



METROLOGIA

Biuletyn Głównego Urzędu Miar

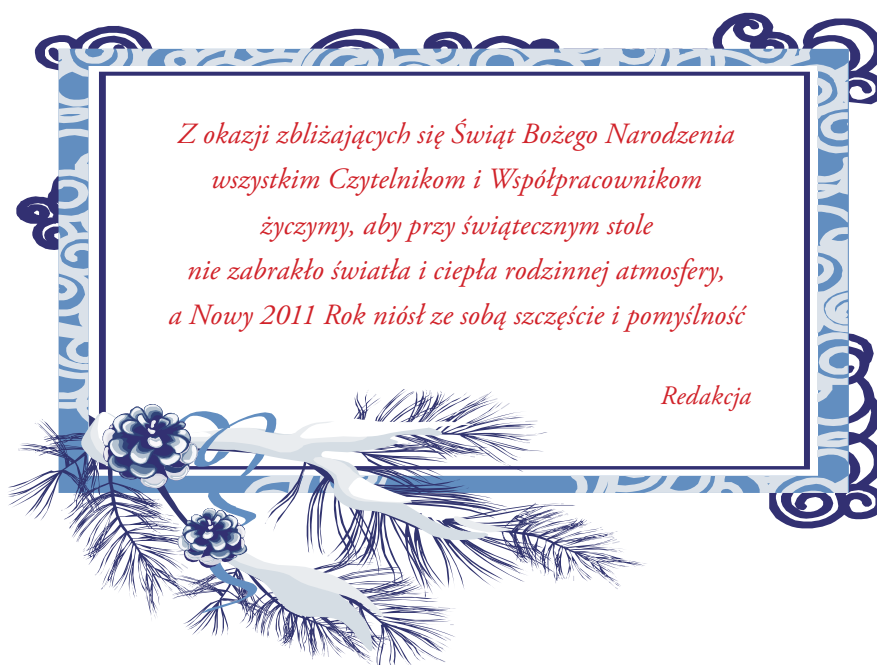
Nr 4(19)

grudzień 2010



W bieżącym numerze:

| | |
|---|----|
| <i>Informacja o Posiedzeniu OIML TC1 „Terminologia”</i> – J. Borzymiński | 3 |
| <i>Przemówienie otwierające posiedzenie OIML TC1</i> – J. M. Popowska..... | 5 |
| <i>Przemówienie na zakończenie posiedzenia OIML TC1</i> – D. Habich..... | 6 |
| <i>Wzorcowanie spektrofotometrów odbiciowych i kolorymetrów trójchromatycznych</i> – A. Zydorowicz, K. Książek, S. Górnik | 8 |
| <i>Chemiczne materiały odniesienia</i> – H. Szewczyk | 18 |
| <i>Metody sprawdzania liczników energii elektrycznej prądu przemiennego i stałego</i> – M. Kaźmierski..... | 22 |
| <i>Niepewność pomiaru przy kontroli metrologicznej wodomierzy</i> – P. Sikorski ... | 26 |
| <i>Wyznaczanie płaskości płyt pomiarowych oraz prostoliniowości liniałów różnymi metodami</i> – P. Zalewski | 30 |
| <i>Nowe kierunki rozwoju stanowisk wzorcowych objętości przepływu wody w aspekcie wymagań dyrektywy MID</i> – W. Gosk | 33 |
| <i>Przedział rozszerzenia jako miara niepewności pomiaru</i> – P. Fotowicz..... | 37 |



Posiedzenie Komitetu Technicznego 1 „Terminologia” Międzynarodowej Organizacji Metrologii Prawnej (OIML) 29 – 30 września 2010 r.



W dniach 29 – 30 września 2010 roku, w Głównym Urzędzie Miar odbyło się posiedzenie Komitetu Technicznego 1 „Terminologia” (TC1 Terminology) Międzynarodowej Organizacji Metrologii Prawnej (OIML).

OIML jest także wydawcą Międzynarodowego Słownika Terminów Metrologii Prawnej (VIML), drugiej obok Międzynarodowego Słownika Metrologii (VIM, opracowanego pod auspicjami Międzynarodowego Biura Miar) publikacji w zakresie podstawowej terminologii z zakresu pomiarów i przyrządów pomiarowych.

Wrześniowe posiedzenie OIML TC1 poświęcone było pracom nad nowelizacją „Międzynarodowego Słownika Terminów Metrologii Prawnej”. Poprzednie wydanie Słownika ukazało się w Paryżu w 2000 roku i poprzedziło je podobne spotkanie zorganizowane w GUM w listopadzie 1998 roku. Zarówno wtedy, jak i obecnie,

wszystkie prace związane z opracowaniem kolejnych projektów VIML i jego ostateczną redakcją pozostają w gestii Sekretariatu OIML TC1, który zlokalizowany jest (od 1961 roku) w Głównym Urzędzie Miar.

Przedmiotem obrad był 2. Projekt Komitetowy znowelizowanego wydania VIML (VIML2 2 CD). W ciągu dwóch dni obrad dokonano szeregu uzgodnień zarówno co do treści słownika jak i brzmienia wielu definicji. Uzgodnienia te nie byłyby możliwe na innej drodze wobec naturalnego zróżnicowania propozycji przedstawianych przez poszczególne



kraje. Dyskusja dotyczyła również problematyki zapewnienia spójności terminologicznej bardzo licznych obecnie publikacji. W dyskusji zauważyć można było zgodność opinii co do pilnej potrzeby nowelizacji pod względem terminologicznym starszych publikacji.

Godnym uwagi jest fakt, że spotkanie OIML TC1, było pierwszym tego rodzaju wydarzeniem zrealizowanym w nowoczesnej formule, tzn. z minimalną ilością papierowych materiałów konferencyjnych, a za to z wykorzystaniem bezprzewodowej sieci lokalnej. Wszystkie materiały, zarówno te będące przedmiotem dyskusji, jak i źródłowe, dostępne były w każdej chwili dla uczestników poprzez wspomnianą sieć. W ten sam sposób dostarczane były materiały przez uczestników.

Powyższa formuła pozwoliła na to, że wyniki obrad wraz z podjętymi uchwałami dostępne były dla wszystkich uczestników spotkania w wersji elektronicznej już w chwili zamknięcia obrad.

Realizacja przez GUM zadań Sekretariatu OIML TC1 przyczynia się do promocji Polski na forum światowej organizacji, jaką jest OIML i podnosi rangę Polski (i GUM) wśród krajów członkowskich tej organizacji.

dr Jerzy Borzymiński



OIML TC1 meeting opening address by the President of the Central Office of Measures

Ladies and Gentlemen,

It is my honour and pleasure to welcome all of you to the Meeting of OIML TC1: Terminology.

I am very glad for the opportunity to organize this meeting in Poland, in the Central Office of Measures. I would like to express my special thanks to Dr. Willem Kool, who has accepted our invitation to chair all sessions of this meeting. I am grateful to all the experts for their involvement to harmonize the language of measurement.

Ladies and Gentlemen,

It is often emphasized that language has the ability of bringing people together. Over the next couple of days experts from four different continents will be working hard to build a foundation for good understanding in metrology area.

Harmonization of terminology used in the field of legal metrology has been a difficult process initiated nearly half a century ago. One of the key actors in this field was Professor Jan Obalski. Mr. Obalski was a scientific advisor to the President of the Central Office of Measures. He played a leading and crucial role in the preparation of the first edition of the Vocabulary of Legal Metrology in the 1960s.

There are still different philosophies and approaches to measurement. Creating a single vocabulary of metrology, which harmonizes the language of measurement is the most important in today's globalizing world.

It is commonly believed that unification of the language of metrology removes barriers between all stakeholders of the international metrology society. Importance of the international aspects of terminology in legal metrology and the need to speak a common language in international cooperation cannot be denied.

Moreover, standardization of general definitions in metrology is the first step to further activity to formulate requirements for measurement devices and unified methods to check them. The recommendations of the OIML for detailed measurement devices are the result of these works and a lot of countries implement these recommendations into their international legislation.

Given the globalization of economies and the necessity to ensure free access to the international market, OIML and its many technical committees face a big challenge to adjust the recommendations to technical progress. This process is still going on.

Another very significant part of the OIML activities – is the technical assistance for developing countries, especially in the field of establishing their metrological structures, implementing law on metrology and training. Thanks to these works those countries have got the good possibility to enter the path of economic growth.

Ladies and Gentlemen, let me wish you successful proceedings.

Janina Maria Popowska
President of the Central Office of Measures

OIML TC1 meeting closing remarks by the Vice-President of the Central Office of Measures

Ladies and Gentlemen,

We have reached the end of the Meeting of OIML TC1 “Terminology” at which point I would like to express my sincere gratitude to all of you for your participation in the Meeting and for your valuable contributions to its proceedings.

Issues pertaining to terminology are fundamental and tackling them requires vast knowledge and benevolent cooperation among all the parties concerned. This knowledge and cooperation are precisely what you brought to the table. Thanks to that, the task of preparing the revision of the International Vocabulary of Terms in Legal Metrology stands a great chance of succeeding. That will be a collective success of the OIML, the Technical Committee TC1, which we are all part of, and to a certain extent of the Secretariat of TC1.

Terminological work is not easy. Preparing the revision of the International Vocabulary of Terms in Legal Metrology is a particularly difficult task. Firstly, the second edition of VIML needs to hold its ground in comparison with the International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology (VIM). Secondly, we need to face the fact that methods, procedures and systems in legal metrology are more diverse on a global scale than it is the case when we consider scientific metrology.

We can observe examples of differences in terminology even within the OIML. We have terms that appear in several publications and tend to be differently defined each time. Our goal is to draw positives from this situation. We need to find a solution which could be accepted by all stakeholders, a solution which would capitalize on past achievements fixed in the already existing publications. Of course, such solutions are neither obvious nor easy to find.

That is precisely why we need good cooperation. We have been renewing step by step old contacts and we are now pleased to be able to host both our neighbors and friends from afar: from the Americas and Asia.

In addition, a direct exchange of information between TC1 and other TCs that work on new publications in fields of their specialization seems to be necessary. There is – of course – no question of interference in the work of other TCs. Instead, it is a question of making it easier for TC1 to collect information on new proposals and trends in terminology. It seems that TC1 should possess that sort of information, and be able to make it available to the entire OIML.

I hope that the organizational side of the TC1 Meeting in Poland have met all your expectations, and that everything was running smoothly. We trust that we managed to provide good conditions for friendly talks and relaxation after the first day of deliberations.

I also hope that our cooperation will be further enhanced. It is in fact a prerequisite for the VIML to meet the expectations of all the OIML members, to facilitate international collaboration, to be useful in external relations and to represent the highest level of knowledge.

Once again, let me thank you for your participation in the Meeting of OIML TC1 and for your valuable contributions to the work on the revision of the International Vocabulary of Terms in Legal Metrology. I would like to invite you to further cooperation and contacts with the Central Office of Measures.

Finally, I wish you all the best. Thank you.

Dorota Habich
Vice-President of the Central Office of Measures



Wzorcowanie spektrofotometrów odbiciowych i kolorymetrów trójkromatycznych

Alicja Zydorowicz, **Katarzyna Książek**, Sylwia Górnik

Główny Urząd Miar – Zakład Promieniowania i Wielkości Wpływających

W pracy przedstawiono zarys informacji o postrzeganiu barwy. Omówiono ogólną zasadę działania przyrządów do jej pomiaru. Opisano metodę wzorcowania spektrofotometrów odbiciowych i kolorymetrów trójkromatycznych wzorcowanych w Laboratorium Promieniowania Jonizującego i Wzorców Barwy.

