i ma na celu zniesienie barier w przepływie towarów na rozległym obszarze Unii Europejskiej i państw EFTA. Producent wagi może przygotowywać ją do działania w swojej fabryce, a następnie wysłać w określony rejon Europy lub świata, gdzie występuje inna wartość przyspieszenia ziemskiego, podając dla jakiego obszaru (strefy grawitacji) waga jest przeznaczona. Działanie takie daje producentowi pewność, że poinformowany w ten sposób użytkownik, organy nadzoru metrologicznego i jednostki notyfikowane będą świadome, gdzie waga może być użytkowana bez dodatkowych regulacji.

W tym celu Organizacja Europejskiej Współpracy w dziedzinie Metrologii Prawnej (WELMEC) opracowała zalecenia, jak powinien postąpić sam producent (posiadający stosowną certyfikację) lub jednostka notyfikowana, której producent zgłosił legalizację WE, gdy ten drugi etap oceny zgodności jest przeprowadzany w innym miejscu niż miejsce jej użytkowana (pkt. 3.3 Przewodnika WELMEC 2). W stosownym dokumencie, załączonym do wagi lub np. na wyświetlaczu wagi, należy przedstawić dane określające obszar, do jakiego waga jest przeznaczona, czyli opisać tzw. strefę grawitacji.

Przyspieszenie ziemskie wyraża się wzorem:

$$g = 9,780318 (1 + 0,0053024 \sin^2 \varphi - 0,0000058 \sin^2 2\varphi) - 0,000003085 a \quad (1)$$

gdzie:  $g$  ( $m/s^2$ ) – przyspieszenie ziemskie,

$\varphi$  ( $^\circ$ ) – szerokość geograficzna,

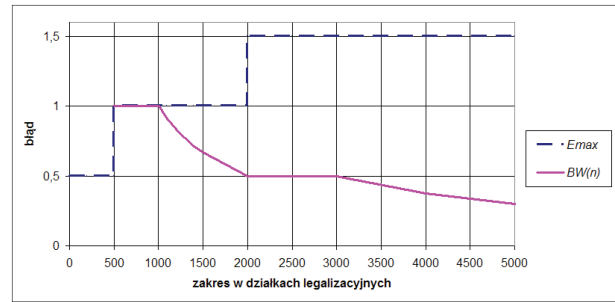
$a$  (m) – wysokość nad poziomem morza.

Strefę grawitacji można zdefiniować podając:

- 1) wartość przyspieszenia ziemskiego o wartości odniesienia  $g_R$  wraz z jego górną i dolną wartością  $g_{max}$  i  $g_{min}$ , lub
- 2) określając zakresy dotyczące:
  - a) szerokości geograficznej  $\varphi_{min}$  oraz  $\varphi_{max}$ ,
  - b) wysokości nad poziomem morza  $a_{min}$  oraz  $a_{max}$ .

W celu wyznaczenia powyższych granic przyjęto założenie, zgodnie z zaleceniem zawartym w przewodniku WELMEC 2, że wartość odchyłki przyspieszenia ziemskiego od wartości odniesienia  $g_R$ , tj.  $g_{max} - g_R$  lub  $g_R - g_{min}$  nie spowodują, że wartość bezwzględna zmiany wyniku ważenia przekroczy 1/3 błędu granicznego dopuszczalnego  $E_{max}$  wagi nieautomatycznej, przewidzianego przepisami prawa podczas legalizacji WE.

W celu łatwego wyznaczenia lub sprawdzania zakresów strefy grawitacji warto posłużyć się błędem względnym. Wartość tego błędu względnego nie powinna przekroczyć wartości opisanej tutaj funkcją  $BW(n)$  (rys. 1). Jak widać, zmienną tej funkcji jest  $n$ , czyli liczba działek legalizacyjnych wagi  $e$ . Funkcję  $BW(n)$  można określić jako minimalny błąd graniczny dopuszczalny względny, jaki posiada w swoim zakresie pomiarowym waga nieautomatyczna o obciążeniu maksymalnym, danym iloczynem:  $n \cdot e$ . Wykres funkcji  $BW(n)$  (linia ciągła) otrzymuje się z wykresu schodkowego błędu granicznego dopuszczalnego  $E_{max}$



Rys. 1. Wykres błędu granicznego dopuszczalnego

(linia przerywana) dla wagi nieautomatycznej. Na wykresie wartości funkcji  $E_{max}(n)$  wyrażone są liczbowo w działkach legalizacyjnych, natomiast wartości liczbowe funkcji  $BW(n)$  wyrażone są w promilach.

Dziedziną funkcji  $BW(n)$  dla wag III klasy dokładności jest  $n$  (od 500 do 10 000), a funkcja przyjmuje wartości w poszczególnych przedziałach:

$$\begin{aligned} BW(n) &= 1/1000 & \text{dla} & 500 \leq n < 1000 \\ BW(n) &= 1/n & \text{dla} & 1000 \leq n \leq 2000 \\ BW(n) &= 1/2000 & \text{dla} & 2000 < n < 3000 \\ BW(n) &= 1/2n & \text{dla} & n \geq 3000 \end{aligned}$$

Ponieważ dopuszczalna odchyłka, spowodowana zmianą  $g$ , nie powinna przekroczyć 1/3  $BW(n)$ , to otrzymamy zależność:

$$|g_x - g_R| / g_R \leq BW(n)/3 \quad (2)$$

W przypadku gdy producent chce podać informację o zakresie przyspieszenia ziemskiego (zgodnie z pkt. 1), otrzymamy:

$$(g_x - g_R) / g_R \leq BW(n)/3 \quad (3)$$

$$(g_R - g_x) / g_R \leq BW(n)/3 \quad (4)$$

stąd wyliczymy zakres wartości przyspieszenia ziemskiego:

$$g_x \leq g_R + BW(n) g_R/3 \quad (5)$$

$$g_x \geq g_R - BW(n) g_R/3 \quad (6)$$

oraz odpowiednio otrzymamy wartości brzegowe:

$$g_{max} = g_R + BW(n) g_R/3 \quad (7)$$

$$g_{min} = g_R - BW(n) g_R/3 \quad (8)$$

Określenie, czyli wybór wartości granicznych dla strefy grawitacji (zgodnie z pkt. 2) jest raczej wyborem producenta, ale wymaga sprawdzenia, czy przy-



jęte wartości graniczne  $\varphi$  oraz  $a$  spełniają warunek określony wzorami (3) i (4). Aby sprawdzić zgodność tak ustalonej strefy grawitacji z założeniami, należy posłużyć się zależnością:

$$(\Delta g_{\varphi} + \Delta g_a) / g_R \leq BW(n)/3 \quad (9)$$

gdzie:

$$\Delta g_{\varphi} = 0,5 | g(\varphi_{\max}, a_m) - g(\varphi_{\min}, a_m) |$$

$$\text{oraz } a_m = 0,5 (a_{\min} + a_{\max}) \quad (10)$$

$$\Delta g_a = 0,5 | g(\varphi_m, a_{\min}) - g(\varphi_m, a_{\max}) |$$

$$\text{oraz } \varphi_m = 0,5 (\varphi_{\min} + \varphi_{\max}) \quad (11)$$

$$g_R = g(\varphi_m, a_m) \quad (12)$$

Obliczamy te wartości podstawiając do wzoru (1) zmienne  $\varphi$  i  $a$ , a stąd wyliczymy zakres wartości przyspieszenia ziemskiego, dany zależnościami (7) i (8).

### Przykład obliczeniowy

Przyjmijmy, że producent chce przeprowadzić legalizację WE w pełnym zakresie u siebie w fabryce, a następnie wyekspediować wagę nieautomatyczną III klasy dokładności:

$e = 5$  g,

$n = 3000$  (liczba działek dla obciążenia maksymalnego),

do użytkownika tak, aby nie wymagała ona w miejscu przeznaczenia ponownej adiustacji spowodowanej zmianą przyspieszenia ziemskiego. W tym celu należy dokonać adiustacji na wartość nominalną  $52^\circ$  szerokości geograficznej oraz 100 m wysokości nad poziomem morza, co potwierdza się wprowadzając do wagi informację w postaci  $50,5 - 53,5 : 0 - 200$  lub  $50,5 - 53,5 : 0 - 200$ . Oznacza to, że strefa grawitacji dla wagi została ograniczona od  $50,5^\circ$  do  $53,5^\circ$  szerokości geograficznej oraz od 0 m do 200 m nad poziomem morza. Punktami „centralnymi” tej strefy są wszystkie punkty leżące na szerokości geograficznej  $52^\circ$  i wysokości 100 m nad poziomem morza.

Dokonujemy sprawdzenia, czy podane granice strefy grawitacji spełniają wzór (9)

$$\varphi_{\min} = 50,5^\circ; \varphi_{\max} = 53,5^\circ, \text{ stąd } \varphi_m = 52^\circ$$

$$a_{\min} = 0 \text{ m}; a_{\max} = 200 \text{ m}, \text{ stąd } a_m = 100 \text{ m}$$

podstawiając do (10) i (11) otrzymamy odpowiednio:

$$\Delta g_{\varphi} = 0,5 | 9,8134683 - 9,8108320 | = 0,0013181 \text{ m/s}^2$$

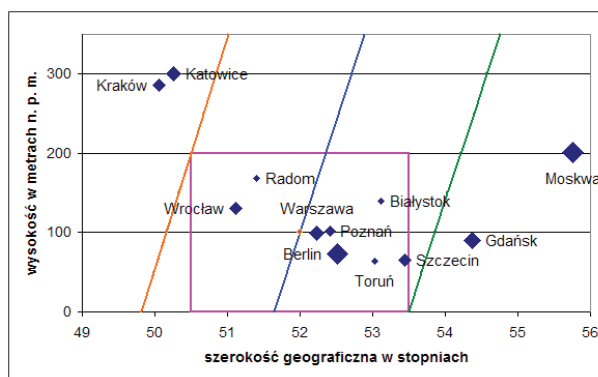
$$\Delta g_a = 0,5 | 9,8124671 - 9,8118501 | = 0,0003085 \text{ m/s}^2$$

Ze wzoru (12) otrzymamy  $g_R = 9,8121586 \text{ m/s}^2$ . Obliczamy:  $BW(3000)/3 = 0,0005/3 = 0,000166(6)$  i otrzymujemy:  $(0,0013181 + 0,0003085)/9,8121586 = 0,0001658$ . Czyli wzór (9) jest spełniony, gdyż:  $0,0001658 \leq BW(3000)/3 = 0,000166(6)$ . Przy okazji można wyznaczyć wartości graniczne przyspieszenia ziemskiego dla tej strefy i otrzymamy:

$$g_{\max} = g(\varphi_{\max}, a_{\min}) = g(53,5^\circ, 0) = 9,8137768 \text{ m/s}^2$$

$$g_{\min} = g(\varphi_{\min}, a_{\max}) = g(50,5^\circ, 200) = 9,8105235 \text{ m/s}^2$$

Teraz sprawdzamy, czy spełniony jest warunek opisany wzorami (3) i (4). Zgodnie z (3) otrzymamy:  $0,00016491 \leq BW(3000)/3$ , oraz zgodnie z (4) otrzymamy:  $0,00016664 \leq BW(3000)/3$ , gdyż:  $BW(3000)/3 = 0,000166(6)$ .



Rys. 2. Określenie strefy grawitacji

Ilustrację graficzną obydwu sposobów określenia strefy grawitacji dla punktu odniesienia  $52^\circ$  szerokości geograficznej i 100 m n.p.m. (odpowiada Warszawie) podano na rys. 2. Prostokąt określa strefę grawitacji, gdy wykorzystujemy parametry  $\varphi$  oraz  $a$ , natomiast dwie pochyłone proste ograniczają strefę grawitacji, gdy stosujemy  $g_{\min}$  oraz  $g_{\max}$ . W tle znajdują się punkty reprezentujące uśrednione wartości  $\varphi$  oraz  $a$  dla niektórych miast. Widać, które z nich spełniają warunek dla zdefiniowanej strefy grawitacji. Środkowa pochyłona linia obrazuje punkty, które mają wartości przyspieszenia ziemskiego o wartości odniesienia  $g_R$ . W taki sposób możemy dokonać adiustacji wagi nieautomatycznej III klasy dokładności, dla każdej szerokości geograficznej oraz wysokości nad poziomem morza, w których waga będzie użytkowana.

# Oprogramowanie stosowane w Okręgowym Urzędzie Miar w Łodzi podczas legalizacji zbiorników pomiarowych w kształcie cylindra stojącego, wzorcowanych metodą geometryczną

## The software implemented in the Laboratory of Volume Measurements in the Regional Office of Measures in Lodz applied during the verification of fixed vertical cylindrical storage tanks at atmospheric pressure calibrated by means of the strapping method

**Andrzej Kela** (Okręgowy Urząd Miar w Łodzi)

W artykule opisano oprogramowanie stosowane przez Pracownię Pomiarów Objętości Wydziału Termodynamiki Okręgowego Urzędu Miar w Łodzi podczas legalizacji bezciśnieniowych zbiorników pomiarowych w kształcie cylindra stojącego, wzorcowanych metodą geometryczną (opasania), uwzględniające wymagania określone w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 22 stycznia 2008 r. (tj. Dz. U. z 2014 r., poz. 1094).

The paper describes the software implemented in the Laboratory of Volume Measurements in the Regional Office of Measures in Lodz. This software meets the requirements of Ordinance of the Minister of Economy of 22 January 2008 (Dz. U. [Journal of Laws] of 2014, item 1094). It is applied during the verification of fixed vertical cylindrical storage tanks at atmospheric pressure calibrated by means of the strapping method.

26

### Wstęp

Pracownia Pomiarów Objętości Okręgowego Urzędu Miar w Łodzi opracowała oprogramowanie przeznaczone do stosowania podczas legalizacji bezciśnieniowych zbiorników pomiarowych w kształcie cylindra stojącego, wzorcowanych metodą geometryczną (opasania), dotyczące zbiorników spawanych na styk, o maksymalnej liczbie carg równej 12 oraz maksymalnej liczbie włączów równej 7. Oprogramowanie to zastało napisane w języku VBA, jako aplikacja dla Microsoft Excel® 2003 i zawiera: panel rozruchowy bazy danych, z pozycji którego można sterować całością, bazę danych dotychczas zalegalizowanych zbiorników, zapiskę przeznaczoną dla legalizatora do zapisywania (po jej wydrukowaniu) wyników pomiarów podczas ich wykonywania oraz program do obliczeń i edycji wymaganych dokumentów. W skład pakietu oprogramowania wchodzi następujące pliki:

- link „Baza danych – zbiorniki”;
- katalog plików „Zbiorniki\_Metoda geometryczna”, w którym znajdują się:
  - pliki dotychczas zalegalizowanych zbiorników umieszczone w bazie danych;
  - pliki schematów carg;
  - arkusz kalkulacyjny Microsoft Excel® „Zapiska robocza.xlt”;
  - arkusz kalkulacyjny Microsoft Excel® „Rozruch.xlt”;
  - arkusz kalkulacyjny Microsoft Excel® „Baza danych.xls”;
  - arkusz kalkulacyjny Microsoft Excel® „Zbiorniki\_cylinder o osi głównej pionowej.xlt”.

Aby poprawnie użytkować powyższe oprogramowanie, należy je zainstalować na komputerze, na którym uprzednio zainstalowano program Microsoft Excel 2003®, poprzez skopiowanie katalogu plików „Zbiorniki\_Metoda geometryczna” na dysk twardy

C:\ oraz linku „Baza danych – zbiorniki” na pulpit. Po skopiowaniu tych elementów należy otworzyć program Microsoft Excel 2003<sup>®</sup> i dokonać jego konfiguracji, wybierając rodzaj zabezpieczeń makr jako „Średnie” oraz instalując dodatki „Analysis ToolPak” oraz „Analysis ToolPak – VBA”.

Wymagania dotyczące zbiorników pomiarowych w kształcie cylindra o osi głównej pionowej, określone w [1], różnią się od wymagań dotychczas obowiązujących następująco:

- zamiast wartości błędu granicznego dopuszczalnego wzorcowania wprowadzona została wartość dopuszczalnej niepewności rozszerzonej wzorcowania, która dla zbiorników w kształcie cylindra o osi głównej pionowej posadowionych na stałe wynosi 0,2 % objętości mierzonej przy poziomie ufności około 95 % i  $k = 2$ . Spełnienie tego warunku wymaga obliczenia tej niepewności i sprawdzenia, czy mieści się ona w granicach dopuszczalnych.
- pomiar objętości cieczy przyjmowanej do zbiornika posadowionego na stałe lub z niego wydawanej powinien być dokonywany w dawkach nie mniejszych niż objętość cieczy, jaka może być zmierzona z błędem względnym nie większym niż 0,2 % objętości mierzonej. Spełnienie tego warunku wymaga obliczenia dawki minimalnej zgodnie z tym kryterium.

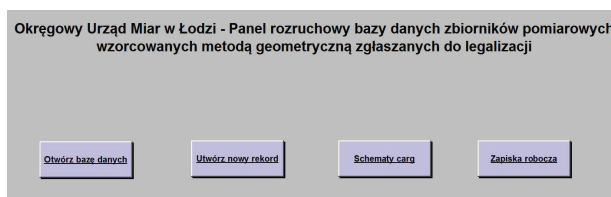
Przedstawione wyżej oprogramowanie uwzględnia wymagania zawarte w [1], [2], [3], [4], [5], [6] i [7], a niepewność pomiarów oblicza zgodnie z [8] i [9].

## Opis oprogramowania

### Panel rozruchowy bazy danych

W celu uruchomienia oprogramowania należy dwukrotnie kliknąć umieszczoną na pulpicie podczas instalacji oprogramowania ikonę linku „Baza danych – zbiorniki”. Po otwarciu aplikacji „Rozruch.xlt”, jak również każdej z pozostałych, ukaże się komunikat „Ostrzeżenie o zabezpieczeniach”, w którym należy wybrać opcję „Włącz makra”. Nastąpi przejście do panelu rozruchowego bazy danych przedstawionego na rys. 1.

Panel rozruchowy posiada cztery przyciski: przycisk „Otwórz bazę danych” otwierający bazę danych, przycisk „Utwórz nowy rekord”, tworzący plik wykonujący obliczenia i edycję wymaganych doku-



Rys. 1. Panel rozruchowy bazy danych

mentów nowego, legalizowanego zbiornika pomiarowego, przycisk „Schematy carg”, otwierający dostęp do rysunków przekrojów poprzecznych zbiornika oraz przycisk „Zapiska robocza”, otwierający zapiskę do ręcznego zapisu wyników wzorcowania.

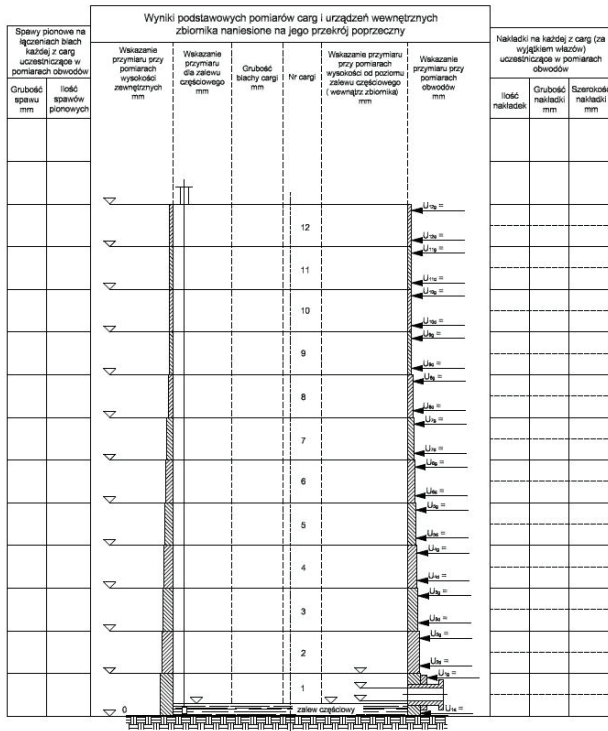
### Baza danych dotychczas zalegalizowanych zbiorników

Naciskając w panelu rozruchowym przycisk „Otwórz bazę danych”, otwieramy aplikację Microsoft Excel<sup>®</sup> „Baza danych.xls” z otwartą zakładką „Baza danych”. Baza przedstawiona jest w formie listy, a każdy rekord tej bazy zawiera podstawowe informacje o legalizowanym zbiorniku, takie jak: nr ID zbiornika, nr rejestru zgłoszeń, pojemność nominalna (w m<sup>3</sup>), średnica wewnętrzna (w mm), ilość carg, nr fabryczny i inwentarzowy, znak typu itp. Po zdjęciu ochrony z arkusza, bazę można przeszukiwać po każdej z przedstawionych wyżej informacji o zbiorniku według dowolnych kryteriów.

„Nr ID zbiornika” jest hiperłączem do pliku zawierającego wszystkie dane o zbiorniku, zapiski z wykonanych pomiarów oraz obliczeń potrzebnych do edycji świadectwa legalizacji i tablicy objętości wraz z gotowymi do wydruku dokumentami.

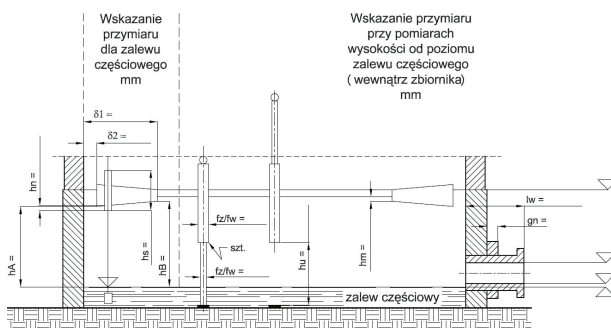
### Schematy carg

Naciśnięcie w panelu rozruchowym przycisku „Schematy carg” otwiera aplikację Microsoft Excel<sup>®</sup> „Baza danych.xls” z otwartą zakładką „Schematy carg”. W kolumnie tabeli oznaczonej „Nr ID schematu carg” zapisane są hiperłącza do plików przedstawiających te schematy. Dwa pierwsze wiersze tabeli zawierają hiperłącza do schematów pierwszej cargini zbiornika z dachem stałym lub z dachem pływającym, przedstawionym na rys. 3. Po wydrukowaniu schematów, legalizator zapisuje w nich wyniki dokonywanych pomiarów dachu pływającego, włączów i zalewu częściowego. Pozostałe wiersze zawierają hiperłącza do schematów będących przekrojami poprzecznymi zbiornika w zależności od ilości carg,



Rys. 2. Przykład schematu carg zbiornika w zależności od ich liczby w zbiorniku

Wyniki podstawowych pomiarów urządzeń wewnętrznych znajdujących się w pierwszej cargie zbiornika z dachem pływającym lub stałym i wewnętrznym pływającym naniesione na jego przekrój poprzeczny



Rys. 3. Przykład schematu pierwszej cargi zbiornika z dachem pływającym

co przedstawiono na rys. 2. Wybór właściwego schematu ułatwiają zapisy w pozostałych kolumnach tabeli, określające liczbę carg zbiornika oraz nazwę schematu. Po wydrukowaniu schematu legalizator zapisuje na nim wyniki dokonywanych pomiarów.

### Zapiska robocza

Naciśnięcie w panelu rozruchowym przycisku „Zapiska robocza” otwiera aplikację Microsoft Excel® „Zapiska robocza.xlt”. Po wypełnieniu pól zaznaczonych kolorem jasnożółtym i naciśnięciu przycisku

„Potwierdź formatowanie zapiski”, zapiska zostanie automatycznie sformatowana z uwzględnieniem uprzednio zapisanych informacji i przygotowana do wydruku. Po jej wydrukowaniu, w białych polach legalizator zapisze wyniki przeprowadzonych pomiarów, przeznaczonych dla danego zbiornika, nieuwzględnionych w schematach carg.

### Program do wykonywania obliczeń oraz edycji wymaganych dokumentów

Naciśnięcie w panelu rozruchowym przycisku „Utwórz nowy rekord” otwiera aplikację Microsoft Excel®, „Zbiorniki\_cylinder o osi głównej pionowej\_xlt”, która zawiera: odkryte arkusze zapisek z dokonanych pomiarów, arkusze informacyjne i sterowania, arkusze zawierające świadectwa legalizacji i tablice objętości oraz ukryte arkusze wykonujące potrzebne obliczenia zgodnie z wymaganiami określonymi w [1] do [10].

Pola każdego z odkrytych arkuszy nie przeznaczone do edycji zostały zablokowane, a każdy arkusz przed edycją jest chroniony hasłem, co jest podyktowane względami bezpieczeństwa przed niezamierzoną ingerencją użytkownika w formuły i makra. Oprogramowanie umożliwia wykonanie pomiarów obwodów zbiornika za pomocą przymiaru wstęgowego kreskowego lub przymiaru wstęgowego kreskowego i wózka pionującego, a w przygotowaniu jest arkusz przeznaczony do wykonywania pomiarów obwodów metodą EODR. Powyższe oprogramowanie zawiera również arkusze z algorytmami stosowanymi w tablicach API, za pomocą których dokonuje się obliczeń gęstości produktu naftowego w temperaturze odniesienia 15 °C, odpowiadającej gęstości obserwowanej oraz współczynnika VCF do korekcyjności objętości w 15 °C podczas ważenia dachu pływającego. Arkusze te zostały opracowane w oparciu o publikację: „Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 11.1 – Volume Correction Factor Volume VIII”, wydaną przez: API STANDARD 2540 wydanie 1, sierpień 1980.

Ponieważ aplikacja ta posiada łącza do bazy danych, ukaże się komunikat o aktualizacji tych danych i po naciśnięciu przycisku „Aktualizuj” pojawi się ekran powitalny przedstawiony na rys. 4. Po wyrażeniu zgody na kontynuację przez naciśnięcie przycisku „Tak”, uruchomi się okno dialogowe „Dane Podstawowe”, przedstawione na rys. 5. Naciśnięcie



Rys. 4. Ekran powitalny

Rys. 5. Okno dialogowe „Dane podstawowe”

przycisku „Nie” w ekranie powitalnym spowoduje zamknięcie programu.

Okno dialogowe „Dane podstawowe” zawiera różne podokna, które należy wypełnić. Trzeba w nich podać: rodzaj dokonywanej czynności, dane identyfikujące producenta, wnioskodawcę, miejsce posadowienia zbiornika, zastosowany przyrząd do pomiaru wysokości napełnienia zbiornika, zastosowany przyrząd do pomiaru obwodów carg, rodzaj medium stosowanego podczas użytkowania zbiornika, a także czy będzie to produkt naftowy i czy przewidywana objętość zalewu częściowego będzie większa od 30 000 dm<sup>3</sup>. Takie podokna można określić, wybierając jedną z opcji znajdujących się na listach rozwijalnych. Pozostałe podokna należy wypełnić wpisując odpowiednie wartości.

UWAGA: wszelkie daty należy wpisywać w formacie „rok-miesiąc-dzień”, np 2012-07-25. Dane w listach rozwijalnych identyfikujących producenta, wnioskodawcę i miejsce posadowienia zbiornika, są powiązane z danymi w listach: „Miejsce posadowienia zbiornika”, „Producent zbiornika” oraz „Zgłaszający zbiornik do legalizacji”, zamieszczono-

nymi w arkuszu „Dane” aplikacji Microsoft Excel® „Baza danych.xls”. Edycja tych danych powoduje zmiany w listach im odpowiadających, zamieszczonych w oknie „Dane podstawowe”.

W każdym z okien dialogowych wymagane jest wypełnienie wszystkich podokien, w przeciwnym przypadku po kliknięciu przycisku „OK” nie nastąpi udostępnienie następnego okna dialogowego, co skutkuje odpowiednim komunikatem. Naciśnięcie przycisku „OK” w oknie dialogowym „Dane podstawowe” umożliwi przejście do następnego okna dialogowego „Konstrukcja”, przedstawionego na rys. 6.

Orientacyjną średnicę wewnętrzną wzorcowanej komory zbiornika pomiarowego należy określić,

Rys. 6. Okno dialogowe „Konstrukcja”

uprzednio dokonując pomiaru górnego obwodu zewnętrznego pierwszej cargi i grubości blachy tej cargi, zgodnie z następującym wzorem [2]:

$$d_w = \frac{U_{1g}}{\pi} - 2 \cdot \delta_1 \quad (1)$$

gdzie:

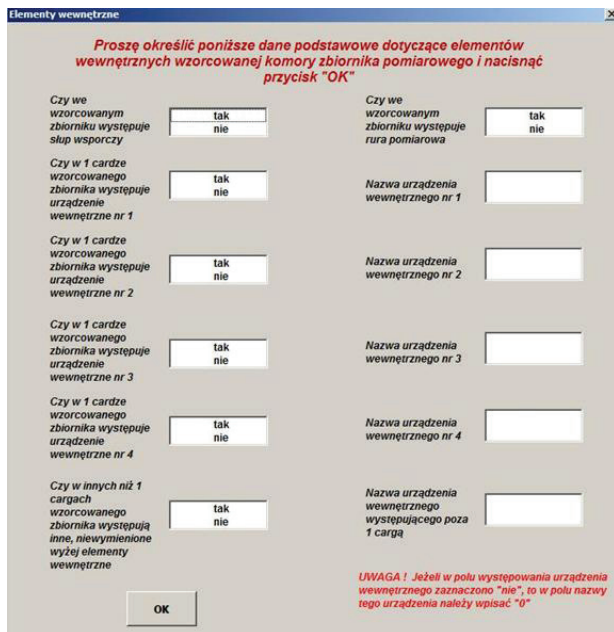
$d_w$  – średnica wewnętrzna wzorcowanej komory zbiornika pomiarowego (w mm),

$U_{1g}$  – górny obwód zewnętrzny pierwszej cargi (w mm),

$\delta_1$  – grubość blachy pierwszej cargi (w mm).

Pozostałe podokna należy określić wybierając jedną z opcji znajdujących się na ich listach rozwijalnych. Po wypełnieniu wszystkich podokien należy kliknąć przycisk „OK”, co umożliwi przejście do następnego okna dialogowego „Elementy wewnętrzne” przedstawionego na rys. 7.

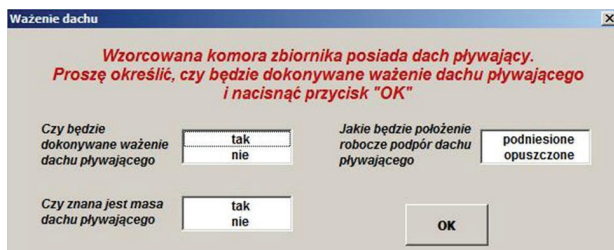
Dane dotyczące elementów wewnętrznych wzorcowanej komory zbiornika pomiarowego należy określić przez wybranie odpowiedniej opcji: „tak” lub „nie”. Jeżeli w polu występowania urządzenia wewnętrznego zaznaczono „tak”, to w polu nazwy tego



Rys. 7. Okno dialogowe „Elementy wewnętrzne”

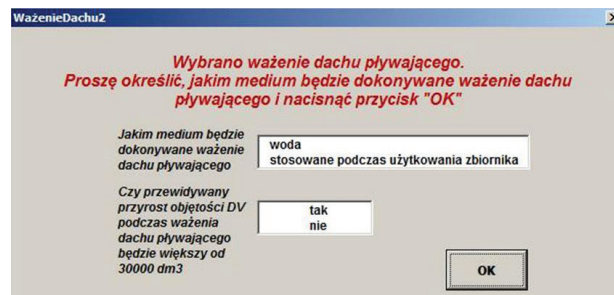
urządzenia należy wpisać jego nazwę, a jeżeli w polu występowania urządzenia wewnętrznego zaznaczono „nie”, to w polu nazwy tego urządzenia należy wpisać „0”, po czym należy nacisnąć przycisk „OK”, co umożliwi przejście do następnego okna dialogowego.

Jeżeli w oknie dialogowym „Konstrukcja” została wybrana opcja „stały”, pojawi się okno dialogowe „Potwierdzenie” (patrz rysunek 10). Jeżeli w oknie dialogowym „Konstrukcja” została wybrana opcja „pływający” lub „stały i wewnętrzny pływający”, pojawi się okno dialogowe „Ważenie dachu” przedstawione na rys. 8.



Rys. 8. Okno dialogowe „Ważenie dachu”

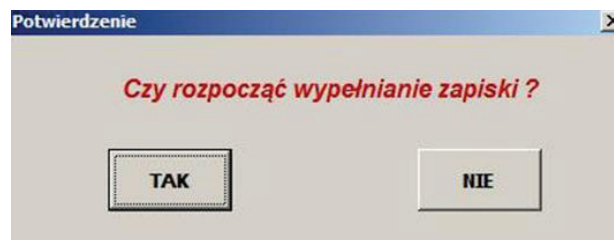
Dane w podoknach należy określić wybierając jedną z opcji znajdujących się na listach rozwijalnych. Po wypełnieniu wszystkich podokien należy kliknąć przycisk „OK”, co umożliwi przejście do następnego okna dialogowego. Jeżeli w poprzednim oknie dialogowym „Ważenie dachu” w podoknie „Czy będzie dokonywane ważenie dachu pływającego” została



Rys. 9. Okno dialogowe „Ważenie dachu2”

wybrana opcja „tak”, pojawi się okno dialogowe „Ważenie dachu2”, przedstawione na rys. 9.

Dane w podoknach należy określić wybierając jedną z opcji znajdujących się na ich listach rozwijalnych. Po wypełnieniu podokien należy nacisnąć przycisk „OK”, co umożliwi przejście do następnego okna dialogowego „Potwierdzenie”.

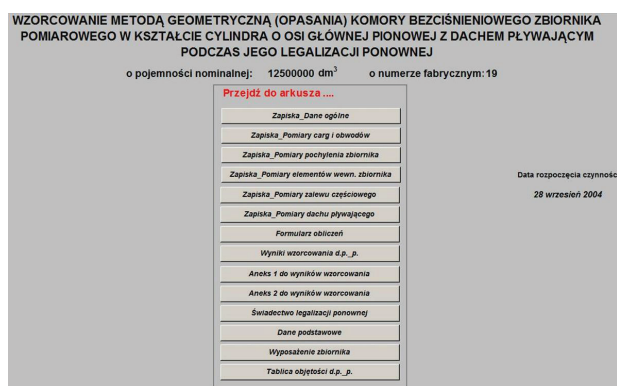


Rys. 10. Okno dialogowe „Potwierdzenie”

Naciśnięcie przycisku „TAK” spowoduje automatyczną konfigurację aplikacji do określonych wcześniej warunków oraz uruchomi przejście do okna dialogowego „Zapisywanie jako”. Okno dialogowe „Zapisywanie jako” umożliwi nadanie nazwy arkuszowi Excela i zapisanie w odpowiednim miejscu na dysku twardym komputera. Aby plik był widoczny w bazie danych, wymagane jest zapisanie go w następującej ścieżce dostępu: C:\Zbiorniki\_Metoda geometryczna \[nazwa pliku].xls oraz utworzenie hiperłącza, w którym nazwa pliku powinna być kolejnym numerem identyfikacyjnym ID zbiornika.

Po kliknięciu przycisku „Zapisz”, plik zostanie zapisany w lokalizacji bazy danych. Po ponownym otwarciu tego pliku wyświetlony zostanie arkusz pt. „Panel sterowania programem”, za pomocą którego można poruszać się między poszczególnymi zapiskami, arkuszami informacyjnymi i arkuszami zawierającymi edytowane dokumenty. Przykład „Panelu sterowania programem” przedstawia rys. 11.

Panel sterowania programem posiada szereg przycisków. Po naciśnięciu któregoś z nich następuje



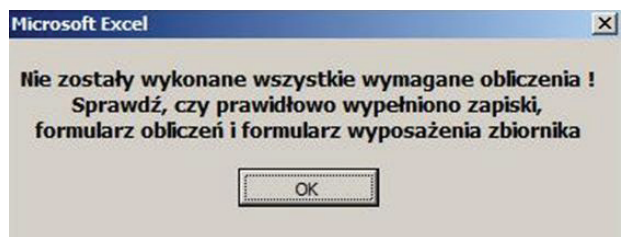
Rys. 11. Przykład „Panelu sterowania programem”

przejsię do odpowiedniego arkusza. Powrót z wyświetlonego arkusza do panelu sterowania odbywa się po naciśnięciu w tym arkuszu przycisku opisanego „Panel sterowania programem”. Oczywiście „Panel sterowania programem” każdego z plików zawiera tylko te odwołania do arkuszy, które w procesie konfiguracji zostały utworzone. Pełna lista tych arkuszy jest następująca:

- „Dane podstawowe” (arkusz zawierający podstawowe dane o zbiorniku pobrane z okien konfiguracyjnych aplikacji);
- „Wyposażenie zbiornika” (arkusz zawierający dane dotyczące świadectwa legalizacji i wyposażenia pomiarowego oraz miejsca i ilości nałożonych cech zabezpieczających);
- „Zapiska\_Dane ogólne” (arkusz zawierający podstawowe dane o zbiorniku pobrane z arkusza „Dane podstawowe”, wyniki pomiarów podstawowych parametrów komory zbiornika oraz dane o zastosowanych przyrządach pomiarowych wraz z wynikami ich wzorcowania);
- „Zapiska\_Pomiary carg i obwodów” (arkusz zawierający wyniki pomiarów włazów, carg i obwodów zewnętrznych zbiornika);
- „Zapiska\_Pomiary pochylenia zbiornika” (arkusz zawierający wyniki pomiarów pochylenia zbiornika);
- „Zapiska\_Pomiary elementów wewn. zbiornika” (arkusz zawierający wyniki pomiarów urządzeń wewnętrznych zbiornika);
- „Zapiska\_Pomiary zalewu częściowego” (arkusz zawierający wyniki pomiarów dotyczących zalewu częściowego);
- „Zapiska\_Pomiary dachu pływającego” (arkusz zawierający wyniki pomiarów dachu pływającego);

- „Zapiska\_Ważenie dachu pływającego” (arkusz zawierający wyniki pomiarów oraz dane dotyczące wyznaczania wyporności dachu pływającego);
- „Formularz obliczeń” (arkusz zawierający końcowe formuły obliczeń oraz rozmieszczenie urządzeń wewnętrznych zbiornika w poszczególnych przedziałach interpolacyjnych);
- „Wyniki wzorców. d.s.” (arkusz informacyjny zawierający wyniki wzorcowania zbiornika z dachem stałym, zgodnie z [2]);
- „Wyniki wzorców. d.p.\_p.” (arkusz informacyjny zawierający wyniki wzorcowania zbiornika z dachem pływającym wzorcowanym metodą pomiarów dachu pływającego, zgodnie z [2]);
- „Wyniki wzorców. d.p.\_w.” (arkusz informacyjny zawierający wyniki wzorcowania zbiornika z dachem pływającym wzorcowanym metodą wyznaczania wyporności dachu pływającego, zgodnie z [2]);
- „Aneks 1 do wyników wzorcowania” (arkusz informacyjny zawierający wyniki obliczeń dotyczące parcia cieczy na ściany zbiornika, zgodnie z [2]);
- „Aneks 2 do wyników wzorcowania” (arkusz informacyjny zawierający wyniki wzorcowania dotyczącego obwodów mierzonych wózkem pionującym, zgodnie z [2]);
- „Świadectwo legalizacji pierwotnej” (arkusz zawierający świadectwo legalizacji pierwotnej zbiornika);
- „Świadectwo legalizacji ponownej” (arkusz zawierający świadectwo legalizacji ponownej zbiornika);
- „Tablica objętości d.s.” (arkusz zawierający tablicę objętości zbiornika z dachem stałym);
- „Tablica objętości d.p.\_p.” (arkusz zawierający tablicę objętości zbiornika z dachem pływającym wzorcowanym metodą pomiarów dachu pływającego);
- „Tablica objętości d.p.\_w.” (arkusz zawierający tablicę objętości zbiornika z dachem pływającym wzorcowanym metodą wyznaczania wyporności dachu pływającego).

Przyciski, które opisują arkusze zawierające formuły końcowych obliczeń lub wyniki wzorcowania czy końcowe dokumenty, w przypadku kiedy nie zostały wypełnione wszystkie komórki w zapiskach, nie przeniosą użytkownika do danego arkusza. Wtedy zostanie wyświetlony przykładowy komunikat



Rys. 12. Przykładowy komunikat o nieprawidłowym wypełnieniu zapisek

przedstawiony na rys. 12. Aby uniknąć wyświetlenia powyższego komunikatu, w każdej z zapisek należy wypełnić wszystkie jasnożółte pola i po ich wypełnieniu zaznaczyć opcję „Tak” w polu opisanym „Czy wszystkie komórki zapiski zostały wypełnione”. Po zaznaczeniu tej opcji można zakończyć wprowadzanie danych i przejść do panelu sterowania, aby rozpocząć wprowadzanie danych w następnej zapisce. Zaznaczenie po opcji „Tak” opcji „Nie”, cofa konfigurację spowodowaną opcją „Tak”.

### Edycja wymaganych dokumentów

Edycja arkusza zawierającego świadectwo legalizacji pierwotnej lub legalizacji ponownej polega na ustawieniu obszaru wydruku poszczególnych stron, wyborze drukarki i wydrukowaniu.

Edycja arkusza zawierającego tablicę objętości polega na jego sformatowaniu, ustawieniu obszaru wydruku poszczególnych stron, wyborze drukarki i wydrukowaniu. Formatowania arkusza dokonuje się przez naciśnięcie w otwartym arkuszu tablicy objętości przycisku opisanego „Formatuj tablicę objętości”.

### Podsumowanie

Niewątpliwą zaletą przedstawionego powyżej oprogramowania jest prostota obsługi. Wymaga ona od użytkownika jedynie średniej znajomości programu Microsoft Excel® 2003 oraz instrukcji legalizacji bezciśnieniowych zbiorników pomiarowych w kształcie cylindra stojącego wzorcowanych metodą geometryczną (opasania).

Wykorzystanie programu Microsoft Excel® 2003, będącego na wyposażeniu Okręgowego Urzędu Miar w Łodzi jako podstawy do stworzenia aplikacji przez jego pracowników, nie spowodowało konieczności zakupu z innych źródeł takiego oprogramowania, co dało wymierne oszczędności. Ze względu na

archiwizowanie w bazie danych plików legalizowanych zbiorników, istnieje w każdej chwili możliwość wglądu do tych plików, porównań między nimi itp. Oprogramowanie to realizuje wszystkie wymagania dotyczące zbiorników pomiarowych w kształcie cylindra o osi głównej pionowej, spawanych na styk i posadowionych na stałe, zawarte w dokumentach od [1] do [9], zarówno w kwestii wykonywania pomiarów, jak i wykonywania obliczeń.

### Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 22 stycznia 2008 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać zbiorniki pomiarowe, oraz szczegółowego zakresu badań i sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych (tj. Dz. U. z 2014 r., poz. 1094).
- [2] Zarządzenie Prezesa Głównego Urzędu Miar nr 189 z dnia 22 grudnia 1995 r. w sprawie wprowadzenia instrukcji sprawdzania i wzorcowania zbiorników pomiarowych (Dz. U. Miar i Probiernictwa Nr 36, poz. 187).
- [3] Norma ISO 7507-1:2003. Petroleum and liquid petroleum products. Calibration of vertical cylindrical tanks. Part 1: Strapping method.
- [4] Norma API St. 2550 Ed. 1965, wydanie 1. Method for Measurement and Calibration of Upright Cylindrical Tanks.
- [5] Międzynarodowe zalecenie OIML R 120 „Standard capacity measures for testing measuring systems for liquids other than water”, Edition 2010 (E).
- [6] Międzynarodowe zalecenie OIML R 071 „Fixed storage tanks. General requirements”, Edition 1985 (E).
- [7] Międzynarodowe zalecenie OIML R 071 „Fixed storage tanks. General requirements”, Edition 2008 (E).
- [8] Dokument EA-4/02 „Wyrażenie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu”.
- [9] Fotowicz P., „Rozszerzona zasada przybliżenia rozkładu i współczynnika rozszerzenia wyniku pomiaru przy wzorcowaniu dla wielkości o dowolnej liczbie stopni swobody”, materiał GUM.