Calibration of spectrophotometers and trichromatic colorimeters

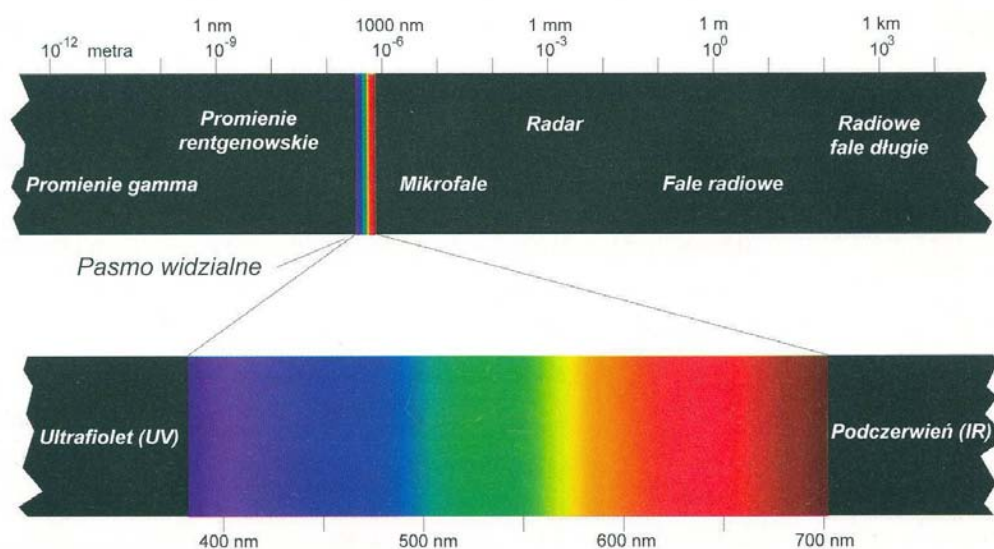
The paper presents an outline of color perception information. The general rules of operation of measuring instruments is discussed. The calibration procedure for reflectance spectrophotometers and trichromatic colorimeters used in the Laboratory of Ionizing Radiation and Colour Standards is described.

1. Wstęp

Szacuje się, że około 80 % informacji o świecie zewnętrznym dociera do nas poprzez wrażenia wzrokowe, dlatego też barwa jest jednym z tych odczuć, które wymagają poznania, wyjaśnienia i możliwości dokładnego odwzorowania, czemu służą opisywane w tym artykule przyrządy pomiarowe – spektrofotometry odbiciowe i kolorymetry trójkromatyczne.

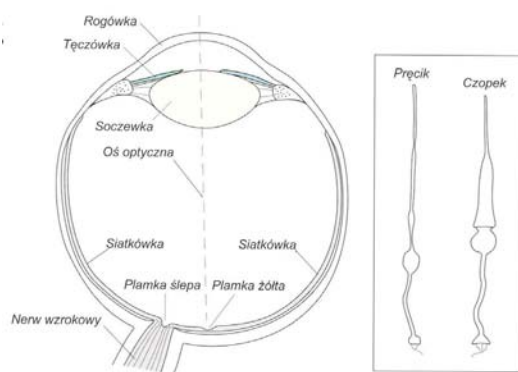
1.1. Zasady postrzegania barwy

Barwa jest subiektywnym odczuciem wywołanym przez oddziaływanie na receptory siatkówki oka ludzkiego promieniowania elektromagnetycznego, obejmującego wąski zakres od ok. 380 nm do ok. 780 nm, zwanego promieniowaniem widzialnym lub świetlnym.



Rys. 1. Widmo promieniowania widzialnego

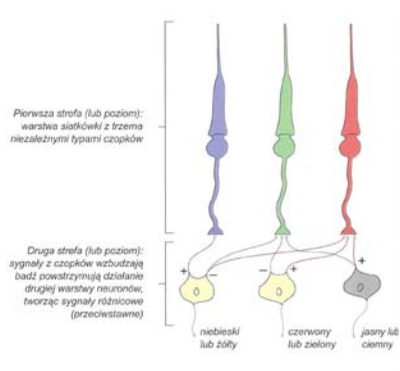
Proces poznawania mechanizmów fizjologicznych związanych z widzeniem jest bardzo złożony i nie do końca zbadany. Szczególnie złożone są mechanizmy funkcjonowania widzenia barwnego oraz działania tej części mózgu, która związana jest z interpretacją wrażeń wzrokowych. Światło wpadające do oka ludzkiego zostaje skupione przez jego układ optyczny na wewnętrznej ścianie zwanej siatkówką. W siatkówce oka występują dwa rodzaje komórek nerwowych reagujących na światło, tzw. receptorów: wydłużone i cienkie pręciki oraz krótkie i szersze czopki.



Rys. 2. Przekrój prawego oka – widok z góry

Pręcików w oku jest około 130 mln. Zawierają one barwną substancję białkową, rodopsynę, ulegającą odwracalnym zmianom fotochemicznym już pod wpływem bardzo słabego promieniowania – co umożliwia widzenie zmierzchowe (*skotopowe*). Pręciki nie rozróżniają różnych rodzajów promieniowania, nie widzą barw, a jedynie powodują odczucie mniejszej lub większej jasności. Większość procesów postrzegania barwy zachodzi w plamce żółtej, gdzie występują głównie czopki; jest ich w oku około 7 mln. Wyróżniamy trzy rodzaje czopków, typu: R, G i B. Czopki typu R reagują najsilniej na czerwony zakres fal od 600 nm do 700 nm, czopki typu G – na zakres zielony od 500 nm do 600 nm, oraz typu B – na zakres niebieski od ok. 400 nm do 500 nm. Czopki działają dopiero w pełnym oświetleniu – jest to widzenie dzienne (*fotopowe*). Impulsy powstające w trzech różnych typach czopków R, G, B nakładają się na siebie i są przekazywane do mózgu jako impulsy wypadkowe, rozróżniane w postaci wrażeń barwnych. Odpowiada to trójchromatycznej teorii powstawania barw zaproponowanej przez Younga w 1802 r., na której opiera się teoria addytywnego i równoczesnego mieszania barw.

Późniejsze prace prowadzone przez Grassmana, Maxwella, Helmholtza i Dopplera dały podstawy do stworzenia układu trójchromatycznego RGB, który stanowił podstawę wprowadzonego przez CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*, Międzynarodową Komisję Oświetleniową) w 1931 r. układu XYZ. Układ XYZ chociaż stosowany do dziś w niektórych pomiarach kolorymetrycznych ma zasadniczą wadę, a mianowicie niejednakowe oddalenie od siebie punktów, odpowiadających podobnym różnicom odcieni poszczególnych barw. Istnieje również inna teoria widzenia barwy zaproponowana w 1891 r. przez E. Heringa, a później rozwijana przez innych badaczy – tzw. antagonistyczna teoria barw. Według tej teorii w oku istnieją komórki zwojowe (*gangliony*) wrażliwe na promieniowanie trzech par przeciwstawnych barw: czerwonej i zielonej, żółtej i niebieskiej oraz czarnej i białej. W każdej z tych komórek zachodzi mieszanie impulsów powodujących powstawanie barw. Współdziałanie impulsów zachodzi częściowo już w samym oku, a nie dopiero w korze mózgowej, jakby to wynikało z trójchromatycznej teorii widzenia barwnego.



Rys. 3. Trójkromatyczność i przeciwstawność w siatkówce oka

1.2. Sposoby odwzorowania barwy

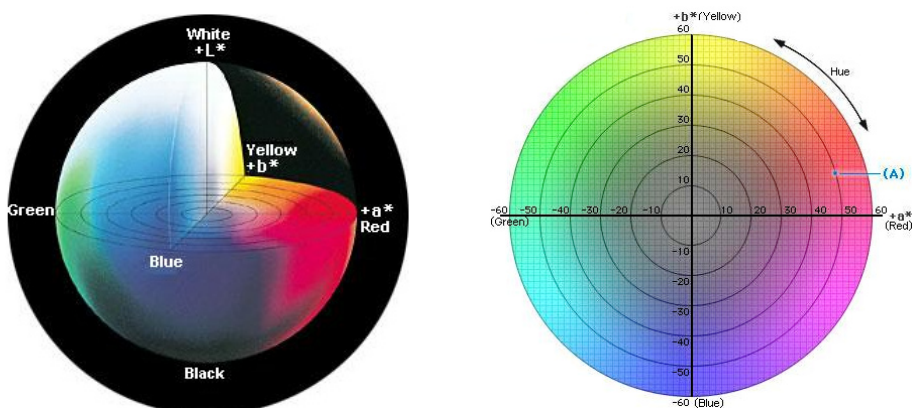
Antagonistyczna teoria wrażeń barwnych stanowi podstawę zarekomendowanych przez CIE (w 1976 roku) układów barwowych CIELAB, CIELuv, LCh, najczęściej obecnie stosowanych w kolorymetrii. Układy te zastosowano w celu zredukowania zniekształceń w odległościach między barwami, które są prawie pozbawione cech nierównomierności. Prace nad poszukiwaniem doskonale precyzyjnej równomiernej przestrzeni barw trwają nadal. Według teorii antagonistycznej, każdej barwie można przypisać trzy różne cechy psychofizyczne: odcień, jaskrawość i nasycenie.

Odcień – jest cechą barwy, która zależy od rodzaju promieniowania jakie wpada do oka i wywołuje wrażenie konkretnej barwy np. zielonej, jasnoczerwonej, fioletowej. Barwy posiadające odcień noszą nazwę barw chromatycznych.

Jasność (jaskrawość) – jest to odczucie natężenia promieniowania wywołującego wrażenie barwy. Fizyczną miarą jasności jest luminancja. Przy widzeniu fotonowym największą luminancję wykazuje promieniowanie barwy żółto – zielonej 555 nm, a przy skotopowym barwy niebiesko – zielonej 510 nm.

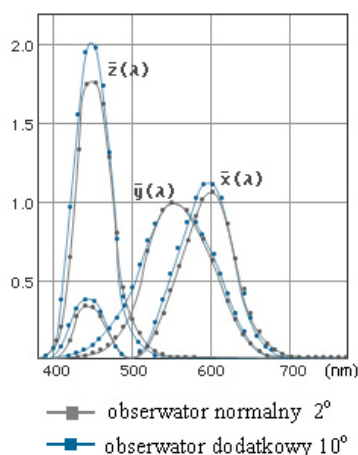
Nasycenie (czystość) – jest to odczucie barwy chromatycznej w jej mieszaninie z achromatyczną (białą, czarną, szarą). Do barw nienasyconych należą barwy pastelowe, zawierające dużo barwy białej.

Ponieważ każdą barwę charakteryzują jasność, odcień i nasycenie (których nie można usystematyzować na płaszczyźnie), dlatego też przedstawia się ją w układzie przestrzennym, w którym każdy z trzech wymiarów przestrzeni charakteryzuje jedną z tych trzech cech.



Rys. 4. Przestrzeń $L^*a^*b^*$

Problemami barwy i jej pomiarów zajmuje się CIE, która określa wytyczne dla fotometrii i kolorymetrii. W 1931 roku CIE wykonała decydujący krok w standaryzacji systemów pomiaru barw, ustanawiając: definicje standardowych źródeł oświetlenia, warunki oświetlenia przy pomiarze i detekcji światła odbitego, definicje czułości widmowej detektorów oraz stosowane geometrie pomiarowe. Ponieważ każdy człowiek dysponuje charakterystycznym sposobem oceny barwy, dlatego dla pomiarów barw musiano zdefiniować przeciętne postrzeganie barw. W tym celu w 1931 roku przeprowadzono obszerne badania osób o normalnym postrzeganiu barw, dla pola widzenia o kącie 2° , w wyniku których wprowadzono pojęcie „obserwatora kolorymetrycznego normalnego CIE 1931”. W roku 1964 powtórzono to samo badanie przy kącie widzenia 10° , ustanawiając pojęcie „obserwatora normalnego dodatkowego CIE 1964”. Dla każdego z tych obserwatorów CIE podała stabilizowane widmowe wartości składowych trójchromatycznych $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$, widma równoenergetycznego dla zakresu od 380 nm do 780 nm oraz współrzędne trójchromatyczne (XYZ), stanowiące podstawę do obliczeń matematycznych stosowanych dla określania barwy. Zostały one zatwierdzone i przyjęte jako obowiązujące przez normy krajowe i międzynarodowe.