## Informacja o Seminariach GUM w 2015 roku

**dr Paweł Fotowicz** (Prowadzący Seminarium GUM)

W ubiegłym roku odbyły się cztery Seminarium GUM, których problematyka wpisywała się w zakres przyjętych priorytetów tematycznych:

- 1) nowe rozwiązania w odpowiedzi na redefinicję jednostek miar SI i powiązania ich ze stałymi fizycznymi,
- 2) nowe techniki pomiarowe związane z realizacją programu EMPIR,
- 3) nowe lub modernizowane państwowe wzorce pomiarowe,
- 4) nowe systemy lub techniki pomiarowe związane z potrzebami podmiotów krajowych.

Przedmiotem seminaryjnych prezentacji były następujące zagadnienia:

- **Wykorzystanie komparatora próżniowego do przekazywania jednostki masy od wzorca państwowego opartego na nowej definicji kilograma** – referat przedstawiony przez Pana dr. Rafała Ossowskiego z Laboratorium Masy Zakładu Mechaniki,
- **Badanie wpływu składu izotopowego na temperaturę punktu potrójnego wody** – referat przedstawiony przez Pana Marka Kozickiego z Laboratorium Temperatury Zakładu Fizykochemii,
- **Pomiary gęstości cieczy i ciał stałych na zmodernizowanym stanowisku państwowego wzorca jednostki miary gęstości** – referat przedstawiony przez Panią Elżbietę Lenard z Laboratorium Gęstości, Lepkości i Analizy Spektralnej Zakładu Fizykochemii,
- **Moment siły – nowa dziedzina pomiarowa w GUM** – referat przedstawiony przez Pana Mikołaja Woźniaka z Laboratorium Siły i Ciśnienia Zakładu Mechaniki.

Pierwszy temat dotyczył podstawowego zagadnienia w metrologii, jakim jest redefinicja jednostki miary masy i konsekwencje jej wdrożenia dla krajowej instytucji metrologicznej, którą jest Główny Urząd Miar.

Drugi temat to przykład realizacji grantu w ramach Europejskiego Programu Badawczego w Metrologii w dziedzinie pomiaru temperatur (projekt JRP SIB10 NOTED).

Trzecim zagadnieniem było przedstawienie stanowiska do realizacji państwowego wzorca jednostki miary gęstości z wykorzystaniem monokrystalicznych wzorców krzemowych.

Zaś ostatni omawiany na seminarium problem to rozwiązanie techniczne służące do realizacji momentu siły, będące nowym stanowiskiem pomiarowym w GUM.

### Krótką statystyką frekwencyjną Seminariów GUM w 2015 roku:

Data seminarium	liczba uczestników	
	GUM	spoza GUM
01.04.2015	59	14
10.06.2015	24	3
14.10.2015	48	18
09.12.2015	37	9
<b>Razem:</b>	<b>168</b>	<b>44</b>

Seminaria GUM mają charakter otwarty i odbywają się w sali 105 Głównego Urzędu Miar pomiędzy godziną 11:00 i 13:00. Harmonogram Seminariów dostępny jest na stronie internetowej GUM.

## Szkolenia w Głównym Urzędzie Miar

**Monika Oryga** (Wydział Kadr i Rozwoju Zawodowego, GUM)

W Głównym Urzędzie Miar przeprowadzane są szkolenia mające na celu popularyzację wiedzy z zakresu metrologii. Jako instytucja z wieloletnim doświadczeniem w organizowaniu i prowadzeniu szkoleń metrologicznych, dążymy do tego, aby klienci zawsze byli zadowoleni z naszych usług. Wszystkie kursy prowadzone są w systemie stacjonarnym przez wykształconą kadrę metrologiczną, która stara się efektywnie przekazywać wiedzę. Jej zakres obejmuje zagadnienia dotyczące innowacyjnych rozwiązań w pomiarach w wielu dziedzinach metrologii oraz tematykę metrologii prawnej. Wiedza i umiejętności naszych pracowników zostały wielokrotnie sprawdzone i potwierdzone przez uczestników szkoleń.

W 2015 r. zrealizowano **51 szkoleń metrologicznych**, w których wzięło udział **436 osób**.

Tematyka szkoleń metrologicznych obejmuje:

- omówienie obowiązujących aktów prawnych oraz wymagania metrologiczne, którym powinny odpowiadać przyrządy pomiarowe,
- budowę i zasadę działania danej grupy przyrządów pomiarowych,
- metody sprawdzania przyrządów pomiarowych,
- dokumentowanie i ocenę wyników pomiarów, szacowanie niepewności pomiarów,
- wykonywanie czynności związanych z legalizacją dla przyrządów, które podlegają temu obowiązkowi.

Wybrane tematy niektórych szkoleń metrologicznych realizowanych w Głównym Urzędzie Miar:

1. Wybrane zagadnienia metrologii ogólnej.
2. Praktyka obliczania niepewności pomiaru.
3. Wzorcowanie ciśnieniomierzy elektronicznych i sprężynowych.
4. Wzorcowanie termometrów szklanych cieczy.
5. Wzorcowanie czujników termometrów rezystancyjnych, czujników termoelektrycznych i termometrów elektrycznych.
6. Wzorcowanie siłomierzy.
7. Legalizacja tachografów samochodowych.

8. Wzorcowanie twardościomierzy.
9. Wzorcowanie elektronicznych mierników cyfrowych.
10. Wzorcowanie przekładników prądowych i napięciowych.
11. Wzorcowanie pehametrów i konduktometrów metodą elektryczną oraz z zastosowaniem certyfikowanych materiałów odniesienia. Wzorcowanie elektrod pehametrycznych i czujników konduktometrycznych.
12. Wzorcowanie sekundomierzy mechanicznych, elektrycznych i elektronicznych.
13. Wzorcowanie wag nieautomatycznych.
14. Wzorcowanie wzorców masy.
15. Wzorcowanie mierników drgań mechanicznych.
16. Wzorcowanie mierników poziomu dźwięku.
17. Wzorcowanie maszyn wytrzymałościowych.
18. Wzorcowanie analizatorów gazów.
19. Wzorcowanie przyrządów do pomiaru wilgotności.

Istnieje możliwość dopasowania tematyki szkolenia do potrzeb wynikających z działalności klienta. Dysponujemy własnymi salami szkoleniowymi przystosowanymi do prowadzenia wykładów oraz laboratoriami do przeprowadzania ćwiczeń.

Zapraszamy do odwiedzenia naszej strony internetowej [www.gum.gov.pl](http://www.gum.gov.pl) (zakładka szkolenia), gdzie znajdują się szczegółowe informacje dotyczące szkoleń wraz z zakresami tematycznymi i formularzem wstępnego zgłoszenia.

Kontakt

Monika Oryga  
Wydział Kadr i Rozwoju Zawodowego  
Szkolenia metrologiczne  
[m.oryga@gum.gov.pl](mailto:m.oryga@gum.gov.pl)  
tel. 22 581 94 14  
fax 22 581 95 50

# Ocena zgodności naczyń wyszynkowych

## Conformity assessment of capacity serving measures

**Tadeusz Lach** (Biuro Metrologii Prawnej, GUM)

**Aleksander Harasimowicz** (Zakład Fizykochemii, GUM)

W artykule poruszono zagadnienie oceny zgodności naczyń wyszynkowych. Przedstawiono procedury oceny zgodności i wymagania stawiane tym przyrządom pomiarowym, rodzaje naczyń wyszynkowych oraz sposoby przeprowadzenia badań w celu sprawdzenia ich pojemności.

The publication presents problems on the conformity assessment of capacity serving measures. There are presented conformity assessment procedures of these measuring instruments, kinds of capacity serving measures, requirements for them and ways of examination to test their capacity.

### Wprowadzenie

Zgodnie z art. 6 ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz. U. z 2014 r. poz. 1645, z późn. zm), dokonującej w zakresie swojej regulacji wdrożenia m.in. dyrektywy 2004/22/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 31 marca 2004 r. w sprawie przyrządów pomiarowych (Dz. Urz. UE L 135, z 30.04.2004; Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, rozdz. 13, t. 34, str. 149), wyroby, w tym określone rodzaje przyrządów pomiarowych, wprowadzane do obrotu lub oddawane do użytku, podlegają ocenie zgodności z zasadniczymi lub szczegółowymi wymaganiami określonymi w przepisach wydanych na podstawie tej ustawy albo określonymi w odrębnych ustawach.

Dokonanie oceny zgodności jest obowiązkowe przed wprowadzeniem wyrobów do obrotu lub oddaniem do użytku, tj. przed udostępnieniem ich przez producenta, jego upoważnionego przedstawiciela lub importera po raz pierwszy na terytorium państwa członkowskiego Unii Europejskiej lub państwa członkowskiego Europejskiego Porozumienia o Wolnym Handlu (EFTA), w celu używania bądź dystrybucji, lub przed pierwszym użyciem wyrobów na terytorium tych państw. Wydane na podstawie art. 9 ww. ustawy, rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla przyrządów pomiarowych (Dz. U. z 2007 r. Nr 3, poz. 27 oraz z 2010 r. Nr 163, poz. 1103), dokonujące w zakresie swojej regulacji wdrożenia dyrektywy

2004/22/WE, określa zasadnicze wymagania oraz procedury oceny zgodności dla podlegających ocenie zgodności, określonych w tej dyrektywie rodzajów przyrządów pomiarowych, jeżeli są wprowadzane do obrotu albo użytkowane w handlu, ochronie środowiska, ochronie zdrowia, na potrzeby bezpieczeństwa i porządku publicznego, w celu ochrony praw konsumenta lub zabezpieczenia interesu społecznego, a także przy pobieraniu podatków i ceł. Przepisy dyrektywy 2004/22/WE, stosuje się w szczególności do naczyń wyszynkowych. Jednakże należy zauważyć, że dyrektywa 2004/22/WE straci moc z dniem 20 kwietnia 2016 r. w związku z wejściem w życie w dniu 18 kwietnia 2014 r. dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/32/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku przyrządów pomiarowych (wydanie polskie Dz. Urzędowy UE L 96/149).

### Specyfikacja zharmonizowana dla naczyń wyszynkowych

Aby ułatwić zadanie zapewnienia zgodności z wymaganiami zasadniczymi i umożliwić ocenę zgodności, stosowane są normy zharmonizowane oraz dokumenty normatywne. Normy zharmonizowane są to specyfikacje techniczne przyjęte przez CEN, CENELEC lub ETSI na wniosek Komisji Europejskiej i przygotowane zgodnie z ogólnymi wytycznymi, uzgodnionymi pomiędzy Komisją

Europejską i europejskimi organizacjami normalizacyjnymi. Natomiast dokumenty normatywne to dokumenty zawierające specyfikacje techniczne przyjęte przez Międzynarodową Organizację Metrologii Prawnej OIML. Specyfikacje techniczne określone w dokumentach normatywnych uzgodnionych międzynarodowo mogą być zgodne częściowo lub w

całości z wymaganiami zasadniczymi określonymi w dyrektywie. Zastosowanie norm technicznych lub dokumentów normatywnych jest nieobowiązkowe. Zgodność z wymaganiami zasadniczymi może być również zapewniona przez specyfikacje niezawarte w europejskich normach technicznych lub w uzgodnionych dokumentach normatywnych. Państwa

Tabela nr 1. Treść załącznika obwieszczenia Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 23 grudnia 2010 r. w sprawie wykazu dokumentów normatywnych Międzynarodowej Organizacji Metrologii Prawnej (OIML) dotyczącego naczyń wyszynkowych.

**MI-008 ROZDZIAŁ II: Naczynia wyszynkowe**

w odniesieniu do:

– OIML R 138 2007 „Vessels for commercial transactions”

Zasadnicze wymogi w MID (załącznik I i załącznik M-008 II)	OIML R 138 (2007)	Uwaga
<b>Załącznik I</b>		
1.1	5.1	Objęte
1.2		Nie dotyczy
1.3		Nie dotyczy
1.3.1		Nie dotyczy
1.3.2 a)		Nie dotyczy
1.3.2 b)		Nie dotyczy
1.3.3 a)		Nie dotyczy
1.3.3 b)		Nie dotyczy
1.3.4		Nie dotyczy
1.4		
1.4.1		Nie dotyczy
1.4.2		Nie dotyczy
2		Nieobjęte
3		Nieobjęte
4	4.4	Objęte
5	4.2	Objęte
6		Nieobjęte
7		
7.1		Nieobjęte
7.2	4.2	Objęte
7.3		Nie dotyczy
7.4		Nie dotyczy
7.5	4.2	Objęte
7.6		Nie dotyczy
8		
8.1		Nie dotyczy
8.2		Nie dotyczy
8.3		Nie dotyczy
8.4		Nie dotyczy
8.5		Nie dotyczy
9		
9.1	5.2.4; 5.2.1; 5.2.5	Objęte, jeśli temperatura odniesienia wynosi 20 °C
9.2		Nie dotyczy
9.3		Nie dotyczy
9.4		Nie dotyczy
9.5		Nie dotyczy
9.6	5.2.1	Objęte
9.7	3	Objęte, jeśli jednostki są jednostkami w układzie SI

9.8	5.2.1	Objęte
10		
10.1		Nie dotyczy
10.2	5.2.1	Objęte
10.3		Nie dotyczy
10.4		Nie dotyczy
10.5		Nie dotyczy
11		
11.1		Nie dotyczy
11.2		Nie dotyczy
12		Objęte
<b>Załącznik MI-008 rozdział II</b>		
Definicje		
Naczynie wyszynkowe	2.2	Objęte
Naczynie z kresą	2.9	Objęte, jeśli kresa jest linią
Pojemnik krawędziowy	2.7	Objęte
Pojemnik przenoszony	2.2	Objęte
Pojemność	2.7; 2.5; 2.9; 4.6.1	Objęte
1		
1.1	5.2.5	Objęte, jeśli temperatura odniesienia wynosi 20 °C
1.2	4.5	Objęte
2	5.1.1; 4.1.1	Objęte
3	4.2	Objęte
4		
4.1	4.4	Objęte
4.2		Nieobjęte
5		
5.1	5.2.1	Objęte
5.2	5.2.2	Objęte, jeśli zaznaczone są maksymalnie 3 objętości
5.3	4.2; 5.2.2	Objęte

Uwagi:

- 1) kolumna „Uwaga” informuje o zgodności pomiędzy OIML R 138 a odpowiednim wymogiem w dyrektywie 2004/22/WE;
- 2) określenie „Objęte” oznacza, że:
  - wymóg OIML R 138 jest identyczny z wymogiem MID lub
  - wymóg OIML R 138 jest bardziej restrykcyjny niż wymóg MID, lub
  - całość wymogów OIML R 138 spełnia wymogi MID (nawet jeśli MID zezwala na inne możliwości),
  - w przypadku, gdy wymóg nie jest w pełni objęty, w polu „Uwaga” znajduje się adnotacja wyjaśniająca, która część wymogu jest objęta;
- 3) określenie „Nieobjęte” oznacza, że wymóg MID jest bądź to niezgodny z odpowiednim wymogiem OIML R 138, bądź nie został ujęty w OIML R 138;
- 4) określenie „Nie dotyczy” oznacza, że wymóg w załączniku I do MID nie dotyczy naczyń wyszynkowych.

Członkowskie publikują odniesienia do dokumentów normatywnych. Producent może wybrać dowolne rozwiązanie techniczne, które spełnia wymagania zasadnicze. Ponadto, aby skorzystać z domniemania zgodności, musi właściwie zastosować rozwiązania przywołane w odpowiednich zharmonizowanych normach europejskich lub odpowiednich częściach dokumentów normatywnych.

W załączniku do obwieszczenia Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 23 grudnia 2010 r. w sprawie wykazu dokumentów normatywnych Międzynarodowej Organizacji Metrologii Prawnej (OIML) (M. P. z 2011 r., Nr 1, poz. 7) ogłoszono, że dla naczyń wyszynkowych dokumentem normatywnym, uznanym przez Komisję Europejską w 2009 r. za specyfikację zharmonizowaną, jest zalecenie OIML R 138 2007 „Vessels for commercial transactions”. Załącznik zawiera postanowienia ww. zalecenia, których spełnienie pozwala na domniemanie zgodności naczynia wyszynkowego z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy 2004/22/WE (MID), wdrożonej ww. rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla przyrządów pomiarowych.

### Procedury oceny zgodności naczyń wyszynkowych

Zgodnie z postanowieniami ww. rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla przyrządów pomiarowych, producent lub jego upoważniony przedstawiciel, przed wprowadzeniem do obrotu naczynia wyszynkowego, powinien poddać ten przyrząd jednej procedurze oceny zgodności, wybranej z siedmiu następujących procedur określonych w załączniku nr 11 do ww. rozporządzenia:

- wewnętrznej kontroli produkcji z badaniem wyrobu przez jednostkę notyfikowaną – moduł A1,
- badaniu typu – moduł B – połączonemu z zapewnieniem jakości produkcji – moduł D,
- badaniu typu – moduł B – połączonemu z zapewnieniem jakości kontroli i badania wyrobu – moduł E,
- zapewnieniu jakości produkcji – moduł D1,
- zapewnieniu jakości wyrobu – moduł E1,
- weryfikacji wyrobu – moduł F1 albo
- pełnemu zapewnieniu jakości – moduł H.

Powyższe procedury oceny zgodności dokonywane są z udziałem jednostek notyfikowanych. Producent wybiera jednostkę notyfikowaną w celu przeprowadzenia właściwych sprawdzeń lub badań. Numer identyfikacyjny takiej jednostki zostaje umieszczony na egzemplarzu przyrządu pomiarowego, dla którego dokonano oceny zgodności (dotyczy modułów: A1, D, D1, E, E1, F1 albo H). W przypadku badania typu (moduł B) jednostka notyfikowana wydaje certyfikat badania typu WE. Dowodem przeprowadzenia oceny zgodności przyrządu pomiarowego jest wystawiona przez producenta lub jego upoważnionego przedstawiciela deklaracja zgodności. Jest ona wystawiana dla modelu przyrządu pomiarowego. Kopię deklaracji zgodności producent lub jego upoważniony przedstawiciel dołącza do przyrządu pomiarowego wprowadzanego do obrotu.

Jeżeli producent naczyń wyszynkowych zamierza poddać te przyrządy wybranej procedurze oceny zgodności z udziałem jednostek notyfikowanych – urzędów podległych organom administracji miar, to:

- Główny Urząd Miar – Jednostka Notyfikowana o numerze identyfikacyjnym 1440 wykonuje czynności oceny zgodności według modułu B,
- Okręgowy Urząd Miar w Krakowie – Jednostka Notyfikowana o numerze identyfikacyjnym 1444 wykonuje czynności oceny zgodności według modułu A1 oraz modułu F1,
- Okręgowy Urząd Miar w Łodzi – Jednostka Notyfikowana o numerze identyfikacyjnym 1446 wykonuje czynności oceny zgodności według modułu D oraz modułu F1.

Procedura oceny zgodności naczyń wyszynkowych według modułu B prowadzona jest przez Główny Urząd Miar – Jednostkę Notyfikowaną 1440 na wniosek producenta w ramach zawartej umowy pomiędzy GUM – Jednostką Notyfikowaną 1440 a zleceniodawcą. Do wniosku o ocenę zgodności naczyń wyszynkowych powinna być dołączona dokumentacja techniczna naczynia wyszynkowego oraz naczynia wyszynkowe, reprezentujące zgłoszony do oceny zgodności typ. Producent naczynia wyszynkowego może wystąpić tylko do jednej jednostki notyfikowanej na terenie dowolnego kraju Unii Europejskiej o przeprowadzenie oceny zgodności naczynia wyszynkowego.

## Czy naczynia wyszynkowe podlegają legalizacji

Zgodnie z art. 8 ust. 2a ustawy z dnia 11 maja 2001 r. – Prawo o miarach (Dz. U. z 2013 r. Nr 1069 oraz z 2016 r. Nr 978), przyrządy pomiarowe wprowadzone do obrotu lub użytkowania po dokonaniu oceny zgodności z zasadniczymi wymaganiami na podstawie ww. ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności, które stosowane są w dziedzinach, podanych w art. 8 ust. 1 ww. ustawy z dnia 11 maja 2001 r. – Prawo o miarach i zostały określone w przepisach wydanych na podstawie art. 8 ust. 6 tej ustawy, podlegają w użytkowaniu prawnej kontroli metrologicznej, obejmującej wyłącznie legalizację ponowną. Naczynia wyszynkowe nie są określone w aktualnie obowiązującym rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 27 grudnia 2007 r. w sprawie rodzajów przyrządów pomiarowych podlegających prawnej kontroli metrologicznej oraz zakresu tej kontroli (Dz. U. z 2014 r. poz. 1066), wydanym na podstawie art. 8 ust. 6 ww. ustawy z dnia 11 maja 2001 r. – Prawo o miarach, jako podlegające legalizacji ponownej. **Zatem aktualnie, naczynia wyszynkowe wprowadzone do obrotu lub użytkowania po dokonaniu oceny zgodności mogą być użytkowane w Polsce bez dowodu legalizacji ponownej.**

### Rodzaje naczyń wyszynkowych

**Przez naczynie wyszynkowe rozumie się pojemnik pomiarowy (szklanka, dzbanek, kieliszek) przeznaczony do określania objętości cieczy sprzedawanej do natychmiastowej konsumpcji, z wyłączeniem produktów leczniczych.**

Pod względem realizacji funkcji pomiarowych naczynia wyszynkowe dzielimy na:



Na zdjęciu widoczne przykładowe wzory naczyń wyszynkowych

- naczynie z kresą – naczynie wyszynkowe z nanie-sioną kresą, oznaczającą pojemność nominalną,
- pojemnik krawędziowy – naczynie wyszynkowe, którego objętość wewnętrzna jest równa pojemności nominalnej,
- pojemnik przenoszony – naczynie wyszynkowe, z którego ciecz przelewana jest do innych naczyń bezpośrednio przed konsumpcją.

### Wymagania zasadnicze dla naczyń wyszynkowych

Zgodnie z wymaganiami zasadniczymi dyrektywy 2004/22/WE, naczynie wyszynkowe jako przyrząd pomiarowy, powinno zapewnić wysoki poziom ochrony metrologicznej. Wymaganie to jest podyktowane tym, żeby każda ze stron miała zaufanie do wyników pomiaru przyrządu pomiarowego. Naczynie wyszynkowe powinno być zaprojektowane i wyprodukowane z zapewnieniem wysokiego poziomu jakości, przy uwzględnieniu techniki pomiarowej. Naczynia wyszynkowe powinny spełniać wymagania określone w **Załączniku I Wymagania zasadnicze dyrektywy** oraz wymagania szczególne określone w **Załączniku Miary Materialne (MI-008) Rozdział II Naczynia wyszynkowe.**

W trakcie oceny zgodności naczyń powinny zostać sprawdzone „Wymagania zasadnicze” dotyczące odtwarzalności, powtarzalności, pobudliwości i czułości, trwałości, niezawodności, przydatności, oznaczeń i informacji umieszczonych na naczyniu wyszynkowym, w tym kres oznaczających ich pojemność, stosowanych jednostek miar i ich symboli.

Rozwiązania przyjęte w celu osiągnięcia spełnienia wymagań przez naczynia, powinny uwzględniać zamierzone zastosowanie tego typu przyrządu i dające się przewidzieć niewłaściwe jego użycie. Dla naczyń wyszynkowych przewidziane są wymagania szczególne w zakresie spełnienia przez nie wymagań dotyczących warunków odniesienia, błędów granicznych dopuszczalnych (MPE), materiału, z którego mogą być wykonywane, kształtu i oznakowania. Dla naczyń wyszynkowych temperatura odniesienia pomiaru pojemności jest równa 20 °C. Pozycja poprawnego wskazania to naczynie swobodnie stojące na poziomej powierzchni. Naczynia wyszynkowe powinny być wykonane z materiału wystarczająco sztywnego i stabilnego wymiarowo w celu zapewnienia pojemności w zakresie błędu granicznego dopuszczalnego.

Pojemniki przenoszone powinny być wykonane w sposób zapewniający zmianę poziomu cieczy o co najmniej 2 mm od krawędzi lub od znaku napełnienia przy zmianie zawartości równej maksymalnemu błędowi dopuszczalnemu. Jednocześnie pojemniki przenoszone powinny być wykonane w taki sposób, aby nie występowało żadne utrudnienie podczas wylewania mierzonej cieczy. Na pojemniku powinna być oznaczona w sposób wyraźny i trwały deklarowana pojemność nominalna. Na naczyniach wyszynkowych mogą być również naniesione oznaczenia wyraźnie widoczne maksymalnie trzech objętości, z tym, że żadne z tych oznaczeń nie może zasłaniać innego oznaczenia.

Wszystkie znaki napełnienia powinny być wystarczająco wyraźne i trwałe w celu zapewnienia, żeby błędy graniczne dopuszczalne w użytkowaniu nie były przekroczone.

### Błędy graniczne dopuszczalne (MPE) naczyń wyszynkowych

Tabela nr 2. Błędy graniczne dopuszczalne (MPE) naczyń wyszynkowych

	Kresa	Krawędź
Pojemniki przenoszone		
< 100 ml	± 2 ml	- 0 + 4 ml
≥ 100 ml	± 3 %	- 0 + 6 %
Naczynia wyszynkowe		
< 200 ml	± 5 %	- 0 + 10 %
≥ 200 ml	± (5 ml + 2,5 %)	- 0 + 10 ml + 5 %

Na naczyniu wyszynkowym, co do którego stwierdzono zgodność z zasadniczymi wymaganiami, na podstawie jednej z procedur oceny zgodności, umieszcza się nazwę lub znak producenta i znak CE, a zaraz za nim dodatkowe oznakowanie metrologiczne oraz, jeżeli wynika to z procedury oceny zgodności, numer jednostki notyfikowanej. Dodatkowe oznakowanie metrologiczne składa się z dużej litery M i dwóch ostatnich cyfr roku (w którym zostało umieszczone na przyrządzie pomiarowym), otoczonych prostokątem, którego wysokość powinna być równa wysokości oznakowania CE.

Należy zauważyć, że jeżeli do naczyń wyszynkowych mają zastosowanie odrębne przepisy, które przewidują umieszczenie oznakowania CE, to może być ono umieszczone pod warunkiem, że przyrządy pomiarowe spełniają również wymagania określone w tych przepisach. Oznakowanie CE oraz dodatkowe oznakowanie metrologiczne powinny być umieszczone na przyrządzie pomiarowym przez producenta lub na jego odpowiedzialność.

### Badanie naczyń wyszynkowych

Badanie naczyń wyszynkowych przeprowadzane jest w Głównym Urzędzie Miar na terenie Laboratorium Gęstości, Lepkości i Analizy Spektralnej Zakładu Fizykochemii. Jednym z najważniejszych badań jest pomiar pojemności naczyń wyszynkowych. Badanie to przeprowadzane jest metodą gravimetryczną (wagową) i polega na wyznaczeniu błędu sprawdzanej pojemności, lub określeniu pojemności poprawnej naczynia wyszynkowego. Kompletnie badania naczyń wyszynkowych obejmują czynności zgodne z ramowym programem badań, przygotowanym przez Jednostkę Notyfikowaną 1440.

### Wyposażenie pomiarowe niezbędne do badań naczyń wyszynkowych

Do badania naczyń wyszynkowych stosujemy:

- przyrządy pomiarowe:
  - wagę nieautomatyczną elektroniczną, o działce elementarnej  $d = 0,1$  mg,
  - wagę nieautomatyczną elektroniczną, o działce elementarnej  $d = 0,01$  g,
  - odważniki klasy  $F_2$ ,
  - barometr,
  - termometr,
  - termohigrometr,
- urządzenia pomocnicze, takie jak poziomnica, suwmiarka, piaskarka, butle szklane, szklane naczynia wagowe, suszarka elektryczna, nawilżacz powietrza, destylarka, płytki szklane okrągłe z jedną stroną matową, pręt metalowy o średnicy od 3 mm do 5 mm oraz pisak do szkła.

Jako medium, podczas pomiarów pojemności naczyń wyszynkowych, stosuje się wodę destylowaną klasy czystości 3, zgodnie z normą PN-EN ISO 3696:1999/Apl:2004.

### Warunki środowiskowe

Badanie przyrządów powinno odbywać się w następujących warunkach:

- temperatura otoczenia:  $(18,0 \div 23,0) \text{ } ^\circ\text{C}$ ,
- wilgotność względna:  $(25 \div 85) \%$ ,
- ciśnienie atmosferyczne:  $(860 \div 1060) \text{ hPa}$ .

### Opis postępowania

Do badań naczyń wyszynkowych proponuje się, aby były dostarczone po trzy sztuki egzemplarzy naczyń wyszynkowych reprezentujących badany typ przyrządu o określonej pojemności.

Do czynności przygotowawczych należą:

- przemyć przyrządu pomiarowego odpowiednim detergentem,
- spłukanie kilkakrotnie wodą destylowaną (woda powinna spływać równomierną warstwą po ściankach przyrządu, nie tworząc kropli),
- wysuszenie dokładnie wnętrza przyrządu,
- sprawdzenie, z jakiego materiału wykonany jest badany przyrząd pomiarowy (przy badaniu uwzględnia się dane katalogowe producenta),
- wykonanie kalibracji wagi przed rozpoczęciem pomiarów.

### Wykonanie pomiarów

#### Pojemniki przenoszone oraz naczynia wyszynkowe z kreską

W celu sprawdzenia pojemności tych przyrządów, należy:

- postawić na wadze przygotowane uprzednio naczynie nie napełnione wodą destylowaną, następnie należy wykonać tarowanie wagi,
- napełnić wodą destylowaną wzorcowane naczynie do kreski oznaczającej sprawdzaną pojemność. Menisk powinien być tak ustawiony, aby płaszczyzna przechodząca przez górną krawędź kreski była styczna w najniższym punkcie menisku,
- ustawić na wadze wzorcowane naczynie napełnione wodą destylowaną,
- odczytać i zapisać wynik ważenia,
- odczytać i zapisać: temperaturę wody, otoczenia, ciśnienie atmosferyczne oraz wilgotność względną.

### Naczynia krawędziowe

W celu sprawdzenia pojemności tych przyrządów, należy:

- nakryć uprzednio przygotowane naczynie szklaną płytką i ustawić na szalce wagi,
- wykonać tarowanie wagi,
- naczynie ustawić na stole laboratoryjnym i napełnić wodą destylowaną do wysokości około 10 mm poniżej górnej krawędzi,
- odczytać i zapisać: temperaturę powietrza, wody destylowanej, którą napełnione jest naczynie oraz ciśnienie atmosferyczne i wilgotność względną,
- usunąć za pomocą metalowego pręta pęcherzyki powietrza przylegające do ścianek naczynia,
- uzupełnić naczynie wodą destylowaną tak, aby po przykryciu szklaną płytką nie wystąpiły pod nim pęcherzyki powietrza, przy czym powierzchnia matowa płyty powinna przylegać do krawędzi naczynia,
- dokładnie osuszyć naczynie,
- ustawić na szalce wagi napełnione naczynie nakryte szklaną płytką,
- odczytać i zapisać wynik ważenia,
- odczytać i zapisać: temperaturę wody, otoczenia, ciśnienie atmosferyczne oraz wilgotność względną.

Wyniki badania pojemności naczyń dokumentowane są w stosownym arkuszu kalkulacyjnym, a pozostałe wyniki badań w ramowym programie badań.

#### Obliczenie pojemności przyrządu

Pojemność przyrządu  $V_{\text{popr.}}$  w temperaturze odniesienia  $t_0$  wyznacza się jako średnią arytmetyczną wyników trzech pomiarów, obliczonych zgodnie ze wzorem (1):

$$V_{\text{popr.}} = (m_f - m_e) \cdot \frac{1}{\rho_w - \rho_a} \cdot \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_m}\right) \cdot [1 - \gamma \cdot (t - t_0)] \quad (1)$$

gdzie:

$V_{\text{popr.}}$  – badana pojemność naczynia w temperaturze odniesienia  $t_0$ ,

$m_f$  – wynik ważenia przyrządu napełnionego wodą,

$m_e$  – wynik ważenia pustego przyrządu,

$\rho_w$  – gęstość wody w temperaturze pomiaru  $t$ ,

$\rho_a$  – gęstość powietrza w temperaturze pomiaru  $t$ ,

$\rho_m$  – gęstość odważników (dla wag elektronicznych przyjęta umownie jako  $8,0 \text{ g/cm}^3$ ),



- $\gamma$  – współczynnik cieplnej rozszerzalności objętościowej materiału, z jakiego wykonany jest przyrząd,  
 $t$  – temperatura, w jakiej dokonano pomiaru,  
 $t_0$  – temperatura odniesienia 20 °C.

Wartość poprawki badanej pojemności  $e$  oblicza się zgodnie ze wzorem (2):

$$e = V_{20} - V_{\text{popr.}} \quad (2)$$

gdzie:

$V_{20}$  – wartość nominalna badanej pojemności naczynia w temperaturze odniesienia 20 °C.

Gęstość wody określa się na podstawie zastosowanych metod oczyszczania i zależności podanych w literaturze [1, 2, 3]. W poniższych obliczeniach zastosowano zależność podaną przez Bettina i Spieweckę (modyfikacja wielomianu Kella) [2, 3]. Gęstość powietrza oblicza się zgodnie z równaniem opracowanym przez CIPM 2007 [4, 5], na podstawie wskazań przyrządów stosowanych do pomiaru warunków środowiskowych barometru i termohigrometru. Przyjmuje się, że gęstość powietrza odpowiada gęstości powietrza wypartego z wnętrza przyrządu przez zastosowaną do wzorcowania wodę i jest stała w czasie ważenia, nie powodując zmiany wyporu działającego na przyrząd albo naczynko wagowe.

## Publikacja dotycząca naczyń wyszynkowych

Organizacja WELMEC (*European Cooperation in Legal Metrology* – Europejska Współpraca w dziedzinie Metrologii Prawnej) w 2010 r. wydała przewodnik Measuring Instruments Directive (2004/22/EC): Common Application – Capacity Serving Measures (CSM), WELMEC 8.9, issue 1, dotyczący oceny zgodności naczyń wyszynkowych.

## Literatura

- [1] ISO 3696:1987 Water for analytical laboratory use. Specification and test methods i PN-EN ISO 3696:1999/ Ap1.
- [2] Bettin H., Spieweck F., *Die Dichte des Wassers als Funktion der Temperatur nach Einführung der Internationalen Temperaturskala von 1990*.
- [3] Batista E., Paton R., *The selection of water property formula for volume and flow calibration*, Metrologia, 2007, 44, 453-463.
- [4] Equation for the Determination of the Density of Moist Air (1981/91), Metrologia 29 (1992), s. 67-90.
- [5] Picard A., Davis R.S., Gläser M. and Fujii K., *Revised formula for the density of moist air (CIPM-2007)*, Metrologia Volume 45, Number 2, April 2008.

# Prawna kontrola metrologiczna przeliczników do gazomierzy

## The legal metrological control of gas-volume flowcomputers

mgr inż. Robert Pogorzelski, Krzysztof Baczewski, inż. Marek E. Dębowski

(Obwodowy Urząd Miar w Białymstoku)

W artykule poruszono zagadnienie prawnej kontroli metrologicznej przeliczników do gazomierzy. Przedstawiono zmiany, które wniosła ze sobą dyrektywa MID w zakresie wprowadzenia do obrotu tych przyrządów pomiarowych. Opisano zasadę działania oraz rodzaje przeliczników. Dodatkowo podano wymagania, jakie stawiane są przelicznikom podczas procesu legalizacji pierwotnej i opisano sam proces legalizacji.

The paper presents the issue of legal metrological control of gas-volume flowcomputers. It shows changes, which MID directive introduced in the field of marketing flowcomputers. Article describes how the flowcomputer works and shows various kinds of flowcomputers. In addition, presents the requirements to be met by flowcomputers and describes the process of initial verification.

### Wstęp

Podstawowym paliwem przesyłanym i rozprowadzonym za pośrednictwem krajowego systemu gazowniczego jest gaz ziemny. W związku z ogromną liczbą przesyłanego gazu, konieczne jest zapewnienie dokładności pomiarów na każdym etapie dystrybucji. W skład układu pomiarowego objętości przesyłanego gazu wchodzi gazomierz oraz przelicznik objętości gazu. Oba urządzenia są jednakowo istotne w procesie obliczania objętości i powinny być nadzorowane przez niezależne jednostki, tj. terenowe urzędy miar.

Miarą objętości przepływającego gazu jest liczba metrów sześciennych, jaką zająłby mierzony gaz w warunkach bazowych, tzn. w temperaturze 273,15 K i przy ciśnieniu 101,325 kPa. Zwykle pomiar odbywa się w innych warunkach, zachodzi więc konieczność przeliczenia objętości na warunki bazowe, gdyż tylko objętość w warunkach bazowych stanowić może podstawę do rozliczeń między kontrahentami oraz do bilansowania przepływów w systemie. Urządzenie, które dokonuje automatycznego przeliczenia wartości, z warunków pomiaru na warunki bazowe, nazywa się przelicznikiem objętości gazu.

Aktualnie, przeliczniki na terenie państw członkowskich Unii Europejskiej podlegają dyrektywie 2004/22/WE (potocznie zwanej MID – *Measuring*

*Instruments Directive*) z dnia 31 marca 2004 r. w sprawie przyrządów pomiarowych. Art. 24 pkt. 1 dyrektywy MID stanowi, iż od dnia 30 października 2006 r. państwa członkowskie UE powinny zacząć stosować w praktyce jej wymagania. Od wejścia w życie unijnej dyrektywy zatwierdzeń typu już się nie wydaje, a nowe konstrukcje przyrządów pomiarowych, zgłaszane do obrotu od 30 października 2006 r. poddawane są ocenie zgodności. Jednak zgodnie z art. 10 Ustawy z dnia 15 grudnia 2006 r. o zmianie ustawy o systemie oceny zgodności oraz o zmianie niektórych innych ustaw, przyrządy pomiarowe podlegające ocenie zgodności od dnia 7 stycznia 2007 r. i posiadające ważne decyzje zatwierdzenia typu mogą być wprowadzane do obrotu lub użytkowania aż do terminu upływu ich ważności [1]. W związku ze zbliżającym się końcem 10-letniego okresu przejściowego, chcielibyśmy Państwu przedstawić zagadnienie prawnej kontroli metrologicznej przeliczników do gazomierzy.

### Przeliczniki do gazomierzy

Przelicznik jest urządzeniem pomiarowym służącym do pomiarów i rejestracji przepływu objętości gazu. Przeliczanie odbywa się na bieżąco, tzn. w każdej chwili znane są wartości, zarówno w warunkach

pomiaru, jak i w warunkach bazowych. Podstawową częścią korektora jest kalkulator oparty na systemie mikroprocesorowym. Dokonuje on wszystkich operacji matematycznych, a poza tym rejestruje historię procesu w postaci próbek czasowych, ilość mierzonego gazu w jednostkach czasu, oblicza wartości szczytowe, sprawdza zgodność parametrów wejściowych itp. Przelicznik odpowiednio do rodzaju sygnałów wejściowych dobiera algorytmy obliczeniowe. Na podstawie wprowadzonego składu gazu oraz zmierzonego ciśnienia i temperatury przelicznik wyznacza potrzebną do dalszych obliczeń gęstość gazu. Niezbędny do tego współczynnik ściśliwości może zostać wyznaczony w oparciu o metody SGERG-88, AGA-NX, Beattie-Bridgema lub innych równoważnych.

W zależności od konstrukcji rozróżniamy dwa typy przeliczników:

- ▶ typ 1 – z wbudowanymi przetwornikami ciśnienia i temperatury gazu; ten typ jest najczęściej stosowany w urządzeniach zasilanych bateryjnie,
- ▶ typ 2 – z zewnętrznymi przetwornikami ciśnienia i temperatury gazu; ze względu na najczęściej stosowaną komunikację przetworników z korektorem za pomocą sygnału prądowego (4–20) mA, są to z reguły urządzenia zasilane sieciowo [2].

W zależności od warunków, w jakich dokonuje się pomiaru i od tego, jakie parametry są mierzone, rozróżniamy trzy typy korekcji: VPT, VTPZ, VGNG. Operacje przelicznika wykonywane są na danych pomiarowych. Musi on zatem dokonywać pomiaru tych wielkości, czyli przetwarzać sygnały prądowe odpowiadające mierzonej wielkości. Podstawową operacją jest przetwarzanie analogowo-cyfrowe, umożliwiające dalsze operacje wykonywane cyfrowo [2].



Rys. 1. Przelicznik sieciowy MacMAT II A MID firmy Plum

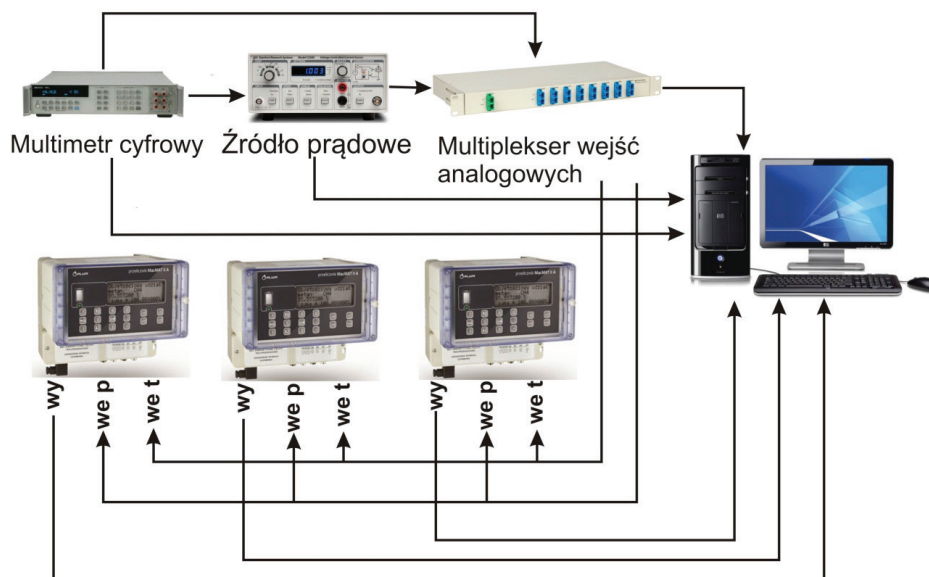
## Prawna kontrola metrologiczna

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 28 grudnia 2007 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać gazomierze i przeliczniki do gazomierzy, przez przelicznik rozumie się przyrząd pomiarowy służący do przeliczania objętości gazu w warunkach pomiarowych na objętość gazu w warunkach bazowych [4]. Norma [3], zharmonizowana z dyrektywą MID, definiuje przelicznik objętości gazu nieco dokładniej, jako urządzenie obliczające, sumujące i wskazujące przyrosty objętości zmierzonej przez gazomierz, jak gdyby pracował w warunkach bazowych, z użyciem, jako wejścia, objętości zmierzonej przez gazomierz w warunkach pomiaru oraz innych parametrów, takich jak temperatura i ciśnienie gazu.

Dyrektywa MID zastąpiła dotychczasowy system prawnej kontroli metrologicznej w zakresie zatwierdzenia typu i legalizacji pierwotnej systemem oceny zgodności. W odniesieniu do przeliczników rozporządzenie [5] przewiduje przeprowadzenie oceny zgodności z zastosowaniem następujących procedur:

- ▶ badanie typu (moduł B) połączone z zapewnieniem jakości produkcji (moduł D) albo
- ▶ badanie typu (moduł B) połączone z weryfikacją wyrobu (moduł F) albo
- ▶ pełne zapewnienie jakości z badaniem projektu (moduł H1).

Przy ocenie zgodności, na podstawie powyższych procedur konieczny jest udział strony trzeciej, tj. jednostki notyfikowanej. Jednostka notyfikowana to instytucja niezależna zarówno od producenta, jak i odbiorcy (konsumenta, użytkownika), działająca w sposób obiektywny, spełniająca określone w dyrektywach wymagania. W ramach Jednostki Notyfikowanej Nr 1448, Obwodowy Urząd Miar w Białymstoku, zgodnie z wymaganiami dyrektywy MID, wykonuje, w odniesieniu do przeliczników do gazomierzy, weryfikację wyrobu. Notyfikacja upoważnia Okręgowy Urząd Miar w Warszawie do prowadzenia procedur oceny zgodności według wyżej wymienionej dyrektywy. Przeliczniki do gazomierzy mogą również podlegać odrębnym przepisom, które przewidują umieszczenie oznakowania CE, pod warunkiem, że urządzenie spełnia wymagania określone w tych przepisach (§ 4 rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla przyrządów pomiarowych).