Rys. 5. Względne składowe trójchromatyczne widmowe, obserwator normalny (2°) i dodatkowy (10°)

CIE zaleciła również stosowanie w pomiarach barwy następujących geometrii pomiarowych:

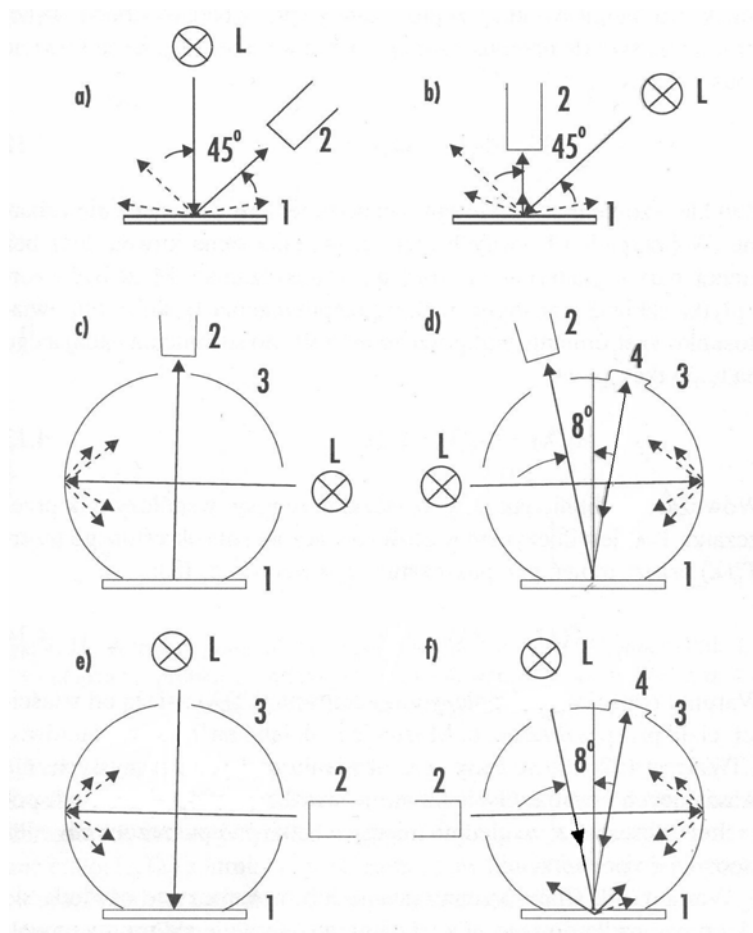
Geometria $45^\circ:0^\circ$ – próbka oświetlana jest jedną lub kilkoma wiązkami pod kątem $45^\circ \pm 2^\circ$ do normalnej do powierzchni próbki, a obserwowana pod kątem $0^\circ \pm 10^\circ$ do normalnej. Kąt pomiędzy osią wiązki oświetlającej i którymkolwiek z jej promieni nie powinien przekraczać 5° . To samo ograniczenie dotyczy wiązki obserwowanej (rys. 6a).

Geometria $0^\circ:45^\circ$ – próbka oświetlana jest wiązką pod kątem $0^\circ \pm 10^\circ$ do normalnej do próbki, a obserwowana pod kątem $45^\circ \pm 2^\circ$ do normalnej. Kąt pomiędzy osią wiązki oświetlającej i żadnym z jej promieni nie powinien przekraczać 5° . To samo ograniczenie dotyczy wiązki obserwowanej (rys. 6b).

Geometria $d:0^\circ$ – próbka oświetlana jest światłem rozproszonym w kuli całkującej. Kąt między normalną do próbki i osią wiązki obserwowanej nie powinien przekraczać 10° (rys. 6c).

Geometria $0^\circ:d$ – próbka oświetlona jest wiązką, której oś jest pod kątem nie przekraczającym 10° do próbki. Strumień odbity jest zbierany w kuli całkującej. Kąt pomiędzy osią wiązki oświetlającej i którymkolwiek z jej promieni nie powinien przekraczać 5° (rys. 6e).

Geometrie $8^\circ:d$ i $d:8^\circ$ (rys. 6d i 6f) są odmianą wariantu $d:0^\circ$ i $0^\circ:d$, mającego na celu eliminację lustrzanego odbicia od powierzchni próbki, które powoduje zniekształcenia wyników pomiarów.



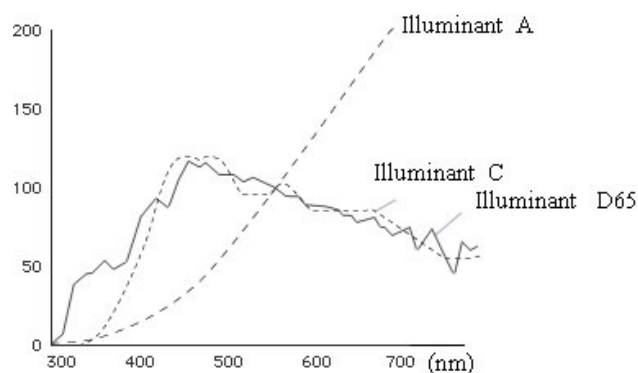
Rys. 6. Geometrie stosowane przy pomiarze odbicia światła: a) $0^\circ:45^\circ$; b) $45^\circ:0^\circ$; c) $d:0^\circ$; d) $d:8^\circ$; e) $0^\circ:d$; f) $8^\circ:d$.
1 – badana próbka, 2 – odbiornik promieniowania, 3 – kula Ulbrichta, 4 – pałapka odbicia lustrzanego, L – lampa

Jak wspomniano wyżej, CIE określiła również względne rozkłady widmowe energii promieniowania podstawowych źródeł oświetlenia, tzw. iluminanty normalne CIE: iluminant A, D65, C, D50, D55, D75 oraz iluminanty fluorescencyjne F1 – 12. Najczęściej stosowane Iluminanty to:

Iluminant D65 jest wg zaleceń CIE podstawowym iluminantem o temperaturze barwowej 6500°K – wykazuje większy udział mocy promieniowania w bliskim nadfiolecie UV reprezentującym fazę światła dziennego.

Iluminant C to promieniowanie ciała doskonale czarnego w temperaturze barwowej bliskiej 6800°K – światło o odcieniu niebieskawym, promieniowanie wykazuje przewagę mocy w zakresie fal krótkich.

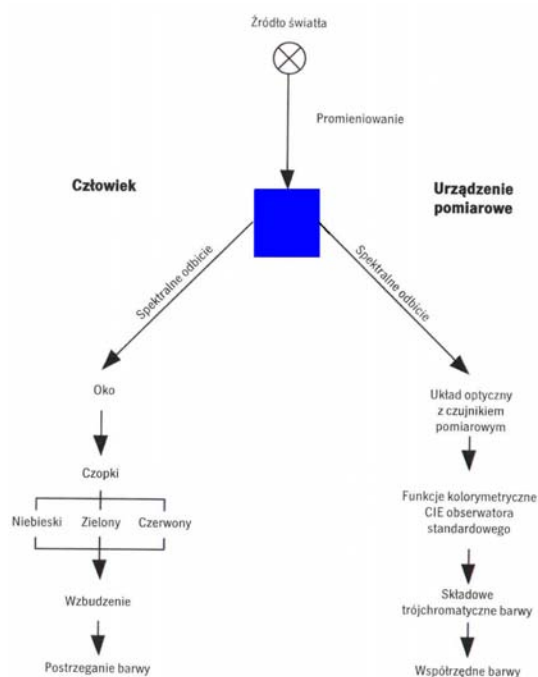
Iluminant A – odpowiadający promieniowaniu ciała doskonale czarnego o temperaturze barwowej 2856°K – promieniowanie daje światło ciepłe, najwięcej mocy przypada na promieniowanie długofalowe.



Rys. 7. Względny rozkład widmowy mocy $S(\lambda)$ iluminantów A, C i D65

2. Przyrządy do pomiaru barwy

Przyrządy do pomiaru barwy naśladują model postrzegania barw przez człowieka, co przedstawiono na rys. 8. Dzielimy je na kolorymetry trójchromatyczne i spektrofotometry odbiciowe.



Rys. 8. Schemat obrazujący zasadę postrzegania barwy przez człowieka oraz odwzorowania barwy przez przyrząd pomiarowy

Zasada działania spektrofotometrów i kolorymetrów opiera się na pomiarach porównawczych, które polegają na określeniu stosunku strumienia promieniowania Φ_R odbitego od powierzchni próbki do strumienia Φ_W odbitego od powierzchni wzorcowej o znanym współczynniku odbicia bliskim 100 %. Stosunek prądu płynącego przez detektor, powstającego pod wpływem światła odbitego od barwnej powierzchni, do prądu powstającego pod wpływem światła odbitego od wzorca odpowiada współczynnikowi odbicia $R(\lambda)$.

2.1. Kolorymetry trójchromatyczne

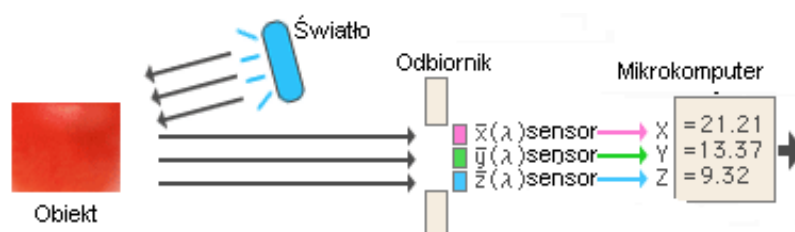
Kolorymetry trójchromatyczne bezpośrednio wyznaczają składowe trójchromatyczne (XYZ) badanej próbki. Następnie składowe trójchromatyczne przeliczane są na parametry L^* , a^* , b^* w przybliżeniu równomiernej przestrzeni barw CIELAB, korzystając z następujących równań

$$L^* = 116/(Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad (1)$$

$$a^* = 500[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}] \quad (2)$$

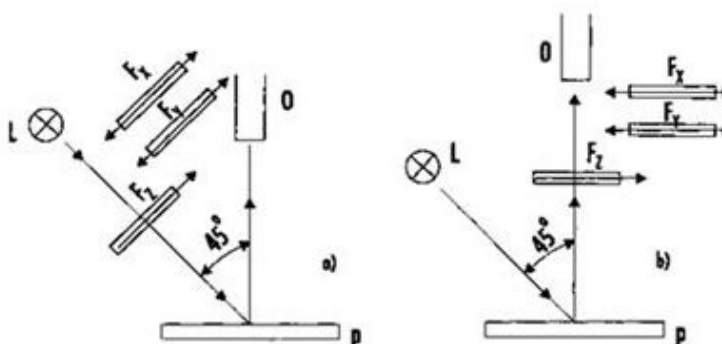
$$b^* = 200[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}] \quad (3)$$

dla $Y/Y_n, X/X_n, Z/Z_n > 0,008856$, gdzie X, Y, Z opisują rozważany bodziec barwowy, a X_n, Y_n, Z_n opisują określony biały bodziec achromatyczny.



Rys. 9. Schemat kolorymetru trójchromatycznego

W kolorymetrach trójchromatycznych stosuje się dwa warianty oświetlenia badanej próbki i pomiaru promieniowania odbitego. W pierwszym wariantcie światło padające na badaną powierzchnię i na wzorec przechodzi przez zestaw filtrów F_x, F_y, F_z mierzy się natężenie światła przepuszczonego przez każdy filtr i odbitego od powierzchni próbki i wzorca. W drugim wariantcie próbka i wzorec oświetlana jest światłem białym, a przez filtry F_x, F_y, F_z przechodzi światło odbite od powierzchni próbki i wzorca.