Rys. 2. Schemat połączeń do sprawdzania dokładności wejść pomiarowych przeliczników typu II

Przeliczniki do gazomierzy, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 27 grudnia 2007 r. w sprawie rodzajów przyrządów pomiarowych podlegających prawnej kontroli metrologicznej oraz zakresu tej kontroli, podlegają prawnej kontroli metrologicznej wyłącznie w zakresie legalizacji pierwotnej. Dowodem legalizacji przeliczników do gazomierzy jest cecha legalizacji.

#### Przebieg legalizacji

Dzięki ścisłej współpracy Obwodowego Urzędu Miar w Białymstoku z podlaskimi firmami, w 2004 r. w jednej z nich został otwarty punkt legalizacyjny przeliczników do gazomierzy. W laboratorium do sprawdzania przeliczników wykorzystuje się metodę porównawczą. Objętość zmierzona przez przelicznik jest porównywana z wartością poprawną objętości obliczoną przy użyciu specjalistycznego oprogramowania.

Przed przystąpieniem do pomiarów weryfikuje się, czy wymagane oznaczenia znajdują się na tabliczce znamionowej oraz czy na wyświetlaczu znajdują się wszystkie niezbędne informacje (tj. objętość gazu w warunkach bazowych oraz w warunkach pomiaru, strumień objętości gazu w warunkach bazowych oraz pomiaru, współczynnik konwersji, względny współczynnik ściśliwości itp.). Sprawdzenie właściwości metrologicznych przeliczników typu I oraz II składa się z dwóch części: sprawdzenia dokładności wejść pomiarowych oraz sprawdzenia poprawności obliczania objętości gazu w warunkach bazowych.

Pierwiastek z sumy kwadratów błędów wejść pomiarowych i błędu kalkulatora daje błąd wskazania przelicznika [4].

#### A. Sprawdzenie dokładności wejść pomiarowych

Układ pomiarowy do sprawdzenia dokładności wejść pomiarowych pokazany jest na rys. 2. W skład stanowiska wchodzi multimetr cyfrowy (wzorzec napięcia i prądu), źródło prądu do zadawania prądu, multiplexer do rozdzielania sygnałów prądowych, komputer oraz sprawdzane przeliczniki. W przelicznikach typu I ciśnienie zadawane jest fizycznie z kalibratora ciśnienia.

Sprawdzenie dokładności wejść pomiarowych temperatury dokonuje się w co najmniej pięciu punktach równomiernie rozłożonych w całym zakresie pomiarowym, od wartości minimalnej temperatury  $T_{\min}$  do wartości maksymalnej temperatury  $T_{\max}$ . Pomiary wykonuje się dla wartości narastających i malejących. Błąd wskazania temperatury  $E_T$  wyznaczany jest z następującej zależności:

$$E_T = \frac{T - T_c}{T_c} \cdot 100 \% \quad (1)$$

gdzie:

$T$  – temperatura wskazana przez przelicznik,

$T_c$  – temperatura zadana.

Dodatkowo sprawdzeniu podlegają wskazania ciśnienia w co najmniej pięciu punktach równomiernie rozłożonych w całym zakresie pomiarowym, od

wartości minimalnej ciśnienia  $P_{\min}$  do wartości maksymalnej ciśnienia  $P_{\max}$ , dla wartości narastających i malejących. W przypadku, gdy przelicznik posiada wbudowany przetwornik ciśnienia, dodatkowo wykonuje się pomiary w pięciu punktach przy ciśnieniu malejącym od  $1,1 P_{\max}$  do  $P_{\min}$  (przekroczenie ciśnienia utrzymuje się przez 15 minut przed rozpoczęciem pomiarów). Błąd wskazania ciśnienia  $E_p$  wyznaczany jest z następującej zależności:

$$E_p = \frac{P - P_c}{P_c} \cdot 100 \% \quad (2)$$

gdzie:

$P$  – wartość ciśnienia bezwzględnego wskazana przez przelicznik,

$P_c$  – wartość ciśnienia bezwzględnego zadana.

### B. Sprawdzenie poprawności obliczania objętości gazu w warunkach bazowych

Pomiary objętości gazu w warunkach bazowych dokonuje się, łącząc układ zgodnie z rys. 3. W skład układu wchodzi impulsator do zadawania impulsów LF/HF (z ang. *low/high frequency*), licznik impulsów, źródło prądowe, komputer oraz sprawdzane przeliczniki. W przelicznikach typu I ciśnienie zadawane jest fizycznie z kalibratora ciśnienia.

Objętość gazu w warunkach bazowych oblicza się dla trzech składów gazu: N 27, N 42, N 61 (skład gazu określony w załączniku do rozporządzenia w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać gazomierze

i przeliczniki do gazomierzy z dnia 28 grudnia 2007 r.) dla wartości wskazanych przez przelicznik w punktach  $P_{\max}, T_{\max}; P_{\min}, T_{\min}$ , oraz dla dwóch konfiguracji wejść impulsowych HF i LF, dla przyrostu objętości gazu o minimalnej wartości 100 standardowych impulsów lub 1000-krotnej objętości odpowiadającej najmniejszej cyfrze znaczącej na wskaźniku, która wyraża objętość w warunkach pomiaru. Błąd wskazania przelicznika objętości  $E_{VK}$  wyznaczany jest według wzoru:

$$E_{VK} = \frac{V_b - V_{bc}}{V_{bc}} \cdot 100 \% \quad (3)$$

gdzie:

$V_b$  – przyrost objętości w warunkach bazowych wskazany przez przelicznik,

$V_{bc}$  – przyrost objętości w warunkach bazowych wyznaczony na podstawie wielkości wskazanych przez przelicznik:

$$V_{bc} = C_c \cdot V_c \quad (4)$$

gdzie:

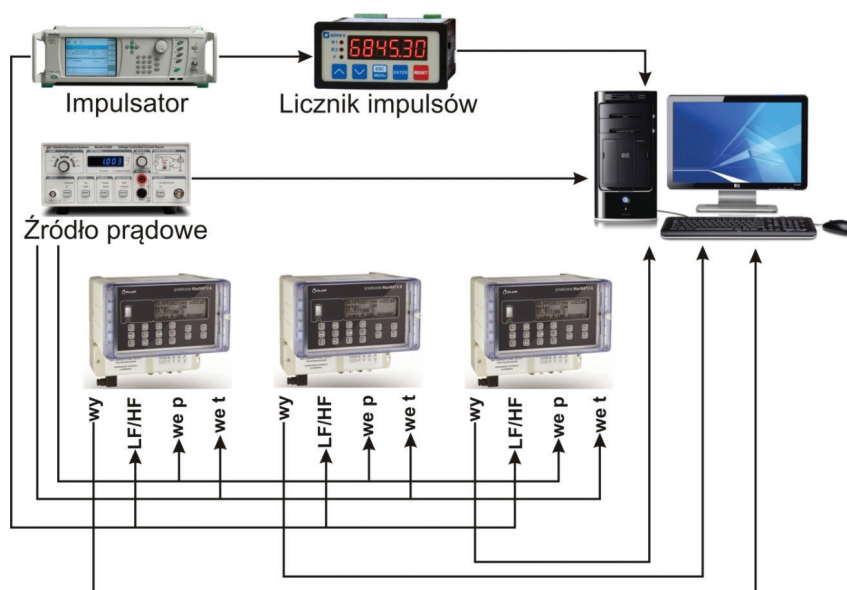
$V_c$  – przyrost objętości zadany symulatorem impulsów, wyznaczony z zależności:

$$V_c = n \cdot k \quad (5)$$

gdzie:

$n$  – liczba wygenerowanych impulsów,

$k$  – zaprogramowana waga impulsu,



Rys. 3. Schemat połączeń do sprawdzania poprawności obliczania objętości gazu w warunkach bazowych przeliczników typu II

$C_c$  – współczynnik konwersji wyznaczony z poniższej zależności:

$$C_c = \frac{T_b}{P_b} \cdot \frac{1}{K_c} \cdot \frac{P}{T} \quad (6)$$

gdzie:

$T_b$  – temperatura bazowa,

$P_b$  – ciśnienie bezwzględne bazowe,

$T$  – temperatura w warunkach pomiarowych wskazana przez przelicznik,

$P$  – ciśnienie bezwzględne w warunkach pomiarowych wskazane przez przelicznik,

$K_c$  – wartość względnego współczynnika ściśliwości gazu, obliczona metodą SGERG-88 lub AGA8-92DC, lub inną równoważną, przy czym równoważność metody powinna być potwierdzona podczas badania typu przelicznika.

Błąd wskazania przelicznika z wbudowanymi i niewbudowanymi przetwornikami ciśnienia i temperatury oblicza się z zależności:

$$E = \sqrt{E_T^2 + E_P^2 + E_{VK}^2} \quad (7)$$

Tablica 1. przedstawia wartości maksymalnych błędów dopuszczalnych dla różnych rodzajów przeliczników podczas legalizacji pierwotnej.

Tablica 1. Wartości błędów granicznych dopuszczalnych przelicznika

Rodzaj przelicznika	Błąd dopuszczalny (%)
Przelicznik niewbudowany w gazomierz	$\pm 0,5$
Przelicznik bez wbudowanych czujników i przetworników pomiarowych	$\pm 0,05$
Przelicznik wbudowany w gazomierz	
• przeliczanie temperatury	$\pm 0,5$
• przeliczanie temperatury i ciśnienia	$\pm 0,8$
• przeliczanie temperatury, ciśnienia i ściśliwości gazu	$\pm 1,0$

## Podsumowanie

Użytkowanie i wprowadzanie do obrotu przeliczników do gazomierzy regulowane jest przez przepisy dwóch ustaw: Prawo o miarach i o systemie oceny zgodności. Aktem wykonawczym ustawy, określającym kwestie związane z wprowadzaniem do obrotu przeliczników, jest Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie zasadniczych wymagań dla tego rodzaju przyrządów pomiarowych.

Należy zwrócić uwagę, iż polskie prawo stanowi, że przeliczniki w użytkowaniu nie podlegają prawnej kontroli metrologicznej w formie legalizacji ponownej. Ani te posiadające zatwierdzenia typu, ani ocenę zgodności. W Obwodowym Urzędzie Miar w Białymstoku od 2004 r. poddano legalizacji pierwotnej niemal 9000 sztuk przeliczników do gazomierzy. Jako metrologi z wieloletnią praktyką, zauważamy potrzebę umieszczenia przeliczników w wykazie urządzeń podlegających legalizacji ponownej. Brak takiego rozwiązania stawia w trudnej sytuacji producentów oraz użytkowników przeliczników, w przypadku konieczności naprawy urządzenia, w tym naprawy gwarancyjnej.

## Literatura

- [1] Jaworski J., Tyszownicka M., *Wybrane problemy systemu oceny zgodności i prawnej kontroli metrologicznej na przykładzie gazomierzy i przeliczników*, Nafta-Gaz, Kraków 2012.
- [2] Osiadowicz J. A., Chaczykowski M., *Stacje gazowe: teoria, projektowanie, eksploatacja*, Fluid System Sp. z o.o., 2010.
- [3] PN-EN 12405-1 + A2:2010 *Gazomierze – Przeliczniki. Część 1: Przeliczanie objętości*.
- [4] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 grudnia 2007 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać gazomierze i przeliczniki do gazomierzy, oraz szczegółowego zakresu sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych (Dz. U. z 2008 r. Nr 18, poz. 115).
- [5] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla przyrządów pomiarowych (Dz. U. z 2007 r. Nr 3, poz. 27).

## Międzynarodowy Układ Jednostek Miar – międzynarodowy projekt o najdłuższej historii

### The International System of Units – an international project with the longest history

dr Jerzy Borzymiński (Redaktor działu Terminologia)

Układ SI stanowi szczególne osiągnięcie cywilizacyjne. Po kilkudziesięciu wiekach ludzkich usiłowań stworzono układ jednostek miar i ich wzorców, który umożliwia zapewnienie spójności pomiarowej w skali światowej. Wszelkie postanowienia i uchwały wprowadzające reguły stosowania SI mają znaczenie jako roztropne decyzje wdrażające wyniki badań prowadzonych przez najwybitniejszych uczonych świata i opracowane przez nich rozwiązania umożliwiające dokładne i rzetelne pomiary.

The International System of Units is an outstanding achievement of our civilization. After many centuries of human efforts a system of units of measurement and measurement standards was set up that would ensure metrological traceability worldwide. Any decisions and resolutions related to the rules of use of the SI should be perceived as prudent provisions implementing the results of the research of the most eminent scientists of the world and the solutions devised by them for enabling accurate and reliable measurement.

#### Pierwsze 85 lat

Świadomość tego, że – aby spełniać najlepiej swą rolę – miary i wagi powinny być nie tylko dokładne, ale i jednolite, niezienne, a także i trudne do fałszowania, towarzyszyła ludzkim usiłowaniom przez tysiąclecia. W Europie, która w pewnym momencie dziejów zaczęła przodować w nauce i technice, idea „racjonalnego”, opartego na naukowych podstawach porządku w zakresie miar, stała się przedmiotem uwagi już w XVII w. Dopiero jednak w burzliwych czasach Rewolucji Francuskiej wydarzyło się coś, co patrząc z dzisiejszej perspektywy nie wahamy się nazwać przełomem.

Początkowo trudno było przypuszczać, że ówczesne wydarzenia przybiorą taki obrót. Podobno jedną ze społecznych dolegliwości, które zamierzała usunąć Rewolucja, było zjawisko fałszowania miar, nawiasem mówiąc połączone z łamaniem przepisów królewskich. Sprzyjała temu mnogość będących w użyciu miar, jak też fakt, że nieraz wartość pewnej jednostki miary była różna w różnych częściach Francji. Często jako przykład przytacza się fakt, że wartość jednostki miary odległości „lieue” wynosiła w Beauce 3,268 km,

podczas gdy w Prowansji aż 5,849 km (z Beauce do Lyonu jest tylko 390 km). Ponadto ponieważ, jak szacują niektóre źródła, miało być używanych we Francji w przededniu rewolucji około ćwierć miliona różnych jednostek miar, więc kupcy używali chętnie własnych

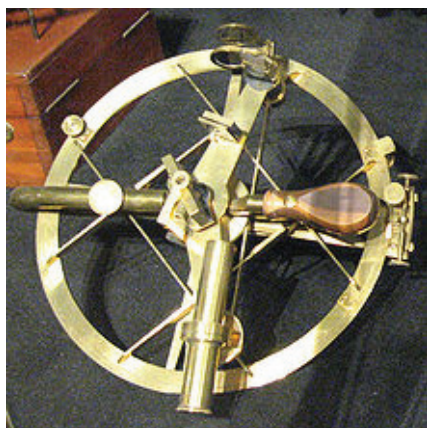


Zegar z czasów Rewolucji Francuskiej. Pokazuje czas „zwyczajny” i „dziesiętny”. Fascynacja układem dziesiętnym skonkretyzowała się m.in. w postulacie, aby czas mierzono także w jednostkach dziesiętnych.

fol. Wikipedia

przyrządów pomiarowych, co powodowało trudny do opisanego chaos w handlu.

W tej sytuacji powołana przez Francuską Akademię Nauk komisja pod przewodnictwem Jeana-Charles'a de Borda (1733–1799), której postawiono zadanie stworzenia „jednej skali dla wszystkich miar”, przedłożyła propozycję przyjęcia systemu dziesiętnego (27 października 1790 r.) i zaproponowała podstawową jednostkę długości równą jednej dziesięciomilionowej części odległości od bieguna północnego do równika oraz jej nazwę *mètre* („miar”) – (19 marca 1791 r.). Zaproponowano też nowe, metryczne jednostki powierzchni i objętości. Konwencja Narodowa przyjęła tę propozycję w roku 1793. W wyniku dalszych prac wykonano wzorce nowych jednostek miar i 22 czerwca 1799 r. zdeponowano platynowe wzorce metra i kilograma w instytucji znanej jako Archives de la République. W opinii Międzynarodowego Biura Miar wydarzenie to można uważać za pierwszy krok na drodze ku SI.



Instrument repetycyjny (koło powtarzające Borda lub inaczej koło Borda) – przyrządu takiego użyto do pomiarów południka. Przyrząd wynaleziony przez Etienne'a Lenoira w 1784 r., udoskonalony został przez Jeana Charles'a de Borda (1733–1799), matematyka, inżyniera i żeglarza.

fol.: Wikipedia

Zaskakującym może się wydać, że nowy układ jednostek nie został we Francji chętnie przyjęty. Miał miejsce nawet czasowy powrót do tradycyjnych jednostek miar. Ponowne wprowadzenie układu metrycznego nastąpiło – tym razem już na stałe – w 1837 r. Dla dalszej historii nowego układu ważne jest, że zdobył on uznanie naukowców w Europie. Za stosowaniem metrycznego układu jednostek zdecydowanie opowiedział się w 1832 r. Karl Gauss, promując włączenie do niego sekundy (zdefiniowanej drogą pomiarów astronomicznych), przez co



**Johann Carl Friedrich Gauss** (1777–1855) – niemiecki matematyk, zwany „księciem matematyki”, jeden z najwybitniejszych uczonych w historii. Zajmował się m.in. także fizyką i geofizyką.

fol.: Wikipedia

otrzymywano spójny układ jednostek dla potrzeb pomiarów fizycznych. Gauss jako pierwszy wykonał absolutne pomiary natężenia pola magnetycznego Ziemi, stosując dziesiętny układ jednostek oparty na trzech jednostkach mechanicznych, tj. milimetrze, gramie i sekundzie. (Można było to wykonać dzięki opracowanej przez Gaussa metodzie pomiaru).

W późniejszych latach Karl Gauss i Wilhelm Weber wykonali pomiary w dziedzinie zjawisk elektrycznych. W latach sześćdziesiątych XIX w. badania te kontynuowane były pod kierunkiem Jamesa Clerka Maxwella i Williama Thomsona (późniejszego lorda Kelvina). Sformułowali oni wymagania dla spójnego układu jednostek miar. W 1874 r. British Association for the Advancement of Science (BAAS) wprowadziła CGS, spójny układ oparty na trzech jednostkach mechanicznych: centymetrze, gramie i sekundzie. Odegrał on dużą rolę w dalszym rozwoju fizyki doświadczalnej. Ponieważ jednak „wielkość jednostek” układu CGS okazała się niewygodna dla zastosowań w dziedzinie elektryczności i magnetyzmu, w latach osiemdziesiątych XIX w. BAAS oraz International Electrical Congress (poprzednik International Electrotechnical Commission) zaaprobowowały spójny zbiór jednostek praktycznych. Znalazły się wśród nich: om, wolt (jako jednostka siły elektromotorycznej) i amper.

Przeprowadzone w latach sześćdziesiątych XIX w., inspekcje prototypu metra ujawniły objawy zużycia i ścierania się jego powierzchni krańcowych (wyznaczających odcinek 1 m), a ponadto stwierdzono jego lekkie uginanie się podczas użytkowania. Wobec podania w wątpliwość odtwarzalności metra i kilograma oraz zagrożenia, że może w innym kraju dojść do ustanowienia „konkurencyjnego” wzorca, cesarz Napoleon III zaprosił naukowców z wszystkich krajów świata na konferencję do Paryża. W lipcu 1870 r., na dwa tygodnie przed jej wyznaczonym terminem, wybuchła wojna francusko-pruska.



Wprawdzie poza delegacją niemiecką pozostali delegaci przybyli do Paryża, ale postanowiono przełożyć konferencję na inny termin tak, aby wszyscy, także delegacja niemiecka, mogli w niej uczestniczyć.

W wyniku wojny Francja stała się republiką. Poza tym powstało zjednoczone państwo niemieckie. Kilka lat wcześniej powstało także zjednoczone państwo włoskie. Zjednoczenie okazało się chyba sprzyjającym momentem do zmian, bowiem i Niemcy i Włochy przyjęły metryczny układ jednostek jako obowiązujący. Natomiast prototypy kilograma i metra pozostały w gestii Francji. Jej rząd w 1872 r. wyśtosował zaproszenie na odłożoną dwa lata wcześniej światową konferencję, do której doszło w 1875 r., przy udziale naukowców z 30 krajów Europy i obu Ameryk.

## Ład odnowiony

Tłem konferencji oprócz zagadnień ściśle metrologicznych, zwłaszcza utrzymania wzorców, stała się delikatna kwestia kontroli nad międzynarodowymi wzorcami jednostek. Prócz tego politycy francuscy obawiali się, że może dojść do odrzucenia wzorca metra, bowiem – pomijając efekty ścierania i zużycia – okazał się on być o 0.03 % (300  $\mu\text{m}$ ) krótszy niż w definicji (co ujawniły nowo przeprowadzone wówczas pomiary długości południka). Ostatecznie postanowiono, że wyprodukowane zostaną nowe wzorce metra i kilograma możliwie najdokładniej odtwarzające wartości istniejących (!) wzorców. Zmieniono jednak budowę wzorca metra; zamiast przekroju prostokątnego miał on mieć inny, zbliżony do litery „X”, a ponadto długość jednego metra miały odtwarzać nie jego krańcowe powierzchnie, a dwie kresy naniezione na pręcie o wspomnianym przekroju, ale dłuższym niż 1 m.

Ten międzynarodowy wzorec metra służył do 1960 r., kiedy to metr został redefiniowany za pomocą długości fali odpowiadającej pomarańczowo-czer-



Międzynarodowy prototyp metra w postaci pręta ze stopu platyny i irydu, służył jako wzorec międzynarodowy w latach 1889–1960.

fot. Wikipedia



**Giovanni Giorgi** (1871–1950)  
– włoski fizyk i inżynier elektryk, jeden z prekursorów SI.

fot. Wikipedia

wonej linii kryptonu 86. Prototyp kilograma będzie miał, jak widać, znacznie dłuższy okres służby.

Na mocy podpisanej 20 maja 1875 r. Konwencji Metrycznej powołano Generalną Konferencję Miar (CGPM) oraz utworzono Międzynarodowe Biuro Miar (BIPM) i Międzynarodowy Komitet Miar (CIPM), które miały zająć się utrzymaniem wzorców międzynarodowych i ich propagacją na świecie. Na pierwszym posiedzeniu CGPM w 1889 r. zatwierdzone zostały nowe prototypy metra i kilograma. Tak zrealizowane jednostki, wraz z sekundą astronomiczną jako jednostką czasu, stały się jednostkami podstawowymi układu jednostek, określanego jako MKS.

## Rozbudowa układu

Po odkryciach J. C. Maxwella jasnym się stało, że pomiary elektryczne nie dadzą się opisać jedynie za pomocą podstawowych jednostek długości, masy i czasu. W 1901 r. Giovanni Giorgi zaproponował powiązanie jednostek MKS z jednostkami elektrycznymi (omem, amperem itd.) i – poprzez dodanie do tego układu jednej z nich – utworzenie spójnego układu jednostek miar o czterech jednostkach podstawowych.

Fakt ten miał ważne następstwa. Po długim okresie tragicznych wydarzeń I wojny światowej i towarzyszących jej konfliktów 6. posiedzenie CGPM w 1921 r. przyniosło nowelizację Konwencji Metrycznej, rozszerzającą zakres jej zadań i odpowiedzialności na inne dziedziny fizyki. Następnie, sześć lat później powołany został przez 7. CGPM Consultative Committee for Electricity (CCE, obecnie jest to CCEM). Propozycja Giorgiego została gruntownie przedyskutowana przez IEC, International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) oraz inne organizacje międzynarodowe. W 1935 r. została ona przyjęta przez International Electrotechnical Commission (IEC) jako „MKS System of Giorgi”, jednakże bez wskazania, która z jednostek

elektromagnetycznych miałyby się stać czwartą jednostką podstawową układu. (Pamiętać należy, że oprócz propozycji Giorgiego sformułowane zostały później inne wartościowe, „konkurencyjne” propozycje, ale względy praktyczne przemawiały za przyjęciem tej, którą zaproponował włoski inżynier.) W wyniku trwających kilkanaście lat dalszych prac propozycja Giorgiego doczekała się wdrożenia – w 1939 r. CCE zaproponował, aby utworzyć układ znany później jako MKSA, którego jednostkami podstawowymi stały się metr, kilogram, sekunda i amper. Niestety, znowu prace nad światowym już *de facto* układem jednostek miar zakłóciła kolejna, druga, wojna światowa. CIPM mógł zatwierdzić tę propozycję dopiero po jej zakończeniu, w 1946 r.

### Po 9. CGPM

Dalsze prace potoczyły się już bez przeszkód. Zgodnie z uchwałą 9. CGPM (1948 r.) BIPM rozpoczął ankietę międzynarodową w sprawie dalszego rozwoju układu jednostek miar. Po jej zakończeniu w 1954 r. 10. CGPM zatwierdziła włączenie do istniejącego układu międzynarodowego nowych jednostek podstawowych; były to: amper, kelwin i kandela. Było to wydarzenie niezwyklej wagi, ale ponieważ dopiero 11. CGPM w 1960 r. nadała temu układowi nazwę System International des Unites (tj. Międzynarodowy Układ Jednostek, znany pod akronimem SI), więc w powszechnej świadomości istnieje przeświadczenie, że to w 1960 r. „powstał” międzynarodowy układ jednostek miar. Wydaje się jednak, że promując SI i upowszechniając jego zasady warto podkreślać, że choć rok 1960 jest pamiętny ze względu na nadanie nazwy układowi jednostek, to nie powstał on w jednym konkretnym roku, a ostatnia z jego jednostek podstawowych – mol (jednostka liczności materii) dodana została do niego dopiero w 1971 r. uchwałą 14. CGPM. Zasadniczą cechą SI jest to, że jest on konsekwentnie budowany i wdrażany od 1875 r. Ewenementem historycznym jest ciągłość, ponadstuletnia (!), tego międzynarodowego (!) projektu, który nadal jest realizowany i wkrótce przyniesie nowe, niezwykle ważne rozwiązania dla światowej metrologii.

### SI a „sprawa polska”

Spoglądając na genezę i przebieg tej „metrycznej rewolucji” warto przyjrzeć się, jak jej „zdobycze”

przyjmowane były w Polsce. Koniecznie trzeba przy tym wspomnieć, że już w 1764 r. (bez mała ćwierć wieku przed Rewolucją Francuską) uchwałą Sejmu Rzeczypospolitej Obojga Narodów uporządkowano miary i wagi. Zmiany miały przede wszystkim charakter administracyjny, ale prowadziły do ujednoczenia miar i ograniczenia liczby stosowanych jednostek. Bazowały na wiedzy podstawowej i nie wprowadzały istotnych ulepszeń technicznych. W 1834 r. Edward Massalski pisze, oceniając je: „Konst. 1565 r. (Vol. Leg. II. pag. 687.) postanowiła była dla całej Polski za miarę długości łokieć krakowski, dzielony na 24 cale. Tę samą miarę w r. 1764 urzędowie potwierdzono;... łokieć zachowany w magistracie warszawskim, a który komissija skarbowa w r. 1764 wzięła za etalon miary długości dla całej Polski, okazał się równy 264 linijóm paryskim, czyli 0,595539 metra fran. i odtąd aż do r. 1796 łokieć ten był w całej Polsce urzędowem i używanym.”

Miary staropolskie nie przetrwały długo, gdyż epoka rozbiorów przyniosła inne porządki. W ówczesnym Królestwie Polskim dokonano jednak – z inicjatywy Stanisława Staszica – kolejnej reformy miar i wag. Nowe miary (po reformie, formalnie obowiązujące od 1 stycznia 1819 r. do 1849 r.) są nazywane nowopolskimi. Należy tu wspomnieć, jako bardzo istotny fakt, że miary nowopolskie miały określone przeliczniki na jednostki metryczne. Tak więc w znajdującym się pod zaborami kraju rozumiano, jak ważne jest dla gospodarki i funkcjonowania kraju, aby używane miary i wagi miały zdefiniowane powiązania z innymi, ważnymi dla współpracy międzynarodowej jednostkami miary. (Miary rosyjskie otrzymały urzędowe przeliczniki na jednostki metryczne dopiero w 1899 r.) Jeśli chodzi o pozostałe zabory, to w 1868 r. Prusy, a w 1871 r. Austro-Węgry przyjęły układ metryczny jednostek miar, który w związku z tym pojawił się na okupowanych przez te państwa ziemiach Polski.

Kiedy nadeszła I wojna światowa, Polska odzyskała niepodległość, ale Odrodzone Państwo Polskie walczyć musiało do 1922 r. Jednak już 8 lutego 1919 r. wydany zostaje dekret o miarach, w którym na wstępie stwierdza się, że:

„**Art. 1.** Legalnemi jednostkami miar w Państwie Polskiem są jednostki, określone w art. 2–7 dekretu niniejszego, oraz te jednostki wtórne wielokrotne i podwielokrotne jednostek podstawowych, określo-

1 łokieć □ = 4 stopom □ = 576 calom □.	1 gram = 10 <sup>-3</sup> kilogram □.
1 sążeń ruski □ = 9 arszynom □ = 2504 werszkom □ = 49 stopom □ = 7056 calom □.	1 decigram = 10 <sup>-4</sup> kilogram □.
1 arszyn □ = 156 werszkom □ = 784 calom □.	1 centigram = 10 <sup>-5</sup> kilogram □.
1 werszek □ = 5,0254 calom □.	1 Millier (ton) = 10 <sup>-6</sup> kilogram □.
1 metr □ = 100 decimetrom □ = 100000 centimetrom □.	<b>Hollan</b>
1 Yard □ = 9 stopom □ = 1296 calom □.	1 funt nowy = 10 <sup>-3</sup> kilogram □.
<b>Miary gruntowe.</b>	<b>Niemej</b>
1 włoka now. polska = 80 morgom.	1 funt cłowy = 10 <sup>-3</sup> kilogram □.
1 morga n. p. = 300 prętom.	1 centnar = 10 <sup>-3</sup> kilogram □.
1 pręt = 6 1/4 sążnia □.	1 Łaszt okręto = 10 <sup>-3</sup> kilogram □.
1 desiatyna prawna = 2400 sążniom □.	
1 „ „ ekonomiczna = 3200 sążniom □.	<b>Tablica</b>
1 hektar = 100 akrom (acres) = 1000 metrom □.	
1 włoka ang. = 30 akrom (acres).	
<b>Miary objętości ciał płynnych.</b>	1 mila geograficzna = 1852 metrom □.
1 garniec polski = 4 kwartom = 16 kwaterkom.	1 stopnia równoległa = 1800 łokciom □.
1 wiadro ruskie = 10 sztofom = 100 czarkom.	1 mila polska = 5000 łokciom □.
1 hektolitr = 100 litrom.	1 wiorsta = 1000 łokciom □.
<b>Miary objętości ciał sypkich.</b>	1 kilometr = 1000 metrom □.
1 korzec polski = 4 ćwierciom = 32 garncom = 128 kwartom.	1 mila angielska = 1852 metrom □.
1 ćwierć = 8 garncom.	1 mila morską = 1852 metrom □.
1 czwart ruski = 8 czterykom = 64 garncom ruskim = 17 1/15 wiadrom.	
1 czterykom = 8 garncom ruskim.	<b>Tablica</b>
1 hektolitr = 100 litrom.	
1 Quarter angielski = 8 buszom = 64 gallonom.	
1 buszla = 8 gallonom.	
<b>Wagi miejscowe.</b>	
1 funt polski = 2 grzywnom = 32 łutom.	
1 łut = 4 drachmom (1 drachma = 3 skrupułow, 1 skrupułow = 12 denariom).	

Fragment tekstu publikacji pod tytułem: „Informator. Przewodnik Handlowo-Przemysłowy Cesarstwa Rosyjskiego Królestwa Polskiego i Warszawy. Wydanie pierwsze na rok 1889” (zachowano oryginalną ortografię) ze zbiorczym zapisem odnoszącym się do stosowania układu metrycznego w Austrii, Belgii Francji, Szwajcarii i Włoch. „Informator” z nieznanego powodu pomija fakt wprowadzenia tego układu w Niemczech i Holandii.

nych w tychże artykułach, które będą uznane za legalne przez Ministra Przemysłu i Handlu.

**Art. 2.** Podstawową jednostką długości jest metr.

**Art. 3.** Podstawowymi jednostkami powierzchni są: metr kwadratowy i ar.

Jednostkami powierzchni są także powierzchnie zawarte w kwadratach, których boki są równe którejkolwiek z legalnych jednostek długości.

**Art. 4.** Podstawowymi jednostkami objętości są: metr sześcienny albo kubiczny i litr.

**Art. 5.** Podstawową jednostką kątów płaskich jest kąt prosty.

**Art. 6.** Podstawową jednostką masy jest kilogram.”

Ważne jest przy tym także, iż oprócz ww. jednostek stosowano również inne, znane nam dziś jako należące do SI, w szczególności: amper, wolt, om, wat, farad i inne. Liczne dowody tego mamy w polskiej prasie technicznej od początku lat dwudziestych ubiegłego wieku.

Pomimo ogromnych zniszczeń, jakie przyniosła II wojna światowa i radykalnych przemian, które

nastąpiły w wielu dziedzinach, w metrologii polskiej nie było regresu. Pierwszym powojennym aktem porządkującym kwestie jednostek miar było Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 1 lipca 1953 r. w sprawie prawnie obowiązujących jednostek miar. Czytamy w nim m.in.:

„Na podstawie art. 7 ust. 2 dekretu z dnia 19 kwietnia 1951 r. o organach administracji miar oraz o miarach i narzędziach mierniczych (Dz. U. Nr 26, poz. 195) zarządza się, co następuje:

§ 1. Wymienione w §§ 2-27 jednostki miar i ich oznaczenia ustala się jako prawnie obowiązujące.

§ 2.	1. Jednostką długości jest metr (m).
§ 3.	1. Jednostką powierzchni jest metr kwadratowy (m <sup>2</sup> ).
§ 4.	1. Jednostkami objętości są: metr sześcienny (m <sup>3</sup> ) i litr (l). 2. Metr sześcienny jest objętością sześcienu o krawędzi jednego metra. 5. W obrocie towarowym można uważać litr za równy jednemu decymetrowi sześciennemu.
§ 5.	1. Jednostkami kąta są: stopień (1°), grad i radian.
§ 6.	1. Jednostką kąta bryłowego jest steradian.
§ 7.	1. Jednostką masy jest kilogram (kg).
§ 8.	1. Jednostką czasu jest sekunda (s, sec, sek).
§ 9.	1. Jednostką częstotliwości jest herc (Hz).
§ 10.	1. Jednostkami siły są: niuton (N), dyna (dyn) i kilogram-siła (kG).
§ 11.	1. Jednostkami ciśnienia są: paskal, atmosfera techniczna (kG/cm <sup>2</sup> albo at) i atmosfera fizyczna.
§ 12.	1. Jednostkami pracy i energii są: dżul (J), erg (erg) i kilogramometr (kGm).
§ 13.	1. Jednostką mocy jest wat (W).
§ 14.	1. Jednostką temperatury (różnicy temperatur) jest stopień (1 °C) skali stustopniowej (Celsjusza).
§ 15.	1. Jednostkami ilości ciepła są: dżul (J) i kaloria (cal).
§ 16.	1. Jednostką natężenia prądu elektrycznego jest amper (A), określony zgodnie z uchwałą Międzynarodowego Komitetu Miar z 1946 r.
§ 17.	1. Jednostką ilości elektryczności albo ładunku elektrycznego jest kulomb (C) równy jednej amperosekundzie (As).
§ 18.	1. Jednostką różnicy potencjałów elektrycznych, siły elektromotorycznej lub napięcia jest wolt (V).
§ 19.	1. Jednostką oporu elektrycznego jest om (Ω).
§ 20.	1. Jednostką pojemności elektrycznej jest farad (F).
§ 21.	1. Jednostką indukcyjności jest henr (H).
§ 22.	1. Jednostką natężenia światła (światłości) jest kandela (cd).
§ 23.	1. Jednostką strumienia świetlnego jest lumen (lm).
§ 24.	1. Jednostką natężenia oświetlenia jest luks (lx).
§ 26.	Zdolność zbierająca układu optycznego wyraża się liczbą dioptrii, równą odwrotności ogniskowej wyrażonej w metrach, ...
§ 27.	1. Dla potrzeb żeglugi morskiej mogą być używane jednostki miar: mila morską, kabel, węzeł i rumb

§ 28. Dla potrzeb żeglugi morskiej mogą być stosowane jednostki miar nie wymienione w rozporządzeniu, a dotychczas używane w żegludze morskiej.

§ 29. Traci moc rozporządzenie Ministra Przemysłu i Handlu z dnia 29 marca 1930 r. o legalnych jednostkach miar (Dz. U. Nr 29, poz. 258).

§ 30. Rozporządzenie wchodzi w życie z dniem ogłoszenia.”

Jak widać dominującą rolę odgrywają jednostki miar znane nam dzisiaj jako jednostki SI. Brak jeszcze kelwina. Fakt dopuszczenia innych jednostek wynika ze względów praktycznych: zresztą we wszystkich krajach ujednolicanie jednostek miar nie odbywało się w sposób nagły.

Uchwalenie nazwy SI znalazło odbicie w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 23 czerwca 1966 r. w sprawie ustalenia legalnych jednostek miar, którego wykonaniem było z kolei Zarządzenie Prezesa Centralnego Urzędu Jakości i Miar z dnia 21 grudnia 1966 r. W obu tych aktach pojawia się nazwa SI jako układu legalnych jednostek miar w Polsce, a w załączniku do zarządzenia wymienione są jednostki wraz z oznaczeniami i definicjami.

Kolejnymi aktami prawnymi w zakresie jednostek miar były: Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 13 lipca 1970 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ustalenia legalnych jednostek miar oraz Zarządzenie Prezesa Centralnego Urzędu Jakości i Miar z dnia 17 kwietnia 1971 r. zmieniające zarządzenie w sprawie ustalenia definicji i oznaczeń legalnych jednostek miar oraz ustalenia pochodnych jednostek miar i jednostek miar dopuszczonych przejściowo do stosowania jako legalne. Rozporządzenie, zgodnie z postanowieniem 13. CGPM, zmienia nazwę jednostki temperatury ze stopnia Kelvina na kelwin, a zarządzenie wprowadza nowe definicje sekundy i kandeli zgodne z uchwałą 11. CGPM.

Następnie wydane zostały: Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 października 1975 r. w sprawie ustalenia legalnych jednostek miar, które zawiera postanowienia w zakresie wdrażania SI do stosowania oraz do produkcji przyrządów pomiarowych i dołącza do jednostek podstawowych jednostkę „mol” oraz Zarządzenie Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacji i Miar z dnia 5 stycznia 1976 r. w sprawie ustalenia definicji, nazw i oznaczeń jednostek miar. Wdrożenia polegały w zasadzie na stopniowym eliminowaniu z użycia jednostek spoza SI.

Patrząc na historię przyjmowania jednostek metrycznych, a następnie układu SI, nie ulega wątpliwości, że bez względu na dużo bardziej dramatyczne uwarunkowania historyczne Polska zawsze

znajdowała się wśród państw wiodących w tym zakresie. Na długo przed proklamowaniem układu SI stosowała jego jednostki tak, jak przodujące w gospodarce państwa. Dlatego pojawiająca się czasem lapidarna informacja: „W Polsce układ SI obowiązuje od 1966 r.” – może okazać się dla czytelnika bardzo myląca. Może utrwałać błędne wyobrażenia, że Polska była naśladowcą postępowych rozwiązań przyjętych w innych krajach i „dopiero od 1925 r. jesteśmy w Konwencji Metrycznej, a od 1966 r. mamy SI”. Warto więc wspomnieć, że np. we Francji oficjalne wprowadzenie SI nastąpiło 1 stycznia 1962 r. na mocy „Décret n° 61—501 du 3 mai 1961 relatif aux unités de mesure et au contrôle des instruments de mesure”, a więc nie „od razu” po uchwale CGPM w sprawie „przyjęcia” SI.

Wiele interesujących informacji o SI dostarcza portal „*métrologie française*” podkreślając (słusznie) rolę Francji w jego powstaniu i ukazując drogę „od układu metrycznego do SI”. Jednakże, zgodnie z faktami, informuje, że SI „oficjalnie narodził się w r. 1960” („Le Système international d’unités (SI), successeur du système métrique, est officiellement né en 1960 à partir d’une résolution de la 11ème Conférence générale des poids et mesures.”)

Dlatego więc jest ważne rozumienie procesu tworzenia i doskonalenia SI. Prace nad „przyszłością SI” prowadzone są nieustannie. Bardzo ważne jest też rozumienie wagi wdrażania SI, polegającego przede wszystkim na konsekwentnym zastępowaniu dawnych jednostek miar jednostkami SI. Musi to być jednak prowadzone rozważnie, a wszyscy którzy zobowiązani są (lub będą) podjąć związane z tym działania, muszą mieć czas i środki na realizację tego zadania tak, aby nie spowodować utrudnień lub chaosu w handlu, produkcji czy innych dziedzinach działalności ludzkiej.

Bardzo ważne jest także przestrzeganie zasad SI w każdym jego aspekcie. W tym także w tak, zdawałoby się, oczywistych kwestiach, jak zapisywanie wartości wielkości. Trudno nawet opisać wszystkie zdumiewające udrzwienia, jakie wymyślane są wciąż w tym zakresie, i odgadnąć motywy, jakimi kierują się osoby zadające sobie trud ich wykonycypowania. Już dekret o miarach z 1919 r. wprowadził jako jednostkę objętości „m3”, a jednak w 2016 r. napotkać możemy takich, którzy upierają się, że będą stosować np... „trójmetry” (!?). Ciekawe, komu na tym zależy i dlaczego?

# Lasery w urzędach probierczych

## Lasers in assay offices

**mgr inż. Beata Wytrykus** (Główny Specjalista ds. Technicznych w Okręgowym Urzędzie Probierczym w Warszawie)

W artykule opisano rodzaje laserów oraz zastosowanie laserowych urządzeń do oznaczania wyrobów z metali szlachetnych w Okręgowym Urzędzie Probierczym w Warszawie.

The article describes the types of lasers and the application of laser for marking of precious metals in Regional Assay Office in Warsaw.

### Wstęp

Cecha probiercza jest to prawnie chroniony, umieszczany na wyrobach jubilerskich znak urzędowy, który informuje nas o rodzaju i zawartości metalu szlachetnego. W skład cechy wchodzi trzy elementy:

- litera oznaczająca dany urząd probierczy (K – Kraków, W – Warszawa, A – Białystok, B – Bydgoszcz, G – Gdańsk, Ł – Łódź, H – Chorzów, Z – Częstochowa, P – Poznań oraz V – Wrocław),
- próba metalu (dla platyny, palladu i srebra wyrażona w częściach tysięcznych, dla złota wyrażona cyfrą symbolizującą daną próbę),
- wizerunek identyfikujący dany metal (platynę wyobraża głowa konia, pallad – głowa psa, złoto – głowa rycerza i srebro – głowa kobiety) [1].

Wyrób może być oznaczony cechą probierczą po przeprowadzeniu badań sprawdzających zawartość metalu szlachetnego, czyli określeniu próby. W polskich urzędach probierczych najpopularniejszą metodą oznaczania wyrobów cechami probierczymi jest metoda tradycyjna, przy użyciu znaczników probierczych oraz młotków lub stołów cechowniczych o napędzie nożnym. Urzędy zagraniczne stosują również różnego rodzaju prasy.

Wygląd cechy, w szczególności jej czytelność, zależy od mocy uderzenia. Podczas tradycyjnego cechowania niestety często pozostaje ślad na wyrobie, a zbyt mocne uderzenie czasami może spowodować jego uszkodzenie. Do niedawna, w przypadku, gdy zachodziła obawa zniszczenia wyrobu podczas cechowania, zamiast umieszczania cech wystawiane

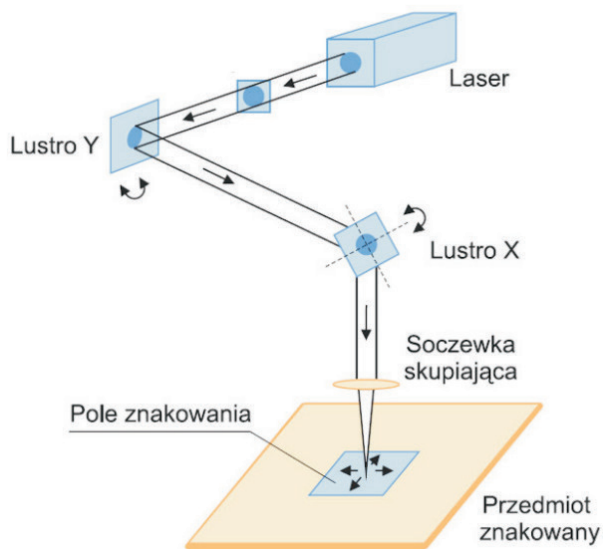
były świadectwa badania, w których dokładnie opisywano wyrób i podawano jego próbę. Było to jednak uciążliwe, również dla interesantów i nie zapewniało trwałego oznaczenia wyrobu, jakie stanowi cecha probiercza, dlatego zaczęto myśleć o innych sposobach nanoszenia cech. Początkowo stosowano metodę elektroiskrową, później proste lasery, w których wiązka przechodziła przez maskę z wizerunkiem cechy. Pierwsze lasery wykorzystujące grafikę komputerową do umieszczania oznaczeń na wyrobach zastosowano na początku lat 90. w brytyjskich urzędach probierczych.