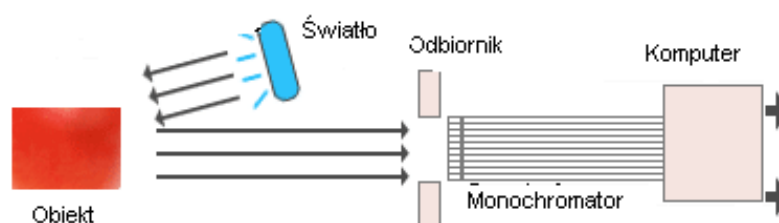
Rys. 10. Warianty geometryczne pomiaru odbicia kierunkowego w kolorymetrach filtrowych.
L – lampa, F_x, F_y, F_z – filtry, O – odbiornik promieniowania, p – próbka

W kolorymetrach trójchromatycznych występują przynajmniej trzy odbiorniki, mające czułości widmowe dopasowane do przebiegu funkcji kolorymetrycznych odpowiedniego obserwatora kolorymetrycznego CIE 1931. Dopasowanie czułości widmowej odbiorników do przebiegu funkcji kolorymetrycznych jest trudne i dokonywane zawsze w pewnym przybliżeniu. Powoduje to, że wyniki pomiarów dokonywane przy użyciu kolorymetrów

trójchromatycznych są mniej dokładne od metod spektrofotometrycznych. Kolorymetry trójchromatyczne są niewielkich rozmiarów, tanie i stosunkowo proste w obsłudze. Wykorzystywane są głównie w przemysłowych laboratoriach kontroli jakości produkcji.

2.2. Spektrofotometry odbiciowe

Spektrofotometry odbiciowe są to przyrządy do pomiaru widmowego współczynnika odbicia, który stanowi podstawę do obliczeń parametrów kolorymetrycznych CIELAB, CIELuv, LCh. Spektrofotometry mierzą natężenie wiązek światła zazwyczaj w odstępach 5 nm, 10 nm i 20 nm. Wiązki uzyskuje się przy pomocy monochromatorów z siatką dyfrakcyjną lub z pryzmatem. Alternatywnie może być zastosowany monochromator filtrowy z filtrami interferencyjnymi lub klinem interferencyjnym. W obecnie stosowanych spektrofotometrach badaną próbkę oświetla się światłem białym, a w monochromatorze następuje rozkład światła odbitego na wiązki o różnej długości fali.



Rys. 11. Schemat spektrofotometru odbiciowego

Spektrofotometry odbiciowe dzieli się na jedno i dwuwiązkowe. Obecnie najczęściej stosowane są spektrofotometry dwuwiązkowe. W spektrofotometrze jednowiązkowym – wiązka promieniowania białego pada na badaną próbkę. Promieniowanie odbite podlega monochromatyzacji i analizie, a następnie wiązkę kieruje się na wzorec i dokonuje ponownej monochromatyzacji i analizie. W spektrofotometrze dwuwiązkowym – wiązka promieniowania białego rozdzielana jest na dwie, z których jedna kierowana jest na próbkę, a równocześnie druga oświetla wzorec. Spektrofotometry odbiciowe używane są do pomiarów wymagających wysokiej precyzji, w laboratoriach badawczych i naukowych, jak również coraz częściej w laboratoriach przemysłowych.

3. Wzorcowanie kolorymetrów trójchromatycznych i spektrofotometrów odbiciowych

W Laboratorium Promieniowania Jonizującego i Wzorców Barwy wykonuje się wzorcowanie kolorymetrów trójchromatycznych, jak również spektrofotometrów odbiciowych, działających w różnych geometriach pomiarowych w oparciu o znormalizowaną metodę pomiarową. Wzorcowania badanego przyrządu (kolorymetru lub spektrofotometru) dokonuje się poprzez porównanie jego wskazań z wartościami wzorcowymi L^* , a^* , b^* , zestawu ceramicznych wzorców odniesienia „losy Ceramic Colour Standards” (firmy CERAM), wzorcowanego w NPL w geometriach pomiaru $8^\circ:de$ i $8^\circ:di$ oraz $0^\circ:45^\circ$ dla losyatów A, C, D65 oraz obserwatorów CIE 2° i 10° . Zestaw ten składa się z 12 emaliowanych płytek ceramicznych o barwach nasyconych, specjalnie dobranych pod względem płaskości i jednorodności wybarwienia.



Rys. 12. Zestaw wzorców losy Ceramic Colour Standards – firmy CERAM

Wzorcowanie przyrządu polega na wykonaniu serii pomiarów parametrów: L^* , a^* , b^* każdego wzorca i wyliczeniu błędu wskazania ΔE (różnicy barwy) w stosunku do wartości parametrów L_w^* , a_w^* , b_w^* wzorca, podanych w świadectwie wzorcowania dla odpowiedniej geometrii pomiarowej, wybranego obserwatora kolorymetrycznego i iluminantu. Obliczenia wykonywane są przy pomocy opracowanego w Laboratorium Wzorców Barwy programu komputerowego w arkuszu kalkulacyjnym Excel.

Błąd wskazania ΔC parametru kolorymetrycznego C , mierzonego przez przyrząd, oblicza się z równania

$$\Delta C = \bar{C}_x - C_w + \delta_x \quad (4)$$

gdzie:

ΔC – wartość poprawki dla odpowiedniego parametru kolorymetrycznego C (L^* , a^* , b^*), czyli ΔL^* dla L^* , Δa^* dla a^* , Δb^* dla b^* ,

\bar{C}_x – średnia wyników pomiarów odpowiedniego parametru kolorymetrycznego C (L^* , a^* , b^*), otrzymanych przy użyciu kolorymetru,

C_w – wartość odniesieniowa odpowiedniego parametru kolorymetrycznego C (L^* , a^* , b^*), podana w świadectwie wzorcowania wzorca,

δ_x – poprawka zmierzonej wartości odpowiedniego parametru kolorymetrycznego C (L^* , a^* , b^*), wynikająca z ograniczonej rozdzielczości wskazań kolorymetru.

Wielkością liczbowo wartościującą niepoprawność pomiaru barwy, charakteryzującą wzorcowany przyrząd, jest odległość ΔE między punktami w równomiernej przestrzeni barw, pierwszym odpowiadającym barwie rzeczywistej reprezentowanej przez wzorzec (wartości ze świadectwa) i drugim, wyznaczonym dla tego wzorca przez badany przyrząd. Odległość tę wyrażamy za pomocą równania pomiaru różnicy barw, odniesieniowej i zmierzonej, w układzie $L^*a^*b^*$

$$\Delta E = [(L_{x, \text{sr}}^* - L_w^*)^2 + (a_{x, \text{sr}}^* - a_w^*)^2 + (b_{x, \text{sr}}^* - b_w^*)^2]^{1/2} \quad (5)$$

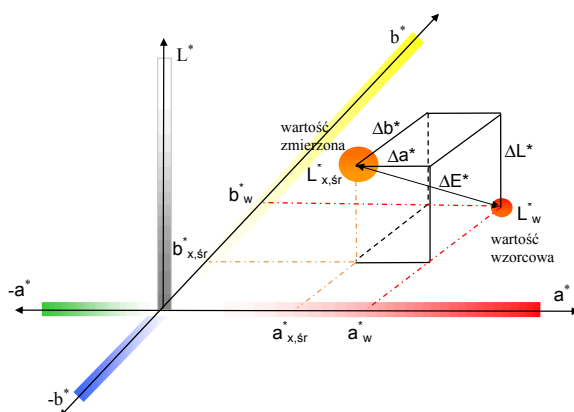
gdzie:

L_w^* , a_w^* , b_w^* – wartości odniesieniowe parametrów L^* , a^* , b^* , charakteryzujących barwę wzorca, podane w świadectwie wzorcowania,

$L_{x, \text{sr}}^*$, $a_{x, \text{sr}}^*$, $b_{x, \text{sr}}^*$ – wartości charakteryzujące barwę wzorca, zmierzone w trakcie wzorcowania kolorymetru, uśrednione odpowiednio z wartości $L_{x(1)}^* \dots L_{x(j-1)}^*$, $L_{x(j)}^*$, $a_{x(1)}^* \dots a_{x(j-1)}^*$, $a_{x(j)}^*$, $b_{x(1)}^* \dots b_{x(j-1)}^*$, $b_{x(j)}^*$,

ΔL , Δa^* , Δb^* – różnice wartości uśrednionej uzyskanej z pomiaru i wartości odniesienia dla odpowiednich parametrów układu kolorymetrycznego $L^*a^*b^*$.

Zastosowanie uśrednionych wartości $L^*_{x,śr}$, $a^*_{x,śr}$, $b^*_{x,śr}$ do obliczenia wypadkowej różnicy barwy ΔE , zamiast średniej z różnic cząstkowych (dla poszczególnych pomiarów w serii) wynika z faktu, że poszukujemy punktu w przestrzeni barw odpowiadającego średniemu wskazaniu przyrządu, a nie średniej z kilku odcinków o różnych długościach i różnych kierunkach. Wyznaczenie „średniego” punktu w przestrzeni wymaga znalezienia średnich wartości poszczególnych składowych w układzie $L^*a^*b^*$. Ideę takiego postępowania obrazuje rys. 13.



Rys. 13. Idea wyznaczania różnicy barwy ΔE w układzie $L^*a^*b^*$

4. Podsumowanie

Opisana metoda wzorcowania kolorymetrów trójchromatycznych i spektrofotometrów odbiciowych zapewnia spójność pomiarową w dziedzinie pomiarów barwy w Polsce. Laboratorium Promieniowania Jonizującego i Wzorców Barwy jako jedyne w kraju wykonuje wzorcowania tego typu przyrządów stosowanych w placówkach naukowych związanych z przemysłem samochodowym, włókienniczym, barwników, ceramicznym, elektrotechnicznym, jak również w laboratoriach przemysłowych wielu branż przemysłu, między innymi w przemyśle spożywczym, farbiarskim i lakierniczym, kosmetycznym, farmaceutycznym, drukarskim, ceramicznym, materiałów budowlanych, samochodowym.

Literatura

- [1] PN-89/E-04042/01 *Pomiary promieniowania optycznego. Pomiary kolorymetryczne. Postanowienia ogólne.*
- [2] PN-989/E-04042/2 *Pomiary promieniowania optycznego. Pomiary kolorymetryczne. Iluminanty i źródła normalne.*
- [3] *Radiometric and photometric characteristics of materials and their measurement.* CIE Nr 38 (1977).
- [4] *Practical Methods for the Measurement of Reflectance and Transmittance.* CIE 130-1998.
- [5] PN-90/E-01005 *Technika świetlna. Terminologia.*
- [6] W. Felhorski, W. Stanioch: *Kolorymetria trójchromatyczna*, 1973.
- [7] J. Mielicki: *Zarys wiadomości o barwie*, 1997.
- [8] B. Frasner, C. Murphy, F. Bunting: *Profesjonalne zarządzanie barwą*, 2006.

Chemiczne materiały odniesienia

Henryka Szewczyk

Okręgowy Urząd Miar w Łodzi, Wydział Chemii Analitycznej i Fizykochemii

W referacie opisano złożoność problemu zapewnienia spójności pomiarowej w pomiarach chemicznych. Podkreślono rolę certyfikowanych materiałów odniesienia CRM w pracy laboratorium chemicznego. W pracy podkreślono wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 dotyczące zapewnienia spójności pomiarowej w przypadku, gdy wzorcowania lub badania nie mogą być wykonane ściśle w jednostkach SI. Zwrócono uwagę na podstawową różnicę wynikającą ze sposobu zachowania spójności pomiarowej w pomiarach wielkości chemicznych w stosunku do pomiarów wielkości fizycznych. Zaprezentowano certyfikowane materiały odniesienia CRM wytwarzane w Pracowni Wzorców Chemicznych Wydziału Chemii Analitycznej i Fizykochemii Okręgowego Urzędu Miar w Łodzi, ze szczególnym zwróceniem uwagi na proces wytwarzania i certyfikowania roztworów wzorcowych, na które uzyskano akredytację.