### Typy laserów

Laser jest to skrót od nazwy z języka angielskiego: *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, co oznacza wzmocnienie światła przez wymuszoną emisję promieniowania. Laser to generator światła, który wykorzystuje zjawisko emisji wymuszonej, dzięki czemu otrzymywane światło ma bardzo małą szerokość linii emisyjnej, co jest równoważne bardzo dużej mocy w wybranym obszarze widma. O przeznaczeniu lasera decyduje zastosowany ośrodek czynny, który ma wpływ na najważniejsze parametry lasera, w tym na jego moc.

W urządzeniach przeznaczonych do oznaczania wyrobów z metali szlachetnych zastosowano lasery oparte na ciele stałym w zakresie promieniowania podczerwonego 1060 nm tj. neodymowe i erbowe na YAG-u (Nd:YAG i Er:YAG).

Zasada znakowania wyrobu jest następująca: wiązka lasera wychodząc ze źródła, którym może być lampka błyskowa lub dioda, odbija się od ruchomych



Rys. 1

luster i poprzez soczewkę skupiającą kierowana jest bezpośrednio na powierzchnię przedmiotu (rys. 1). Całość sterowana jest za pomocą komputera [2].

W pierwszych laserach wiązka była generowana w wyniku pobudzenia prądu wykonanego ze sztucznego monokryształu granitu itrowo-aluminiowego (Nd:YAG) światłem lampy błyskowej. Niestety, system ten miał szereg wad, między innymi krótki czas pracy lampy: tylko 500 godzin. Lampa wymagała zastosowania dodatkowego układu chłodzącego, co przy dużych gabarytach samego lasera oraz głośnej pracy chłodziarki, zmuszało użytkownika do wydzielenia osobnego pomieszczenia.

W ostatnich latach nastąpił znaczący rozwój generatorów promieniowania laserowego, systemów GALVO – ogniskowania wiązki laserowej oraz poprzez rozwój techniki komputerowej – rozwój systemów sterowania i programowania wiązki laserowej. Nowe urządzenia wyposażono w bardziej wydajne źródła diodowe i włóknowe światłowodowe. Urządzenia DP (Diode Pump) zbudowane są w oparciu o laser Nd:YAG pompowany diodą półprzewodnikową. Dzięki temu wygenerowano wiązkę o wysokiej rozdzielczości i grubości linii nawet poniżej 20  $\mu\text{m}$  oraz o dużo większej mocy niż przy zastosowaniu lampy. Nowe źródło lasera ma dłuższy czas pracy, który wynosi ok. 30 000 godzin. Ponadto dioda nie wymaga specjalnego układu urządzenia, co zapewnia cichą pracę.

Najnowsze urządzenia wyposażone są w laser światłowodowy z włóknem iterbowym. Laser fibrowy charakteryzuje się dużo większą wydajnością oraz

lepszymi parametrami źródła lasera (ok. 100 000 godzin). Obecnie produkowane lasery są niewielkimi, kompaktowymi urządzeniami, przystosowanymi do standardowych warunków pracy. Wszystkie lasery sterowane są za pomocą komputera i posiadają oprogramowanie pozwalające na dobór parametrów znakowania, w zależności od znakowanego metalu, tj. mocy wiązki, częstotliwości czy liczby powtórzeń. Oprogramowanie pozwala na zaprojektowanie napisów oraz prostych znaków graficznych, w przypadku bardziej zaawansowanej grafiki laser współpracuje z programami graficznymi typu Corel Draw, Auto CAD czy Photoshop. Lasery przeznaczone do oznaczania wyrobów metali szlachetnych do 2000 r. były produkowane w Wielkiej Brytanii, Niemczech i we Włoszech. W ostatnich latach rozwinęła się produkcja tych urządzeń również w innych krajach, m.in. w Polsce.

### Lasery w probiernictwie

W probiernictwie laserowe urządzenia są wykorzystywane do umieszczania cech probierczych na wyrobach z metali szlachetnych w przypadku, gdy tradycyjne metody oznaczania za pomocą znacznika probierczego mogą spowodować uszkodzenie lub nawet zniszczenie wyrobu (np. wyroby dęte, filigranowe czy wyroby gotowe, pochodzące z importu – rys. 2).

Pierwsze dwa laserowe urządzenia zakupiono w grudniu 2004 r. dla ówczesnych obwodowych urzędów probierczych w Warszawie i Krakowie. Były to lasery lampowe o mocy 10 W, wyprodukowane w Wielkiej Brytanii. Niestety wadą tych laserów były duże gabaryty oraz zastosowanie systemu chłodzącego. Ze względu na bardzo duży poziom hałasu,



Rys. 2



Laser 1

konieczne było przeniesienie urządzenia chłodzącego do innego pomieszczenia (laser 1).

Następne urządzenia zakupiono w 2005 r. dla urzędów w Gdańsku i w Poznaniu. Były to również urządzenia produkcji brytyjskiej, jednak o dużo lepszych parametrach lasera. Nowatorskim rozwiązaniem, po raz pierwszy zastosowanym w tego typu urządzeniach, było wykorzystanie, jako źródła itrebowego, lasera światłowodowego, chłodzonego powietrzem. Dzięki temu uzyskano urządzenie kompaktowe o ergonomicznej konstrukcji i niewielkich wymiarach (laser 2).



Laser 2

W 2007 r. zakupiono kolejne urządzenie, przeznaczone dla urzędu w Białymstoku. Tym razem był to laser wyprodukowany w Niemczech. Zastosowano w nim najnowsze źródło wiązki laserowej Yb: YAG-LASER (iterb). Podobne modele pracują w urzędach brytyjskich i szwajcarskich (laser 3).



Laser 3

Ze względu na brak funduszy inwestycyjnych pozostałe urzędy probiercze musiały czekać aż 7 lat na zakup kolejnych urządzeń. Brak odpowiedniej aparatury spowodował, że wytwórcy z wielu miast zdecydowali się na zgłaszanie wyrobów w innych, nawet dość odległych od ich siedzib urzędach, między innymi w Poznaniu, Gdańsku, Krakowie czy Warszawie.

W grudniu 2014 r. zakupiono, wspólnie z OUP w Krakowie, 4 laserowe urządzenia, w tym dwa dla działających w okręgu warszawskim wydziałów zamiejscowych w Bydgoszczy i Łodzi (laser 4). Tym razem, podczas postępowania przetargowego, po raz pierwszy oferty wpłynęły również od polskich producentów i to właśnie polska firma zaproponowała najlepszą ofertę. Są to najnowszej generacji lasery światłowodowe z włóknem itrebowym, łatwe w obsłudze, pozwalające na szybkie i precyzyjne umieszczanie cech probierczych na wyrobach z metali szlachetnych.

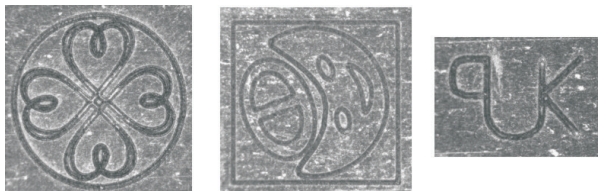
Dzięki dokonany w 2015 r. zakupom zakończono wdrażanie laserowej metody oznaczania wyrobów z metali szlachetnych we wszystkich wydziałach zamiejscowych podległych OUP w Warszawie. Mimo, iż laserowe oznaczenie wyrobów cechami probierzymi wymaga uiszczenia dodatkowej opłaty w wysokości 1,20 zł od sztuki, klienci urzędów probierczych coraz częściej wnioskuje o zastosowanie tej metody.

Laserowe urządzenia coraz częściej wykorzystywane są również do umieszczania na wyrobach znaków imiennych. Wzory graficzne znaków opraco-



Laser 4

wywane są w OUP Warszawa na wniosek wytwórcy, a następnie przesyłane do wydziałów zamiejscowych. W większości są to inicjały wytwórcy w różnych obramowaniach, jednak coraz częściej jako znaki imienne rejestrowane są symbole przedstawiające logo firmy (np. kwiatek, zarys czaszki) lub skomplikowane figury, co stwarza duże problemy z opracowaniem wizerunku graficznego (rys. 3).



Rys. 3

Za umieszczanie znaków laserowych również pobierana jest opłata w wysokości 1,20 zł, ale nie zraza to klientów i z roku na rok coraz więcej wytwórców

jest zainteresowanych taką formą oznaczania swoich wyrobów. W ciągu ostatnich pięciu lat zlecono OUP w Warszawie umieszczenie znaków imiennych na ponad 30 tysiącach wyrobów, w tym na 20 tysiącach – przy użyciu metody laserowej.

### Podsumowanie

Dzięki zastosowaniu najnowszych technologii w laserowych urządzeniach do oznaczania wyrobów z metali szlachetnych wizerunki cech są coraz doskonalsze. Największą zaletą tej metody jest jej bezinwazyjność, co powoduje, że stale wzrasta zainteresowanie klientów zgłaszających wyroby do badania i oznaczania, umieszczaniem cech i oznaczeń za pomocą lasera. W ciągu dziesięciu lat stosowania laserowych urządzeń, w OUP Warszawa oznaczono ok. 500 000 sztuk wyrobów z metali szlachetnych. W ostatnim roku na terenie warszawskiego okręgu umieszczono ok. 90 000 sztuk laserowych cech, w tym najwięcej w urzędach w Łodzi i w Bydgoszczy.

W okręgu krakowskim liczby te są znacznie wyższe i potwierdzają rosnące znaczenie metody laserowego cechowania. Potrzeby inwestycyjne urzędów probierczych w tym zakresie są bardzo duże, szczególnie ze względu na to, iż stopień zużycia pierwszych laserów, zakupionych ponad 10 lat temu, jest bardzo duży i powoduje ich rosnącą awaryjność.

### Literatura

- [1] Ustawa z dnia 1 kwietnia 2011 r. Prawo probiercze (Dz. U. 92 poz. 529 z 2011 r.).
- [2] Znakowanie laserowe – <http://automatykab2b.pl>.



## Stulecie powstania Urzędu Miar i Wag m.st. Warszawy

### One hundredth anniversary of the Warsaw City Office of Weights and Measures

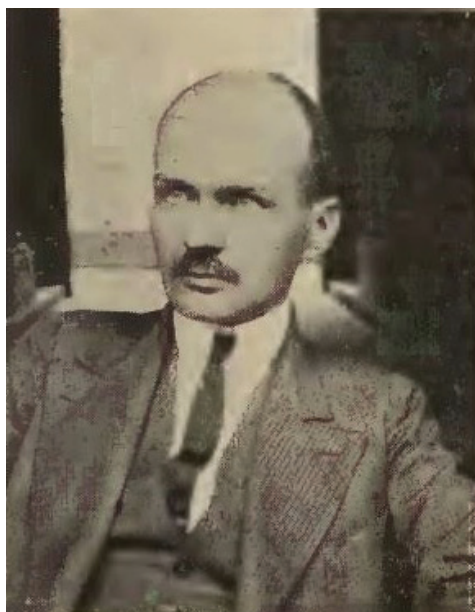
**Andrzej Barański**

*Pamięci Jerzego Mikoszewskiego artykuł ten poświęcam*

Artykuł omawia pierwsze lata kształtowania się administracji miar na terytorium Polski, znajdującej się ciągle jeszcze pod zaborami. Przedstawione zostały działania poprzedzające powołanie Urzędu Miar i Wag m.st. Warszawy, jego funkcjonowanie tuż przed odzyskaniem przez Polskę niepodległości oraz prace, które doprowadziły do utworzenia Głównego Urzędu Miar.

The article describes early years of the Polish administration of measures, while Poland as a country was still under occupation. There are shown pre-appointment operations of the Warsaw City Office of Weights and Measures, its functioning just before Poland regained independence and the work that led to the creation of the Central Office of Measures.

W roku bieżącym mija setna rocznica utworzenia Urzędu Miar i Wag m.st. Warszawy – pierwszego organu administracji, o czysto polskim obliczu. Pod naporem państw centralnych łamał się po 123 latach panowania reżym carski. Ostatni rosyjski prezydent Warszawy, Aleksander Miller przekazał władzę księciu Zdzisławowi Lubomirskiemu, przewodniczącemu Komitetu Obywatelskiego i opuścił Królestwo Polskie. Pozornie nic się nie zmieniło, miejsce dawnych okupantów zajęli nowi. Ale tym ostatnim zależało na ułożeniu



fol. 1. Inż. Zdzisław Rauszer  
– zdjęcie z połowy 1920 roku („Świat” 1927)

dobrych relacji ze społeczeństwem. Za zgodą generała gubernatora niemieckiego Hansa von Besselera, 23 kwietnia 1916 r. powstał Urząd Miar i Wag m.st. Warszawy. Urząd budował zaufanie i autorytet obywateli do nowych polskich władz miasta. Choć istniał zaledwie trzy lata, stanowił pomost między dawnymi a nowymi czasami, doprowadzając do utworzenia Głównego Urzędu Miar – organu administracji rządowej. Jednak Urząd Miar m.st. Warszawy w pewnym sensie kontynuował

działalność V (warszawskiej) Izby Miar i Wag. Czerpał z jej dobrych praktyk, a odrzucał wszystko co złe i nienadające się do powielenia w nowej polskiej rzeczywistości. A stało się to wszystko przy wydatnym udziale inż. Zdzisława Rauszera – twórcy polskiej administracji miar i dyrektora GUM, już w niepodległej Ojczyźnie (fol. 1).

#### Trudne dziedzictwo

V (warszawska) Izba Miar i Wag została utworzona 1 września 1900 r. przez rosyjskie ministerstwo skarbu, na

wniosek Dymitra Mendelejewa, ówczesnego kierownika Głównej Izby Miar i Wag. Była jedną z dwudziestu oddziałów uruchomionych w latach 1900–1902 na terenie całego imperium carskiego. Została zorganizowana przy Instytucie Politechnicznym im. Mikołaja II (Politechnice Warszawskiej), w Gmachu Chemii, przy ul. Koszykowej 75 (fol. 2). W marcu 1901 r. przeniesiono ją do budynku przy ul. Brackiej 17, róg Widok. W 1907 r. Izbę odnajdujemy pod



fot. 2. Gmach Chemii Politechniki warszawskiej – zdjęcie współczesne

adresem: Kopernika 14, a rok później już w nowym miejscu – przy ul. Szczygłej. Struktura organizacyjna Izby była skomplikowana, ale charakterystyczna dla całej carskiej administracji. Wszyscy pracownicy mogli być mianowani na urzędników legalizacyjnych wyłącznie przez Główną Izbę, na wniosek władz warszawskiej uczelni, przy czym podstawowym warunkiem było pomyślne zdanie egzaminu przed komisją w Petersburgu. Zakres kompetencji terytorialnych Izby był na początku ograniczony do samej Warszawy, jednak już w 1903 r. uległ rozszerzeniu na gubernie: piotrkowską, kielecką i radomską, a w 1908 r. na trzy dalsze: warszawską, lubelską i kaliską. Utworzono też w Lublinie filię warszawskiej Izby, niezbędną m.in. do obsługi istniejącej w mieście od 1879 r. fabryki wag



fot. 3. Urząd Miar i Wag m.st. Warszawy. Ulica Piękna 66a – zdjęcie współczesne

**Kamienica dochodowa, ul. Piękna 66a** (nr hip. 6693), została zbudowana około 1911 r. Od zewnątrz nie zachwycała elegancją, ale wewnątrz była wyposażona we wszelkie nowoczesne wygody: elektryczność, wodociąg i kanalizację, windę frontową i służbową. Była czteropiętrowa, sześciosiowa, z niesymetrycznie umieszczonym przejazdem bramnym. Najelegantsze były mieszkania cztero- i trzypokojowe. Lokale użytkowe mieściły się od ulicy, w wysokich parterach, do których z bramy prowadziły dwa wejścia paradne. Jeden z nich wynajmowała V (warszawska) Izba Miar i Wag, a potem Urząd Miar i Wag m.st. Warszawy. W płytkim podwórzu stały dwie prostopadłe oficyny. W ten sposób powstało małe podwórko-studnia, do którego nigdy nie dochodziło słońce. Okna pomieszczeń laboratoryjnych Urzędu wychodziły na zawsze ciemne i wilgotne podwórko, sprawiając pracownikom duży dyskomfort. Lokale mieszkalne zajmowali tzw. solidni lokatorzy, wśród których byli: dyplomowany nauczyciel, Bolesław Rajchlewicz, poliglota, nauczyciel języków nowożytnych; Zygmunt Moczarski, lekarz weterynarii; inż. Antoni Humnicki i kilka zamożnych rodzin z małymi dziećmi.

Wilhelma Hessa – jednej z największych w całym imperium. Izby kierowali zawsze Rosjanie: Mikołaj Zinin (1900–1907), prof. Uniwersytetu Warszawskiego i Arkadiusz Josifow (1907–1915), kandydat nauk matematycznych (dziś odpowiednik stopnia naukowego doktora). Początkowo personel stanowił zespół trzyosobowy, ale ulegał stopniowemu zwiększaniu. Wraz z upływem czasu przewagę w obsadzie Izby zaczęli zdobywać Polacy. Wśród urzędników i legalizatorów spotykamy polsko brzmiące nazwiska: Stefan Cier, Karol Jaworski, Aleksander Jedyński, Michał Kurnatowski, Franciszek Nasiłowski, Stefan Niemyski i Władysław Smosarski – późniejszy prof. Uniwersytetu Poznańskiego, specjalista meteorolog. W 1903 r. pierwsze kroki w zawodzie metrologa stawiał Stanisław Muszkat, kandydat nauk matematycznych, późniejszy wieloletni wicedyrektor GUM. W 1904 r. został on przeniesiony do filii Izby w Lublinie, a w 1907 r. mianowany jej kierownikiem. W 1911 r. personel Izby został powiększony do jedenastu osób i wtedy nastąpiła przeprowadzka na ul. Piękną 66a. (fot. 3).

## Zaczął się w Petersburgu

Petersburg przełomu XIX i XX w. był azyłem twórczej i stosunkowo bezpiecznej pracy dla wielu Polaków z Królestwa i z tzw. ziem zabranych. Nie było tu apuchtinowskiej polityki rusyfikacji i prześladowań z powodu „nieprawomyślności”. Stolica imperium stanowiła duży ośrodek przemysłu, nauki, kultury i oświaty, a Polacy rozplęli się tu w wielonarodowościowej masie, nie będąc tak bardzo widocznymi. W mieście funkcjonowała duża kolonia polska, wśród której żyły kilkupokoleniowe rodziny: Segnów, Knappów, Olszewskich, Hiżów, Chrzanowskich, Rzeszotarskich i inne, podtrzymujące język, tradycję i kulturę. Działały polskie stowarzyszenia, polskie szkolnictwo, prasa polskojęzyczna, na wyższych uczelniach studiowało wielu rodaków. Petersburg był też ośrodkiem władz kościelnych katolickiego arcybiskupstwa mohylewskiego i siedzibą Rzymskokatolickiego Seminarium Duchownego, a także Koła Polskiego w Dumie Państwowej. W 1896 r. w tym środowisku znalazł się Zdzisław Rauszer, jako student Instytutu Technologicznego. Uczelnia była bardzo popularna wśród młodzieży polskiej. Władze przejawiały wobec niej zadziwiająco liberalny stosunek, a zdarzało się nawet, że niektórzy profesorowie traktowali polskich studentów z wyjątkową życzliwością. W Instytucie Technologicznym wykładało wielu profesorów Polaków, np. inż. Hipolit Jewniewicz, później jeden z organizatorów szkoły im. Wawelberga i Rotwanda; Antoni Xęzopolski, konstruktor parowozów, pionier budowy lokomotyw spalinowych, późniejszy profesor Politechniki Warszawskiej; doc. Ignacy Jasiukowicz, późniejszy dyrektor jednych z największych w Rosji putiłowskich zakładów metalurgicznych, a także inni. Spośród Rosjan wysokim szacunkiem darzony był Dymitr Mendelejew, niepokorny, pozbawiony docentury i dyscyplinarnie zwolniony z pracy w Instytucie. W tę atmosferę Rauszer wtopił się bez reszty i tu ukształtował swój przyszły światopogląd. Kuchnia Studencka Polska i Kasa Studencka pełniły rolę ukrytych klubów towarzyskich, gdzie tworzyły się koła dyskusyjne i samokształceniowe. Poczucie godności narodowej stopniowo wpływało na kształtowanie się typu ideowca-patrioty, a mniej internacjonalisty. Wszystko to stworzyło grunt do powstania w 1897 r. pierwszego koła Młodzieży Polskiej „Zet”. Z niego wyłoniło się Zjednoczenie Młodzieży Narodowej im. A. Mickie-



fol. 4. Główna Izba Miar i Wag w Petersburgu – ze zbiorów Autora

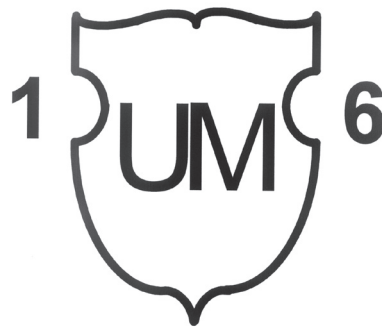
wicza, na którego czele stanął Rauszer. W takim środowisku upłynęło Rauszerowi pięć lat studiów, zakończonych dyplomem inżyniera technologa. W 1903 r. powrócił on do Warszawy i podjął pracę jako nauczyciel mechaniki cieplnej i budowy parowozów w szkole Kolei Warszawsko-Wiedeńskiej oraz jako redaktor czasopisma narodowców „Kolejarz”. Za udział uczniów w strajku szkolnym i za odmowę prowadzenia wykładów w języku rosyjskim szkoła kolejowa została zamknięta, a Rauszer pozbawiony pracy, co stało się powodem kłopotów finansowych całej jego rodziny. W 1909 r. Rauszer postanowił wyjechać do Petersburga za chlebem, gdzie znalazł przyjazne środowisko, mieszkała tam m.in. rodzina żony. W Petersburgu podjął zatrudnienie w Głównej Izbie Miar i Wag, jako asystent prof. Fiodora Blumbacha (fol. 4). Rauszer uczestniczył też w obserwacjach zaćmienia słońca, które później miały posłużyć do uruchomienia pracowni pomiarów czasu. Brał także udział w pracach nad ustanowieniem wzorca arsyzyna oraz nad ustaleniem relacji między rosyjskimi i metrycznymi miarami długości.

## Praca u podstaw

Na początku lata 1915 r. Rosjanie wiedzieli już, że w obliczu swych klęsk na froncie, opuszczenie Królestwa Polskiego jest kwestią krótkiego czasu. U sчыłku wiosny tego roku rozpoczęli ewakuację w głąb imperium ważnych dla siebie instytucji: zakładów przemysłowych, banków, urzędów i ośrodków władzy. Wśród nich znalazła się także V (warszawska) Izba Miar i Wag, wraz ze sprzętem, personelem i archiwum. Im Niemcy byli bliżej Warszawy, tym exodus stawał się bardziej chaotyczny i nerwowy. Platformami konnymi, dorożkami, wozami

chłopskimi wyjeżdżały przez Pragę całe rodziny z dobytkiem. Z 4 na 5 sierpnia ostatnie jednostki tyłowe opuściły Warszawę, wysadzając mosty. Jeszcze do 8 sierpnia wojsko czasowo stacjonowało na Pradze, ostrzeliwując instalujących się w Warszawie Niemców. Nieobecność warszawskiej Izby wyzwoliła aktywność nieuczciwych sprzedawców. Zaczęły się nasilać oszustwa przy ważeniu i mierzeniu. W tej sytuacji władze miejskie Warszawy kierowane przez Zdzisława księcia Lubomirskiego, przewodniczącego Komitetu Obywatelskiego, postanowiły jak najszybciej uruchomić urząd miar i wag, o czysto polskim obliczu. Rozpoczęto więc poszukiwanie kandydata, który potrafiłby to zorganizować od podstaw na należytych poziomach i poprowadzić instytucję. Tak się złożyło, że członkiem Komitetu Obywatelskiego był wtedy Andrzej Wierzbicki. Prawdopodobnie to on wysunął kandydaturę Rauszera – swego kolegi z Petersburga – na to stanowisko. Została ona zaakceptowana. Ale sam pretendent przebywał wówczas w Petersburgu, oddzielnym linią frontu. Niezrażony trudnościami, drogą okrężną przez Finlandię postanowił jak najszybciej dotrzeć do Warszawy. Po pokonaniu wielu nieprzewidzianych sytuacji, w końcu 1915 r. stanął się w Ratuszu u księcia Zdzisława Lubomirskiego i już w pierwszych dniach lutego przystąpił do realizacji powierzonego mu zadania. Zapał tworzenia był tak duży, że 23 kwietnia 1916 r. Urząd Miar i Wag m.st. Warszawy, pod jego kierownictwem podjął działalność w opuszczonym gmachu przy ul. Pięknej 66a.

Ale sytuacja nie napawała optymizmem. Brak było wyposażenia, a szczupłość personelu uniemożliwiała podjęcie kontroli miar i wag w handlu. Z drugiej strony, coraz mocniej był akcentowany przez magistrat wymóg stosowania narzędzi mierniczych z „cechą urzędową nowego typu” (fot. 5). Na początku 1917 r. odbyła się kontrola cechowania miar i wag w składach materiałów medycznych. Kilka miesięcy potem przeprowadzona została przez wydział miejski miar i wag, w asyście milicji, kontrola stosowania przez właścicieli sklepów „ciężarków” zaopatrzonych w stemple nowego typu. Okazuje się, że do najczęstszych oszustw dochodziło nie w sklepach, a na placach targowych, podczas czynności ważenia za pomocą wag szalkowych, tzn. bez stałego punktu zawieszenia. Jak podaje ówczesna prasa, różnice ważonego towaru mogły dochodzić nawet do 30–40 procent na niekorzyść klienta. Odzywają się głosy społeczeństwa o konieczności wycofania w ogóle wag



fot. 5. Wizerunek cechy Urzędu Miar m.st. Warszawy (cyfry „1” i „6” oznaczają rok 1916)

tego typu z użycia. Batalii o dobro klienta służą też różne akcje edukacyjno-informacyjne. Taki cel miał np. odczyt Zdzisława Rauszera „O potrzebach i sposobach uproszczenia systemu miar w Polsce”, wygłoszony w siedzibie Kupców Polskich w Warszawie. Albo znów akcja magistratu, promująca stosowanie tablic opracowanych przez inż. techn. Mieczysława Teichfelda, ułatwiających przeliczanie stosowanych dotąd jednostek miar, na metryczne. Trudna sytuacja finansowa magistratu wymusza rozwiązania pośrednie. Pojawiają się prywatne instytucje wspierające Urząd. Bliżej nieznanego dotąd Towarzystwo „Miernik”, które początkowo ma nawet siedzibę przy ul. Pięknej 66a, „przyjmuje wagi, miary i ciężarki do naprawy i stemplowania nowym stemplem”. Niebawem firma ta przenosi się na ul. Koszykową 67 i tam funkcjonuje do początku lat 20. Zostaje też nawiązana współpraca z dużą fabryką wag Alfreda Krzykowskiego (ul. Chłodna 14), która reklamuje się produkcją „stemplowanych” wag, miar i odważników. W końcu 1917 r. Rauszer jest ciągle kierownikiem Urzędu Miar i Wag m.st. Warszawy, ale jego ambicje sięgają dalej.

### Projekt dekretu o miarach

W 1917 r. Rauszer, z inspiracji Jana Zaglenicznego – ministra w Tymczasowej Radzie Stanu, przystąpił do tworzenia projektu polskiej ustawy o miarach. Podstawą była rosyjska ustawa o miarach z 1899 r., wzbogacona o elementy ustawy austriackiej z 1907 r. i niemieckiej z 1908 r., a także o przemyslenia własne autora. Projekt powoływał Główny Urząd Miar i w sposób jednoznaczny wprowadzał system metryczny, pozostawiając jako dopuszczone do

stosowania niektóre popularne jednostki spoza tego systemu. Sankcjonował wprowadzony wcześniej dla Królestwa Polskiego czas środkowoeuropejski i kalendarz gregoriański oraz powoływał Królewski Instytut Metrologiczny – instytucję o charakterze naukowym. Służyć ona miała do rozwiązywania problemów naukowo-technicznych, a jeden z wydziałów miał zarządzać pracami urzędów miar rozsianych na terenie całego kraju. Ustawa wymieniała wyłącznie podstawowe jednostki fizyczne, pozostawiając ustanawianie jednostek wtórnych komisjom złożonym z fizyków, inżynierów i praktyków wywodzących się ze służby legalizacyjnej. Projekt wprowadzał obowiązek sprawdzania narzędzi mierniczych używanych w obrocie publicznym i przy wykonywaniu czynności urzędowych. Za przekroczenie przepisów ustawy projekt przewidywał kary administracyjne i sądowe. Na przełomie 1917 i 1918 r. był już gotów projekt schematu organizacyjnego nowego ministerstwa przemysłu i handlu, w skład którego miał wejść Główny Urząd Miar, łącznie z Państwowym Instytutem Metrologicznym (NMI). Projekt ów, jak na ówczesne czasy, był bardzo postępowy w stosunku do podobnych w innych uprzemysłowionych krajach. Jednak po ogłoszeniu go drukiem wynikł konflikt pomiędzy dyr. Rauszerem a prof. Stanisławem Kalinowskim,

kierownikiem Instytutu Fizyki Technicznej. Dotychczasową działalność tej placówki w zakresie narzędzi mierniczych, według nowych uregulowań, miałby przejąć NMI. W długich dyskusjach nad projektem uczestniczyli zwolennicy i oponenty takiej koncepcji. Ostatecznie szalę przeważył prof. Józef Wierusz-Kowalski, opowiadając się za stanowiskiem Kalinowskiego. W ten sposób projekt w spornym fragmencie upadł, a zakres uprawnień przyszłego NMI został zdeprecjonowany przez równoległe funkcjonowanie Instytutu Fizyki Technicznej. Projekt Rauszera z poprawkami stanowił podstawę opracowania pierwszego polskiego *Dekretu o miarach* opublikowanego 1 kwietnia 1919 r. Zasadnicza poprawka, wprowadzona przez Wierusz-Kowalskiego, miała wpływ na ramy organizacyjne, w jakich rozpoczął działalność utworzony już w wolnej Polsce Główny Urząd Miar, uniemożliwiając powołanie NMI, co Rauszer odczuł jako osobistą porażkę.

1 kwietnia 1919 r. definitywnie zakończył działalność Urząd Miar i Wag m.st. Warszawy. Został przejęty przez państwo i przekształcony w Warszawski Okręgowy Urząd Miar. Równocześnie powstał Główny Urząd Miar, funkcjonujący w strukturach ministerstwa przemysłu i handlu.

## Ciekawostki metrologiczne

wybór i opracowanie: **Karol Markiewicz** redaktor naczelny

- W Głównym Urzędzie Miar uruchomiono stanowisko wzorcowe momentu siły, które umożliwia wzorcowanie przetworników momentu siły oraz kluczy dynamometrycznych referencyjnych (transferowych, ang – *transfer torque wrench*) w zakresie pomiarowym od 1 N·m do 5000 N·m. Pomiary momentu siły są stosowane w wielu gałęziach gospodarki, m.in. w przemyśle samochodowym, energetycznym i lotniczym. Znajdują zastosowanie np. do badania mocy turbin i silników oraz przy dokręcaniu śrub mocujących koło pojazdu.
- 100 lat temu – 23/24 stycznia 1916 r. w miejscowości Browning w stanie Montana temperatura powietrza spadła z +6,7 °C do –48,8 °C (44 °F to –56 °F) w ciągu jednego dnia. Jest to rekordowy spadek temperatury w historii dokonywanych pomiarów, odnotowany w ciągu 24 godzin.

W Głównym Urzędzie Miar używany jest państwowy wzorzec, który odtwarza i przekazuje jednostki miary temperatury w zakresie od –189,3442 °C do 961,78 °C.

Dla przypomnienia:

32 °F to 0 °C, a 212 °F to 100 °C;

$$T_{\text{Fahrenheit}} = 32 + 9/5 * T_{\text{Celsjusz}}$$

- 50 lat temu, w 1966 r. w Japonii oficjalnie zakazano używania japońskich jednostek miary (system *Shakkan* – nazwę wzięto od dwóch jednostek miary, długości *shaku* i masy *kan*). System japoński został oparty na chińskim systemie miar, który przejęto w roku 701 i niewiele zmieniono.

Podobnie wiele tajwańskich jednostek miar jest opartych na systemie *Shakkan*. Choć system metryczny wprowadzono w Japonii już w 1924 r., to stare jednostki są dalej używane w takich dziedzinach jak ciesielstwo i rolnictwo. Również grunty, czy powierzchnie łazienek i pokoi podaje się w dawnej jednostce *tsubo*.

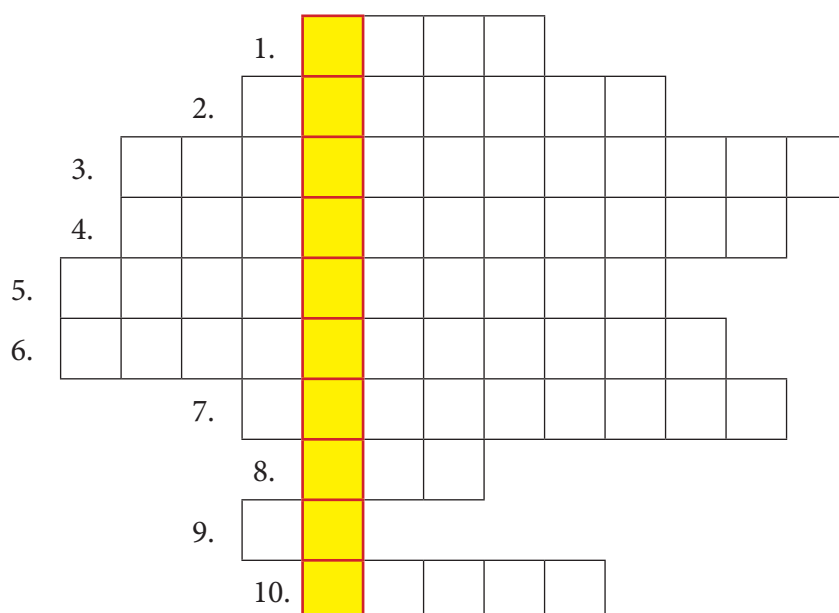
W Polsce od 1966 r. obowiązuje Międzynarodowy Układ Jednostek Miar (SI), którego 7 podstawowych jednostek to:

**metr (długość), kilogram (masa), sekunda (czas), amper (prąd elektryczny), kelwin (temperatura termodynamiczna), mol (liczność materii) oraz kandela (światłość).**

- Pewien malarz ikon, gdy jest za sucho w pracowni, wylewa na podłogę 10 wiader wody i sprawdza na higrometrze, czy wilgotność jest odpowiednia – powinna osiągnąć co najmniej 60 %. Dopiero wtedy nakłada złoto na ikonę, bo dzięki temu uzyskuje ono ładniejszy blask. Kiedy natomiast malarz obmierza powierzchnie ścian świątyni, używa nie mierników laserowych a 10-metrowej miarki, złożonej z dwóch połączonych wędek [1].

Po raz pierwszy proponuję krótką krzyżówkę z hasłem. Mam nadzieję, że jeśli nawet dla wielu z Państwa jej rozwiązanie nie będzie trudne, to może choć okaże się miłym urozmaicheniem lektury.

### Krzyżówka z hasłem



Podpowiedzi:

1. jednostka długości
2. jednostka czasu
3. atestacja przez stronę trzecią
4. inaczej kalibracja
5. nanoszenie jednej lub więcej cech
6. może być pierwotna lub ponowna
7. na przykład metryczna
8. Główny Urząd Miar
9. Międzynarodowy Układ Jednostek Miar
10. jedna z podstawowych jednostek SI

### Literatura

- [1] Jeż D., *Każdy może zostać ikonopisarzem*. [w:] Polityka Nr 51/52 (2015).
- [2] *Polska administracja miar. Vademecum*. GUM Warszawa 2015.
- [3] *Międzynarodowy Słownik Terminów Metrologii Prawnej*. GUM Warszawa 2015.
- [4] Wikipedia.

## 26.03.1791

## PRZYJĘCIE DEFINICJI METRA

**225 lat** temu przyjęto we Francji pierwszą na świecie definicję metra. Na bazie tej definicji wykonano platyniowy prototyp – wzorzec metra, który w 1799 r., obok wzorca kilograma, zdeponowano w Archives de la Republique w stolicy Francji. Wzorzec do dziś przechowywany jest w Międzynarodowym Biurze Miar i Wag w Sèvres pod Paryżem. W 1889 r. metr, wraz z jednostką masy i jednostką czasu, stworzył układ jednostek, określany jako **MKS (Metr Kilogram Sekunda)**. System MKS w 1960 r. został zastąpiony przez układ SI.

## Z żałobnej karty

### WILLEM KOOL



12 lutego 2016 r. w wieku 63 lat zmarł wybitny specjalista w zakresie metrologii prawnej Willem Kool.

Od 2007 r. był zastępcą dyrektora Międzynarodowego Biura Metrologii Prawnej. Ze względu na swą funkcję był znany we wszystkich krajach członkowskich Międzynarodowej Organizacji Metrologii Prawnej (OIML) oraz Konwencji Metrycznej, a także wielu organizacjach międzynarodowych (ISO, IEC i innych). Był ceniony za swą rozległą wiedzę, szanowany i lubiany.

Willem Kool dał się poznać jako znakomity organizator pracy przedstawicieli wielu krajów dla sprawnej realizacji zadań spoczywających na OIML. Jego obowiązki obejmowały m.in. koordynację prac nad publikacjami międzynarodowymi tej organizacji, stanowiących jedno z głównych zadań OIML.

Kilkakrotnie odwiedzał Główny Urząd Miar, gdzie zapamiętaliśmy go jako wspaniałego Kolegę, życzliwego i chętnie wspomagającego nas swoją wiedzą. Ostatni raz gościliśmy Go w 2014 r., podczas 95-lecia GUM, w Światowym Dniu Metrologii. W trakcie tej wizyty wystąpił m.in. na spotkaniu w Ministerstwie Gospodarki z prezentacją dotyczącą współpracy w metrologii i roli OIML. Prezentacja znalazła swoje miejsce także na łamach Biuletynu GUM „Metrologia i Probiernictwo”.

Kiedy wówczas rozmawialiśmy z Nim powiedział, że bardzo lubi Polskę i zamierza przyjechać do naszego kraju ponownie. Poważna choroba przekreśliła te Jego plany...

Zachowamy Willema w naszej pamięci na zawsze...



## KALENDARIUM NADCHODZĄCYCH WYDARZEŃ 2016

<b>Maj</b>	
<b>7</b>	<b>Warszawa, Stadion Narodowy</b> – Jubileuszowy XX Piknik Naukowy Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik. Tematem przewodnim będą związki nauki ze zdrowiem.
<b>11–13</b>	<b>Helsinki</b> – Posiedzenie Komitetu WELMEC.
<b>11–13</b>	<b>Warszawa, Centrum EXPO XXI</b> – XXIII Międzynarodowe Targi Stacja Paliw 2016.
<b>11–13</b>	<b>Poznań, Politechnika Poznańska</b> – 5. Międzynarodowa Konferencja poświęcona metrologii kwantowej.
<b>14</b>	<b>Warszawa, GUM</b> – Noc Muzeów.
<b>20</b>	<b>Warszawa, GUM</b> – Światowy Dzień Metrologii pod hasłem „Pomiary w dynamicznym świecie”.
<b>23–27</b>	<b>Oslo</b> – Zgromadzenie Generalne EURAMET połączone z sympozjum naukowym Scientific Symposium, Oslo, Norwegia.
<b>Czerwiec</b>	
	<b>Budapeszt, Urząd Probierczy</b> – Coroczna sesja Grupy Wyszehradzkiej (GV4) z udziałem dyrektorów okręgowych urzędów probierczych w Warszawie i w Krakowie.
<b>5–8</b>	<b>Szczyrk</b> – Konferencja Podstawowe Problemy Metrologii 2016.
<b>8</b>	<b>Warszawa, GUM</b> – Seminarium pt. „Nowe metody testowania produktów aerozolowych do zastosowań w radiografii przemysłowej”.
<b>26.06–1.07</b>	<b>Zakopane</b> – 13. Sympozjum TEMPMEKO „Pomiary temperatury i ciepła w przemyśle i nauce”.
<b>28.06–1.07</b>	<b>Lublin, Nałęczów</b> – VII Kongres Metrologii.

Biuletyn Głównego Urzędu Miar „Metrologia i Probiernictwo” jest wydawany, w obecnej formule, od czerwca 2013 r. Kwartałnik pokazuje w możliwie obszerny sposób działalność polskiej administracji miar, jak również administracji probierczej. Dzięki temu czytelnicy mają okazję poznać dorobek laboratoriów dokonujących pomiarów, a także dowiedzieć się więcej o zadaniach realizowanych przez terenową administrację miar. W Biuletynie prezentowane są zagadnienia związane z techniką i pomiarami, prawną kontrolą metrologiczną czy współpracą w zakresie międzynarodowych programów naukowo-badawczych. Swoje miejsce w publikacji znajduje również przegląd najważniejszych wydarzeń w świecie metrologii.

Staramy się być blisko wszystkiego, co ważne w metrologii. Przekazujemy treści interesujące zarówno dla profesjonalistów, jak też i dla osób nie zajmujących się metrologią. Stąd też w Biuletynie pojawiają się artykuły na temat aktualnych zagadnień technicznych w metrologii, omówienia aktów prawnych, ale także wywiady i artykuły popularyzatorsko-historyczne. Artykuły zostały poprzedzone krótkimi opisami zawartości w języku angielskim.

Łamy pisma są otwarte dla wszystkich, którzy chcieliby poruszyć ciekawy temat metrologiczny czy podzielić się wiedzą z jakiejś konkretnej specjalizacji. Zachęcamy Państwa do współredagowania pisma i przysyłania swoich propozycji. Dla autorów przewidujemy wynagrodzenie. Zapraszamy do kontaktu z redakcją: [biuletyn@gum.gov.pl](mailto:biuletyn@gum.gov.pl).

In the current shape the bulletin of the Central Office of Measures “Metrology and Hallmarking” has been issued since June 2013. The “Metrology and Hallmarking” quarterly presents as broadly as possible the activity of the Polish administration of measures and hallmarking administration as well. Thanks to this fact the readers have the opportunity to familiarize themselves with the output of the laboratories dealing with measurements and learn more about tasks fulfilled by the local administration of measures. In the bulletin there are presented issues connected with technology, measurements, legal metrological control and cooperation in the field of the international research and development programs as well. In the publication there is also place for review of the important events in the world of metrology.

We try to be close to everything what is important for metrology. We transfer contents interesting for both professionals and persons who deal not with metrology. Hence in the bulletin there appear papers on current technology issues in metrology, legislation reviews, interviews and contributions with promoting and historical contents. The contributions are introduced by abstracts in English.

The bulletin is open for everybody who wants to rise an interesting metrology issue or to share with the knowledge in some specific area. We would like to encourage you to participate in the edition of the bulletin and to send us your proposals. As foreseen, the authors of contributions will be paid. We would like to invite you to make contact with the redaction: [biuletyn@gum.gov.pl](mailto:biuletyn@gum.gov.pl).

# Metrologia

## Pomiary w dynamicznym świecie