Chemical reference materials

In this paper, the complexity of the traceability problem in chemical measurements has been described. The role of the certified reference materials CRM in activities of a chemical laboratory has been emphasized. In the paper, the requirements of the written standard PN-EN ISO/IEC 17025:2005 have been emphasized, concerning the assurance of measurement traceability in the case where calibrations or examinations cannot be carried out in the SI units. Special attention has been paid to the basic difference resulting from the manner of maintaining measurement traceability of chemical quantities as compared to measurements of physical quantities. Metrological hierarchy of reference materials used in the accredited chemical laboratory has been shown. Certified reference materials, CRM, produced in the Chemical Standards Laboratory at the Department of Analytical Chemistry and Physicochemistry of the Regional Measurement Office in Lodz have been presented, with special attention paid to the process of production and certification of those standard solutions, which have obtained the accreditation.

1. Wstęp

Metrologia chemiczna jest nauką o pomiarach wielkości chemicznych. Do najważniejszych zadań metrologii, w tym również metrologii chemicznej, należy definiowanie jednostek miar, realizacja jednostek miar oraz ustanowienie łańcuchów powiązań między wzorcami.

Istnieje istotna różnica między metrologią chemiczną a metrologią fizyczną wynikająca z faktu, że pomiary chemiczne analizowanego materiału są najczęściej poprzedzone wykonaniem wielu czynności wstępnych związanych z odpowiednim przygotowaniem próbki. Ponadto, podczas oznaczania składu ilościowego i jakościowego badanej próbki, konieczna jest także znajomość wpływu innych składników tzw. matrycy na końcowy wynik pomiaru. Niezbędne jest także stosowanie odpowiedniego, wykalibrowanego przyrządu pomiarowego.

Natomiast w pomiarach wielkości fizycznych, które są podstawą metrologii fizycznej istotne jest stosowanie wywzorcowanego przyrządu pomiarowego w celu zapewnienia spójności pomiarowej z odpowiednim wzorcem odniesienia.

W tej dziedzinie metrologii wprowadzono Międzynarodowy Układ Jednostek Miar SI. Jeżeli właściwość wyniku pomiaru wielkości fizycznej jest powiązana z wzorcem międzynarodowym lub państwowym jednostki miary za pośrednictwem nieprzerwanego łańcucha

porównań, to uznaje się, że jest zachowana spójność pomiarowa z jednostkami podstawowymi układu SI.

W pomiarach wielkości chemicznych nie opracowano jeszcze odpowiedniego systemu, dzięki któremu wszystkie oznaczenia mogłyby być wzajemnie uznawane przez zainteresowane strony, tak jak to jest w pomiarach wielkości fizycznych. Wynika to przede wszystkim z braku pełnego zestawu wzorców, które mogłyby być stosowane we wszystkich rodzajach pomiarów wielkości chemicznych.

W celu zapewnienia wiarygodności podawanych wyników pomiarów wielkości chemicznych podjęto działania, których efektem było powstanie odpowiednich norm, w tym międzynarodowej normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005.

W normie tej podkreślono wymagania odnośnie walidacji stosowanej procedury pomiarowej, wyznaczenia niepewności wyniku uzyskanego za pomocą tej procedury oraz zapewnienia spójności pomiarowej.

2. Spójność pomiarów chemicznych – RM, CRM

Typową procedurę analityczną można podzielić na następujące etapy: ważenie próbki, przygotowanie do badań (rozpuszczanie, zateżnianie, ekstrakcja itp.) oraz wykonanie właściwego pomiaru z zastosowaniem analizy bezpośredniej, np. grawimetria, miareczkowanie, kulometria, albo analizy porównawczej, np. spektrometria ICP MS, ICP OES, absorpcja atomowa itp.

Dla każdego z tych etapów powinno być możliwe zapewnienie spójności pomiarowej poprzez zastosowanie odpowiednich wzorców. Dla chemika analityka nie jest problemem zastosowanie w tej procedurze analitycznej odpowiednich wzorców wielkości fizycznych: masy, objętości, temperatury, itp. Złożonym zagadnieniem jest zapewnienie spójności pomiarowej całego procesu analitycznego, ponieważ łańcuch porównań z wzorcami przerywa się w każdym przypadku, gdy próbka ulega w trakcie procesu analitycznego modyfikacji fizycznej lub chemicznej. Najlepszym rozwiązaniem problemu braku spójności pomiarowej całego procesu analitycznego byłoby posiadanie dobrze scharakteryzowanych metrologicznie substancji chemicznych czystych oraz materiałów matrycowych, które odtwarzałyby wszystkie cechy badanego obiektu i jego zachowanie od momentu przygotowania próbki aż do wykonania pomiarów.

W praktyce problem zachowania spójności pomiarowej w laboratoriach chemicznych rozwiązuje się poprzez stosowanie odpowiednich wzorców – certyfikowanych materiałów odniesienia (CRM – *Certified Reference Material*), które umożliwiają przeniesienie wartości danej właściwości (zawartości danej substancji chemicznej w badanej próbce; identyczność substancji) pomiędzy różnymi laboratoriami i niezależne jej odtworzenie w różnych laboratoriach.

3. Producenci CRM

Wytwarzaniem CRM na skalę ogólnosiwiatową zajmują się wyspecjalizowane laboratoria [4]. Certyfikowanie materiałów odniesienia odbywa się w nich na podstawie wiarygodnych metod referencyjnych. Spójność pomiarowa jest uzyskiwana poprzez nieprzerwany łańcuch porównań, który zapewnia odniesienie wyników pomiarów do wzorca o najwyższej wartości metrologicznej, czyli do wzorca pierwotnego. Wśród takich laboratoriów najważniejszą pozycję zajmuje Narodowy Instytut Wzorców i Technologii, NIST w USA.

W Europie znany jest niemiecki Federalny Instytut Badania Materiałów i Testowania – BAM oraz Federalny Instytut Fizyko-Techniczny – PTB, a także na Słowacji (Laboratorium Materiałów Odniesienia Zakładu Chemii – SMU).

W Polsce wytwarzaniem chemicznych CRM zajmują się: Laboratorium Gęstości, Lepkości i Analizy Spektralnej oraz Laboratorium Elektrochemii Głównego Urzędu Miar w Warszawie, a także Pracownia Wzorców Chemicznych (PWCh) Wydziału Chemii Analitycznej i Fizykochemii Okręgowego Urzędu Miar (OUM) w Łodzi.

CRM wytwarzane przez Pracownię Wzorców Chemicznych można podzielić na roztwory wzorcowe jednoskładnikowe i wieloskładnikowe oraz zestawy wzorcowe. Wielkością odtwarzaną jest w nich stężenie masowe jonów w roztworze wyrażone w g/dm³. Roztwory wzorcowe jednoskładnikowe o stężeniu 1 g/dm³ są przygotowywane z odczynników chemicznych (metale, sole) zawierających powyżej 99,5 % głównego składnika. Odpowiednie odważki substancji wejściowej są rozpuszczane w wodnym roztworze kwasu azotowego HNO₃ lub solnego HCl o czystości ultraczysty lub w wodzie redestylowanej o przewodności elektrycznej właściwej nie większej niż 1,4 μS/cm. Niepewność rozszerzona wyznaczenia stężenia jonu w roztworze wzorcowym jednoskładnikowym wynosi od 0,003 g/dm³ do 0,004 g/dm³. Stabilność stężenia tak przygotowanych roztworów wynosi od 0,5 roku do 1 roku.

Pracownia Wzorców Chemicznych OUM w Łodzi brała udział w porównaniach międzylaboratoryjnych w 2006 roku ze Słowackim Instytutem Metrologicznym (SMU). Przedmiotem porównań były cztery wybrane przez laboratorium referencyjne roztwory wzorcowe jednoskładnikowe jonów: Al³⁺, Mg²⁺, Mn²⁺, Ca²⁺. Do oceny przeprowadzonych porównań zastosowano wskaźnik E_n nazywany błędem znormalizowanym, co jest zgodne z wymaganiami Polskiego Centrum Akredytacji określonymi w dokumencie DA – 05 [5]. Współczynnik ten jest zdefiniowany w przewodniku ISO/IEC 43-1 [6] i obliczany zgodnie z następującym równaniem

$$E_n = \frac{x_{\text{lab}} - X_{\text{ref}}}{\sqrt{U_{\text{lab}}^2 + U_{\text{ref}}^2}} \quad (1)$$

jeżeli:

$|E_n| \leq 1$ – wynik porównań jest zadowalający,

$|E_n| > 1$ – wynik porównań jest negatywny.

Wynik porównań był zadowalający dla wszystkich wymienionych roztworów wzorcowych, co potwierdziło kompetencje metrologiczne Pracowni Wzorców Chemicznych.

Do badania czystości wód i ścieków Pracownia Wzorców Chemicznych wytwarza wzorce wieloskładnikowe zawierające od 4 do 6 jonów o pięciu różnych stężeniach odpowiadających różnym stopniom czystości wody. Jest to pięć rodzajów kompletów wzorcowych oznaczonych kodem od WG.1 do WG.5. Do określania fizykochemicznych właściwości wody wytwarzane są następujące wzorce: wzorzec twardości ogólnej wody, wzorzec barwy wody stanowiący mieszaninę K₂Cr₂O₇ i CoSO₄ zakwaszoną kwasem siarkowym oraz wzorzec barwy wody stanowiący mieszaninę K₂PtCl₆ i CoCl₂ zakwaszoną kwasem solnym, a także formazynowy wzorzec mętności wody. Do półilościowej analizy stężenia określonego jonu w wodzie i ściekach wytwarzane są zestawy analityczne, które umożliwiają w sposób łatwy i szybki wykonanie analiz nawet w terenie.

Pracownia Wzorców Chemicznych wytwarza również wzorce substancji organicznych o certyfikowanej zawartości głównego składnika powyżej 99,5 %. Są one wykorzystywane

jako materiały odniesienia w analizie ilościowej metodą chromatografii gazowej. Oddzielną grupę materiałów odniesienia stanowią roztwory wzorcowe przygotowane z odpowiednich soli sodu, wapnia i potasu o zawartości głównego składnika powyżej 99,5 % zawierające NaCl, CaCl₂, KCl o certyfikowanym stężeniu 10 mmol/dm³ oraz 20 mmol/dm³ dla każdego z wymienionych wzorców.

4. Podsumowanie

W referacie omówiono sposób zapewnienia spójności pomiarowej w pomiarach chemicznych. Przedstawiono hierarchię metrologiczną materiałów odniesienia wykorzystywanych w pracy laboratorium chemicznego. Podkreślono najnowsze osiągnięcia Pracowni Wzorców Chemicznych w postaci uzyskania akredytacji w dziedzinie wytwarzania roztworów wzorcowych jonów do analizy instrumentalnej oraz ciekłych wzorców gęstości. Zasygnalizowano plany dotyczące opracowywania nowych grup certyfikowanych materiałów odniesienia.

Literatura

- [1] PN-EN ISO/IEC 17025:2005. *Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych wzorcujących*, 2005.
- [2] *Międzynarodowy słownik podstawowych i ogólnych terminów metrologii*, 1996.
- [3] ISO/IEC 43-1. *Przewodnik. Badanie biegłości poprzez porównania międzylaboratoryjne*, 1997.
- [4] E. Bulska: *Metrologia chemiczna*, 2008.

Metody sprawdzania liczników energii elektrycznej prądu przemiennego i stałego

Mirosław Kaźmierski

Okręgowy Urząd Miar w Łodzi, Wydział Elektryczny

W referacie przedstawiono metody sprawdzania liczników energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego (50 Hz), stosowane przy prawnej kontroli metrologicznej (legalizacji) oraz podlegających ocenie zgodności według dyrektywy 2004/22/WE z dnia 31 marca 2004 r. Referat zawiera również opis metody szacowania niepewności pomiaru i wyznaczania budżetu niepewności przy wzorcowaniu kontrolnych liczników energii elektrycznej prądu przemiennego oraz stanowisk do sprawdzania liczników. Ponadto w referacie przedstawiono metodę wzorcowania liczników prądu stałego opracowaną w Okręgowym Urzędzie Miar w Łodzi oraz sposób zachowania spójności pomiarowej przy wzorcowaniu liczników prądu stałego. Opisano również problemy związane z dokładnym pomiarem energii elektrycznej przy stałym napięciu zasilającym 3,3 kV.

Methods of examination of the alternating and direct current energy meters

In the paper the methods of examination during the legal metrological control (verification) of the alternating current active energy meters (50 Hz), as well as being the subject to the conformity assessment according to the directive no. 2004/22/WE of 31st March, 2004, have been presented. Report as well contains the description of method of measurement uncertainty estimation and determination of the uncertainty budget during the calibration of the control alternating current energy meters as well as of the energy meters examination stands. Additionally in the paper, the method of calibrating of the direct current energy meters, worked out in the Regional Verification Office in Lodz, and the means of the assurance of measurement traceability during the calibration of direct current energy meters have been shown. Also the problems connected with the precise energy measurement at the 3,3 kV DC supply voltage has been described.

1. Wstęp

Dyrektywa 2001/16/WE z dnia 19 marca 2001 r. w sprawie interoperacyjności trans-europejskiego systemu kolei konwencjonalnej (Dz. Urz. WE nr 110, z dnia 20.04.2001 r.) zobowiązuje państwa członkowskie do dokonywania bezpośrednich pomiarów zużywanej przez tabor trakcyjny energii elektrycznej. W związku z tym Prezes Głównego Urzędu Miar wytypował do sprawdzania liczników energii elektrycznej prądu stałego między innymi Okręgowy Urząd Miar w Łodzi, który podjął w 2008 r. działania zmierzające do realizacji tego zadania. Metodyka sprawdzania liczników prądu stałego wymagała przeanalizowania istniejących i szeroko stosowanych metod weryfikacji metrologicznej liczników energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego. Dlatego też w pierwszej części referatu omówione zostały sposoby i metody kontroli metrologicznej tych liczników.

2. Liczniki energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki [1] liczniki energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego podlegają prawnej kontroli metrologicznej. Szczegółowy zakres sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej określa od-

powiednie Rozporządzenie Ministra Gospodarki [2]. Według tych rozporządzeń liczniki podlegają obowiązkowi legalizacji. Legalizacji dokonuje administracja miar lub instytucje upoważnione przez Prezesa Głównego Urzędu Miar. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady [3] zobowiązała państwa członkowskie do wdrożenia prawodawstwa umożliwiającego producentom przyrządów pomiarowych wprowadzanie do obrotu lub użytkowania przyrządów w wyniku oceny zgodności z normami europejskimi. Rozporządzenie Ministra Gospodarki [4] określa zasadnicze wymagania dla przyrządów pomiarowych podlegających ocenie zgodności.

Wymagania metrologiczne dotyczące liczników energii czynnej w przypadku legalizacji i oceny zgodności są spójne. Przepisy dotyczące oceny zgodności dopuszczają wykorzystanie metody statystycznej podczas weryfikacji liczników. Sprawdzanie liczników podczas legalizacji lub oceny zgodności obejmuje:

- sprawdzenie rozruchu licznika,
- sprawdzenie biegu jałowego licznika,
- sprawdzenie przekładni (stałej) licznika,
- sprawdzenie dokładności wskazań licznika.

Sprawdzenia dokładności wskazań licznika można wykonać metodą licznika kontrolnego lub metodą mocy i czasu. W praktyce, metoda mocy i czasu nie jest stosowana przy licznikach prądu przemiennego, gdyż są dostępne bardzo dokładne liczniki kontrolne klasy 0,01; 0,02, 0,05 i 0,1.

Metoda licznika kontrolnego polega na zliczaniu liczby impulsów licznika kontrolnego, odpowiadającej N impulsom (obrotom tarczy) licznika badanego, i porównaniu jej ze zmierzoną liczbą impulsów licznika kontrolnego. Błąd wskazania należy obliczyć według wzoru

$$\delta = \frac{N_{kn} - N_k}{N_k} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie: N_k – zmierzona liczba impulsów licznika kontrolnego, a N_{kn} – liczba impulsów licznika kontrolnego, obliczona według wzoru

$$N_{kn} = \frac{C_k \cdot U_{wk} \cdot I_{wk}}{C_b \cdot U_b \cdot I_b} \cdot N \quad (2)$$

gdzie: N – wybrana liczba impulsów (obrotów tarczy) licznika badanego, C_k – wartość stałej licznika kontrolnego w obrotach na kilowatogodzinę lub w impulsach na kilowatogodzinę, U_{wk} – wartość napięcia na wejściu licznika kontrolnego w woltach, I_{wk} – wartość natężenia prądu na wejściu licznika kontrolnego w amperach, C_b – wartość stałej licznika badanego wyrażona w obrotach na kilowatogodzinę lub w impulsach na kilowatogodzinę, U_b – wartość napięcia na wejściu licznika badanego w woltach, I_b – wartość natężenia prądu na wejściu licznika badanego w amperach.

Wyznaczenia błędów dokonuje się za pomocą urządzeń spełniających wymagania normy PN-IEC 736:1998 [5]. Urządzenia do sprawdzania liczników podlegają okresowej kontroli metrologicznej – wzorcowaniu. Okręgowy Urząd Miar w Łodzi wykonuje wzorcowanie tych urządzeń wykorzystując komparator energii typ K2006 klasy 0,01 lub licznik kontrolny typ RD33 klasy 0,01. Wzorcowanie polega na podłączeniu do sprawdzanego urządzenia licznika kontrolnego i wykonaniu pomiarów błędów tego licznika. Niepewność pomiaru wyznaczana jest zgodnie z EA-4/02 [6, 7].

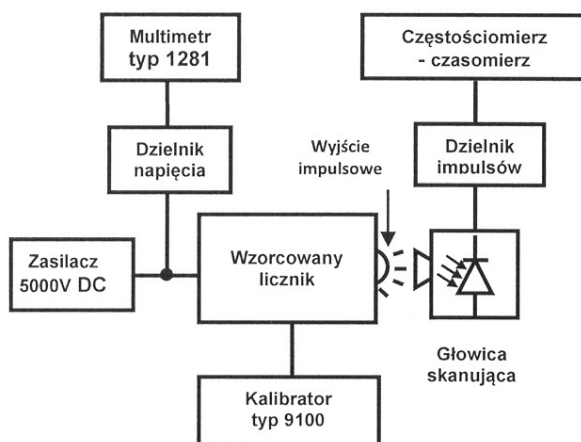
3. Liczniki prądu stałego

Obecnie w Polsce jest użytkowanych około 4,5 tysiąca pojazdów trakcyjnych, które mogłyby być wyposażone w liczniki prądu stałego. Aktualnie w Polsce nie ma przepisów normatywnych dotyczących kontroli metrologicznej liczników prądu stałego, dlatego jedyną formą sprawdzenia dokładności tych liczników jest wzorcowanie według procedur opracowanych przez laboratorium pomiarowe.

Liczniki produkowane w Polsce przez „Elester PKP” typu LE3000 plus pierwotnie nie posiadały wyjścia impulsowego z określoną „stałą licznika”. Jedynym możliwym sposobem sprawdzenia błędów wskazań takiego licznika była metoda „obserwacji” zmiany w czasie wskazań zużytej energii. Wzorcowanie tą metodą byłoby jednak bardzo czasochłonne i niedokładne. Konsultacje jakie przeprowadzono we wrześniu 2009 r. z konstruktorami tych liczników doprowadziły do wyposażenia ich w wyjście impulsowe dla energii pobieranej jak i energii oddawanej w wyniku rekuperacji. Została również dobrana stała licznika która wynosi $c = 10 \text{ imp/kWh}$.

Okręgowy Urząd Miar w Łodzi na bazie posiadanego stanowiska do wzorcowania liczników prądu przemiennego skonstruował stanowisko do wzorcowania liczników prądu stałego. W związku z brakiem kontrolnych liczników prądu stałego jedyną możliwą metodą jest metoda mocy i czasu.

W skład stanowiska wchodzi: stabilizowany zasilacz DC 5 kV, dzielnik napięcia, precyzyjny woltmierz cyfrowy, kalibrator napięcia stałego, dzielnik impulsów, głowica skanująca oraz częstotściomierz-czasomierz cyfrowy. Schemat blokowy układu przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Schemat blokowy układu do wzorcowania liczników prądu stałego

Przy wzorcowaniu liczników, kiedy dokonywany jest pomiar czasu określonej liczby impulsów, do obliczenia wartości poprawnej tego czasu należy posłużyć się zależnością:

$$t_p = \frac{3600000}{c_b} \cdot \frac{N}{U_p \cdot I_p} \quad (3)$$

gdzie: t_p – poprawny czas N impulsów, c_b – stała badanego licznika, U_p – poprawna wartość napięcia, I_p – poprawna wartość natężenia prądu. Następnie błąd licznika prądu stałego w danym punkcie pomiarowym δ_x obliczamy stosując zależność

$$\delta_x = \frac{t_p - t_x}{t_x} \cdot 100\% \quad (4)$$

gdzie: t_x – zmierzony czas N impulsów.

Spójność pomiarowa zachowana jest przez przeniesienie wskazań przyrządów pomiarowych zastosowanych w stanowisku do państwowych wzorców rezystancji, napięcia stałego oraz czasu i częstotliwości poprzez nieprzerwany łańcuch porównań.

Niepewność pomiarów wykonanych na tym stanowisku uzależniona jest w głównej mierze od dokładności użytej aparatury pomiarowej. Dokładność pomiaru napięcia stałego w sieci przy wykorzystywaniu multimetru i dzielnika napięcia wynosi około 0,01 %. Zastosowanie kalibratora jako symulatora spadku napięcia na zewnętrznym boczniku prądowym, z uwagi na jego pracę przy wysokim potencjale 3,3 kV, wymaga zasilania tego kalibratora z separowanej sieci wykorzystując np. UPS. Uzyskana dokładność symulacji toru prądowego wynosi ok. 0,01 %. Pomiar czasu impulsowania w układzie częstociomierz-zasomierz, głowica skanująca i dzielnik impulsów realizowany jest z dokładnością ok. 1 ms. Ze względu na to, minimalny czas pomiaru impulsów powinien wynosić nie mniej niż 20 sekund. Przy powtarzalności pomiarów całkowita niepewność pomiaru na przedstawionym stanowisku wynosi ok. 0,02 %.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 27 grudnia 2007 r. w sprawie rodzajów przyrządów pomiarowych podlegających prawnej kontroli metrologicznej oraz zakresu tej kontroli (Dz. U. Nr 3, poz. 13).
- [2] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 7 stycznia 2008 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać liczniki energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego oraz szczególnego zakresu sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych (Dz. U. Nr 11, poz. 63).
- [3] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/22/WE z dnia 31 marca 2004r. w sprawie przyrządów pomiarowych (Dz. Urz. UE L 2004 nr 135 str. 1, Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, roz. 13, t. 34, str. 149).
- [4] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla przyrządów pomiarowych (Dz. U. Nr 3 z dnia 10 stycznia 2007 r., poz. 27).
- [5] PN-IEC 736:1998 Urządzenia do sprawdzania liczników energii elektrycznej.
- [6] EA-4/02. *Wyrażanie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu*. Główny Urząd Miar, Warszawa 2001.
- [7] *Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik*. Główny Urząd Miar, Warszawa 1999.

Niepewność pomiaru przy kontroli metrologicznej wodomierzy

Paweł Sikorski

Okręgowy Urząd Miar w Łodzi, Wydział Termodynamiki

W referacie przedstawiono analizę niepewności pomiarów przy kontroli metrologicznej wodomierzy w różnych obszarach działania Okręgowego Urzędu Miar w Łodzi, związanych zarówno z metrologią prawną, jak i innymi wykonywanymi badaniami i wzorcowaniami wodomierzy, ze szczególnym uwzględnieniem ekspertyz metrologicznych wykonywanych na własnym stanowisku pomiarowym.

Uncertainty of measurement at the metrological control of water meters

In the paper the analysis of uncertainty of measurement at the metrological control of water meters has been presented. It concerns the different areas of functioning of the Regional Office of Measures in Lodz connected with both the legal metrology and the other examinations and calibrations of water meters. The metrological expertises carried out at the own self-made setup have been taken into special consideration.

1. Wstęp

Pracownia Przepływów, która zajmuje się między innymi wyznaczaniem charakterystyk metrologicznych wodomierzy jest przykładem charakteryzującym zarówno liczne obszary prawne, jak i rodzaje oferowanych usług realizowanych przez Wydział Termodynamiki Okręgowego Urzędu Miar w Łodzi. Wykonywana prawna kontrola metrologiczna, ocena zgodności w zakresie elementów do badania typu dla GUM (moduł B) oraz weryfikacji końcowej wyrobu (moduł F), wzorcowania, a w szczególności ekspertyzy wodomierzy zaowocowały zebraniem doświadczeń związanych z badaniami wodomierzy.

2. Niepewność pomiaru przy prawnej kontroli metrologicznej wodomierzy

Legalizacja wodomierzy jako obszar prawnej kontroli metrologicznej jest wykonywana obecnie wyłącznie przez administrację miar w ponad 150 punktach legalizacyjnych mieszczących się na terenie całego kraju. Właścicielami punktów są głównie producenci wodomierzy, zakłady wodociągowe oraz zakłady naprawiające wodomierze. Zarówno zakres, jak i metody przeprowadzania sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej wodomierzy zostały ściśle określone w rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 23 października 2007 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać wodomierze, oraz szczegółowego zakresu sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych (Dz. U. Nr 209, poz. 1513) [2]. W dokumencie tym, ustawodawca określił dopuszczalne maksymalne niepewności pomiaru dla poszczególnych wielkości mierzonych. Można powiedzieć, że są to najgorsze z możliwych niepewności, jakie mogą charakteryzować stanowiska pomiarowe (metody pomiarowe) stosowane do legalizacji wodomierzy. Oceny zdolności pomiarowych stanowisk dokonuje Prezes Głównego Urzędu Miar lub wskazany przez niego podmiot. Dokumentem potwierdzającym spełnie-

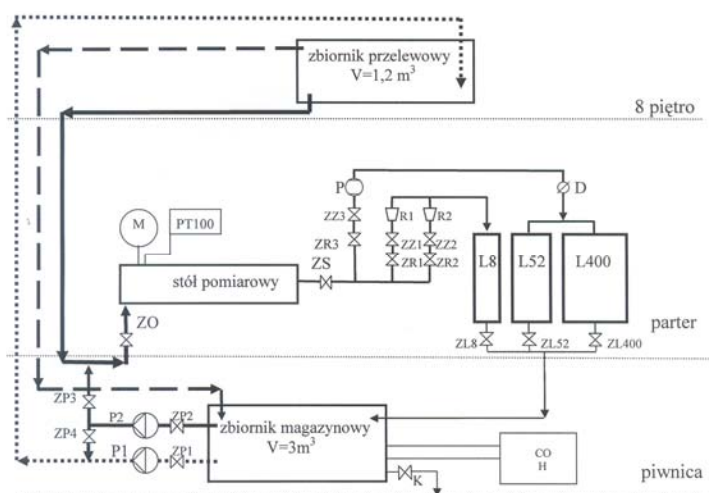
nie wymagań w tym zakresie jest świadectwo ekspertyzy. Wszystkie zastosowane przyrządy w ww. stanowiskach powinny posiadać aktualne świadectwa wzorcowania zgodnie z przyjętymi harmonogramami.

Podczas legalizacji wodomierze powinny być sprawdzane na stanowiskach pomiarowych, w których stosuje się metodę sprawdzenia „z ruchomym startem i stopem”, gdzie przed rozpoczęciem pomiaru i po jego zakończeniu woda dopływa do wzorca pomiarowego i przepływa przez sprawdzany wodomierz żądanym strumieniem objętości; wyjątek stanowią wodomierze stosowane do wody zimnej lub ciepłej działające na zasadach mechanicznych, do sprawdzania których można stosować metodę sprawdzenia „z zatrzymanym startem i stopem”, gdzie do chwili rozpoczęcia pomiaru i po jego zakończeniu woda nie dopływa do przyrządu wzorcowego i przepływa przez badany wodomierz.

3. Charakterystyka stanowiska pomiarowego do sprawdzania wodomierzy w Okręgowym Urzędzie Miar w Łodzi

W 2008 r. w Okręgowym Urzędzie Miar w Łodzi uruchomiono jako jedyne w terenowej administracji miar stanowisko pomiarowe do sprawdzania wodomierzy. Analizując charakterystykę techniczną stanowiska, na szczególną uwagę zasługuje możliwość badania wodomierzy w trzech podstawowych strumieniach objętości (Q_1 , Q_2 , Q_3) za pomocą grawitacyjnego układu zasilania. Linie łączące zbiornik przelewowy z układem zasilania oraz stołem pomiarowym zainstalowano w budynku, co minimalizuje negatywny wpływ warunków zewnętrznych na temperaturę wody sprawdzanych obiektów. Schemat obiegu wody w stanowisku pomiarowym do sprawdzania wodomierzy w OUM w Łodzi przedstawiono na rys. 1.

Układ pomp obiegowych (P_1 , P_2) zasilających zbiornik przelewowy umożliwia również wykonanie innych badań, takich jak np. wytrzymałość wodomierzy na ciśnienie lub wpływ ciśnienia na charakterystykę metrologiczną wodomierzy. Zbiornik magazynowy połączono z układem grzania i chłodzenia wody w zakresie temperatur $(10 \div 30)^\circ\text{C}$. Zawór stopowy (startowy) ZS, zainstalowany na wyjściu stołu pomiarowego, sprzężony jest z torem pomiaru czasu.



Rys. 1. Schemat obiegu wody na stanowisku pomiarowym do sprawdzania wodomierzy w OUM w Łodzi

Główne zalety stanowiska to:

- brak zaburzeń (pulsacji) występujących na stanowiskach wyposażonych w pompowe układy zasilania oddziaływujące na sprawdzane wodomierze,
- uniemożliwienie zapowietrzenia odcinka dolotowego do stołu pomiarowego,
- zagwarantowanie stałego ciśnienia zasilania,
- brak wzajemnego oddziaływania między sprawdzanymi wodomierzami,
- stabilizacja temperaturowa wody zasilającej stanowisko.

4. Analiza wyników badanych wodomierzy

Wyniki badań wodomierzy przedstawiono na przykładzie wykonywanych ekspertyz tych przyrządów. Należy, zatem pamiętać, iż najczęstszym przypadkiem zgłoszenia do ekspertyzy wodomierza jest przypuszczenie jednej ze stron rozliczenia wody o niespełnieniu wymagań dotyczących ich wskazań. Przebadano blisko 1000 wodomierzy. Uzyskane wyniki pozwoliły na przedstawienie zmian charakterystyk metrologicznych wodomierzy podczas pięcioletniego okresu użytkowania w sieci.

Analiza wyników potwierdza, iż przy obecnym trendzie rynku (cena jako główny element przetargowy) pięcioletni okres ważności dowodów prawnej kontroli metrologicznej wodomierzy jest prawdopodobnie zbyt długi. Tylko około 50 % wszystkich wodomierzy w poszczególnych grupach mieściło się w granicznych błędach legalizacyjnych, a więc potwierdziło zdolności pomiarowe uzyskane podczas legalizacji. Stosunkowo duża liczba badanych wodomierzy nieposiadających ważnych dowodów prawnej kontroli metrologicznej jest wynikiem zgłaszania wodomierzy do ekspertyz po ich demontażu na koniec okresu ich ważności.

5. Analiza elementów składowych budżetu niepewności przy badaniu i wzorcowaniu wodomierzy na stanowisku w OUM Łódź

W analizie elementów składowych budżetu niepewności przy wzorcowaniu wodomierzy oparto się głównie na przewodniku EA-4/02 [1] oraz przedstawionym w nim przykładzie S12.

Badania na stanowisku wykazały pełną stabilność strumienia objętości oraz niewielkie chwilowe zmiany strumienia przy sprawdzaniu wodomierzy w zakresie (10 ± 20) m³/h. Maksymalne zmiany temperatury wody doprowadzanej do stołu pomiarowego podczas pojedynczego pomiaru nie przekraczają 0,1 °C przy różnicy temperatur między wodą w zbiornikach pomiarowych, a sprawdzanymi wodomierzami 0,1 °C.

Analiza szacowania niepewności przy badaniach wodomierzy na zgodność z wymaganiami na stanowisku pomiarowym w OUM w Łodzi wykazała wysoką jakość wykonywanych ekspertyz. Doskonalenie tego obszaru, a więc polepszanie najlepszej możliwości pomiarowej skutkuje zwiększaniem pewności, iż wydawane w świadectwach ekspertyzy orzeczenia o dopuszczeniu lub nie do dalszego stosowania przedstawionych do badań wodomierzy są prawidłowe.

Literatura

- [1] EA-4/02. *Wyrażanie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu*. Główny Urząd Miar, Warszawa 2001.
- [2] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 23 października 2007 r. w sprawie wymagań metrologicznych, którym powinny odpowiadać wodomierze oraz szczegółowego zakresu sprawdeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych (Dz. U. Nr 209, poz. 1513).
- [3] *Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik*. Główny Urząd Miar, Warszawa 1999.
- [4] OIML R 49-1. *Water meters intended for the metering of cold potable water and hot water. Part 1: Metrological and technical requirements*, Edition 2006 (E).
- [5] OIML R 49-2. *Water meters intended for the metering of cold potable water and hot water. Part 2: Test methods*, Edition 2006 (E).
- [6] OIML R 49-3. *Water meters intended for the metering of cold potable water and hot water. Part 3: Test Report Format*, Edition 2006 (E).

Wyznaczanie płaskości płyt pomiarowych oraz prostoliniowości liniałów różnymi metodami

Paweł Zalewski

Okręgowy Urząd Miar w Łodzi

W pracy omówiono metody wyznaczania płaskości płyt pomiarowych oraz prostoliniowości liniałów, zapewnienie spójności pomiarowej poprzez odniesienie do wzorców państwowych, oraz składniki niepewności pomiaru i ich wpływ na określenie klasy przyrządu.

Different methods of designation of flatness of measurement plates as well as rectilinearity of rulers

Methods of designation of flatness of measurement plates as rectilinearity of rules, assurance of measurement traceability with reference to the national standards, and components of measurement uncertainty and their influence on the qualification of the instrument class have been discussed in the paper.

1. Wstęp

Powierzchnie, a także linie części maszyn i urządzeń projektowane są jako twory geometrycznie idealne, to znaczy, że w założeniach płaszczyzny są idealnie płaskie, linie idealnie proste, a okręgi nie posiadają odchyłek okrągłości oraz istnieje idealna równoległość i prostokątność. Takie idealne kształty nazywane są geometrycznie poprawnymi i stanowią bazy będące odniesieniami do określenia odchyłek kształtu i położenia. Na skutek niedoskonałości obrabiarek oraz szeregu zjawisk fizycznych, które występują w procesie wytwarzania, rzeczywiste powierzchnie i linie wykonywane są z pewnymi odchyłkami w stosunku do kształtów geometrycznie poprawnych. Pomijając chropowatość, odchyłki te nazywane są błędami kształtu i położenia. Odchyłka kształtu (prostoliniowość, płaskość, okrągłość, walcowość) jest to największa odległość powierzchni lub linii rzeczywistej od powierzchni lub linii przylegającej – jest to największa odległość punktów elementu rzeczywistego od elementu przylegającego. Z konstrukcyjnego punktu widzenia element przylegający jest odpowiednikiem części współpracującej.

2. Pomiar prostoliniowości liniałów przy pomocy autokolimatora AK1 oraz dwupoziomnicowego systemu elektronicznego „Talywel 5”

Autokolimator AK1 jest przyrządem optycznym zawierającym układ odwracający bieg wiązki światła z jednoczesnym jej zogniskowaniem. Składa się z kolimatora i zwierciadła płaskiego. Autokolimator służy do pomiaru bezpośredniego małych przemieszczeń kątowych (zakres pomiarowy 12', działka elementarna 1”).

Pomiar prostoliniowości liniału powierzchniowego przy pomocy autokolimatora AK1 przeprowadzamy w następujący sposób. Należy ustawić liniał powierzchniowy o stałym przekroju i długości L na jednorodnej powierzchni, wspierając go na dwóch podporach

o takim samym wymiarze. Podpory powinny być ustawione w odległości $a = 0,2232 L$ od krańców liniału. Na jednym z krańców liniału umieszczamy kolimator, na przeciwnym zaś zwierciadło płaskie. Następnie przesuwamy wzdłuż liniału zwierciadło o ustalony stały krok równy odległości podpór podstawy zwierciadła (np. 100 mm).

Jeśli znany jest rozstaw podpór podstawy zwierciadła i jeśli podczas pomiarów kolejne położenia zwierciadła zajmują takie położenia, że podpora lewa jest dokładnie w tym samym miejscu co podpora prawa w poprzednim położeniu, to odchyłkę w danym punkcie możemy obliczyć z równania: $y_i = y_{i-1} + l \sin \alpha$, gdzie: y_i, y_{i-1} – współrzędne poszczególnych punktów pomiarowych, l – długość odcinka pomiarowego równa odległości podpór zwierciadła, α – kąt nachylenia odcinka pomiarowego. Następnie należy wyznaczyć położenie prostej odniesienia. Znając położenie prostej odniesienia, maksymalny błąd płaskości wyznacza się ze wzoru $\Delta_p = (h_1 + h_2) \cos \varphi$, w którym: h_1, h_2 – największe odchylenia wykresu błędów płaskości od prostej odniesienia po obu jej stronach, φ – kąt nachylenia prostej odniesienia.

Elektroniczny system dwupoziomnicowy „Talywel 5” produkcji TAYLOR HOBSON jest poziomnicą elektroniczną działającą na zasadzie wahadła i systemu elektronicznego odczytującego jego położenie. Jest to zestaw dwóch poziomnic pracujących w układzie różnicowym gdzie jedna poziomnica jest nieruchoma, druga zaś przesuwana jest po badanej powierzchni wzdłuż przyjętych linii. Zakres pomiarowy wynosi ± 3 mm/m, działka elementarna wynosi 0,001 mm/m.

Pomiar prostoliniowości liniału powierzchniowego przy pomocy elektronicznego systemu dwupoziomnicowego Taylora Hobsona wykonujemy w sposób zbliżony do pomiarów autokolimatorem AK1. Różnica polega na zastąpieniu zwierciadła autokolimatora przez ruchomą poziomnicę. Drugą z poziomnic traktujemy zaś jako poziomnicę stałą, którą umieszczamy na jednorodnej powierzchni, na której wsparty jest badany liniał.

Im niższe wartości błędów tym do wyższej klasy dokładności można zaliczyć liniał powierzchniowy. Wartości dopuszczalne dla danej klasy określa norma PN-74/M-53180. Odchyłkę prostoliniowości podaje się na świadectwie wzorcowania wraz z niepewnością pomiaru. Niepewność złożona pomiaru zawiera takie składowe jak:

- niepewność standardowa związana z pomiarem różnicy wysokości między poszczególnymi punktami pomiarowymi na liniale, w skład której wchodzi niepewność standardowa wyznaczenia długości bazy pomiarowej i niepewność standardowa pomiaru kąta pochylenia zarysu (związana z rozdzielczością przyrządu pomiarowego, błędami wskazań i niepewnością ich wyznaczenia),
- niepewność standardowa związana z odtwarzalnością wyznaczenia odchylenia od prostoliniowości (w zależności od ustawienia przyrządu pomiarowego oraz mostka pomiarowego względem liniału),
- niepewność standardowa związana z odchyleniem od płaskości powierzchni pomiarowej zwierciadła (składowa ta występuje przy pomiarach auto-kolimatorem),
- niepewność standardowa związana z liczbą kroków pomiarowych,
- niepewność standardowa związana z pozostałymi wpływami: ugięcie liniału spowodowane naciskiem mostka pomiarowego, ugięcie liniału spowodowane własnym ciężarem, zmiana ugięcia liniału wskutek nieprecyzyjnego podparcia liniału w punktach $a = 0,2232 L$, błąd software'u.

3. Pomiar płaskości płyt pomiarowych przy pomocy autokolimatora AK1 oraz dwupoziomnicowego systemu elektronicznego „Talywel 5”

Pomiar płaskości płyt przy pomocy elektronicznego systemu dwupoziomnicowego Taylora Hobsona wykonywany jest metodą „siatki”. W metodzie tej pomiar wykonywany jest wzdłuż linii równoległych do tworzących powierzchni pomiarowej płyty. Jedna z dwóch poziomnic jest nieruchoma, drugą zaś przesuwamy o przyjęty przedział równy odległości stóp podparcia poziomnicy. Im mniejsze są owe przedziały tym dokładniejsze jest wyznaczenie płaskości powierzchni badanej.

Dzięki bezpośredniej transmisji danych z układu pomiarowego do komputera przenośnego wyniki pomiarów są znane bezpośrednio po ich zakończeniu.

Potwierdzenie klasy dokładności płyty dokonywane jest zgodnie z normą PN-ISO 8512-1 dla płyt żeliwnych, lub PN-ISO 8512-2 dla płyt pomiarowych granitowych.

Pomiary płaskości przy pomocy autokolimatora AK1 są wykonywane wzdłuż linii siatki przedstawionych po określonym przedziale odległościowym od poprzedniego ustawienia. Im mniejsze są owe przedziały tym dokładniejsze będzie wyznaczenie płaskości powierzchni badanej.

Literatura

- [1] W. Ptaszyński: *Pomiary prostoliniowości laserowym systemem ML-10*. Politechnika Poznańska, Instytut Technologii Mechanicznej. Poznań 2005.
- [2] R. Wit: *Pracownia Metrologiczna*. WSiP 1974.
- [3] A. Tomaszewski: *Podstawy Nowoczesnej Metrologii*. WNT, Warszawa 1975.
- [4] S. Adamczak: *Pomiary geometryczne powierzchni. Zarysy kształtu, falistości i chropowatości*. Warszawa WNT 2008.
- [5] W. Jakubiec, J. Malinowski: *Metrologia wielkości geometrycznych*. Warszawa, WNT 2004.
- [6] S. Białas: *Metrologia techniczna z podstawami tolerowania wielkości geometrycznych dla mechaników*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2006.
- [7] J. Malinowski: *Pomiary długości i kąta w budowie maszyn*. WSiP, Warszawa 1998.
- [8] M. Domański: *Metrologia techniczna*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2001.

Nowe kierunki rozwoju stanowisk wzorcowych objętości przepływu wody w aspekcie wymagań dyrektywy MID

Wiesław Gosk

Okręgowy Urząd Miar w Warszawie

W referacie omówiono nowe wymagania w zakresie badań wodomierzy, związane z wprowadzeniem w kraju dyrektywy MID. Wymagania te implikują rozwój stanowisk wzorcowych objętości przepływu przeznaczonych do tych badań. Przedstawiono kierunki tego rozwoju ze szczególnym uwzględnieniem koncepcji dotyczących realizacji badań wpływu ciśnienia przepływu i znormalizowanych zaburzeń przepływu na charakterystyki metrologiczne wodomierzy.

New ways of test rigs of volume flow development in terms of the MID directive's requirements

The paper discusses new requirements for water meters testing, related to the implementation of the MID directive in Poland. These requirements imply the development of test rigs of volume flow for those tests. Author presents trends of that development, especially concerning research on the influence of pressure and normalized flow disturbance on metrological characteristics of water meters.

1. Wstęp

Wodomierze podlegały prawnej kontroli metrologicznej, a mianowicie zatwierdzeniu typu i legalizacji do końca 2006 r. Badania w ramach zatwierdzenia typu i legalizacji realizowane były zgodnie z wymaganiami zawartymi w [1]. Z początkiem 2007 r. istniejący system prawnej kontroli metrologicznej został zastąpiony systemem oceny zgodności z dyrektywą 2004/22/WE (MID), wprowadzoną do polskiego systemu prawnego przez [2]. Ocenę zgodności wodomierzy z zasadniczymi wymaganiami MID przeprowadza się z zastosowaniem procedur określonych w [2]. Metody, warunki i parametry badań realizowanych w ramach tych procedur są wyspecyfikowane w zharmonizowanej z dyrektywą MID normie [3]. Specyfikacje zharmonizowane są także źródłem nowych wymagań technicznych dla stanowisk pomiarowych do realizacji tych badań. Dotyczy to szczególnie stanowisk wzorcowych objętości przepływu służących do realizacji badań wodomierzy w przepływie.

2. Kierunki rozwoju technicznego stanowisk wzorcowych

W kolumnie 4. tabeli 1 zaznaczono badania w przepływie przeprowadzane w ramach oceny zgodności wodomierzy, wyspecyfikowane w [3]. W kolumnie 5. i 6. potwierdzono te z wyżej wymienionego zestawu badań, które do niedawna były wykonywane w procedurze zatwierdzenia typu wodomierzy mechanicznych (kolumna 5) lub elektronicznych i mechanicznych z urządzeniami elektronicznymi (kolumna 6). Porównanie tych badań pozwala wyróżnić badania nowe, nie realizowane dotychczas (badanie B0, B4, B6, B7, B8) i badania zmodyfikowane, znane wprawdzie z dotychczasowej praktyki metrologicznej, ale realizowane obecnie w ramach zmienionej metodyki i w innych warunkach pomiarowych (badania B1, B2, B3). Konieczność wprowadzenia wyżej wymienionych badań do procedury

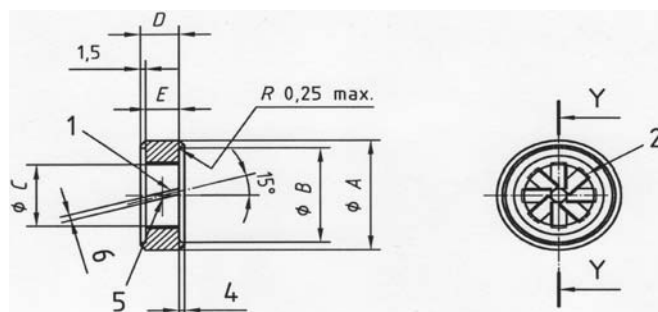
oceny zgodności stała się silnym impulsem wymuszającym rozwój wyposażenia badawczego – budowy nowych stanowisk pomiarowych lub gruntownej modernizacji istniejących. Najlepszym przykładem jest wprowadzenie badania wpływu zaburzeń przepływu na błąd wskazań wodomierza (badanie B4).

Tabela 1. Rodzaje badań

| Lp. | Rodzaj badania wodomierza | Symbol badania | Zastosowanie | | |
|-----|--|--|--------------|-----------|------|
| | | | MID | ZT EWG | OIML |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| B0 | Błąd podstawowy: – w pozycji poziomej (H), – w pozycji pionowej (V), – w pozycji pośredniej (V/H) | $X_i \in RC$ $E_i^*(H)$ $E_i^*(V\uparrow), E_i^*(V\downarrow)$ $E_i^*(H/V)$ | ✓ | – | – |
| B1 | Charakterystyka (krzywa) błędu podstawowego: – w pozycji poziomej (H), – w pozycji pionowej (V), – w pozycji pośredniej (V/H) | $E_i^*(Q,H)$ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | | $E_i^*(Q,V\uparrow), E_i^*(Q,V\downarrow)$ | ✓ | – | BM |
| | | $E_i^*(Q,H/V)$ | ✓ | – | BM |
| B2 | Wpływ temperatury przepływu na błąd wskazań (pozycja pozioma) | $E_i^*(t,H)$ | ✓ | BM | – |
| B3 | Wpływ ciśnienia przepływu na błąd wskazań (pozycja pozioma) | $E_i^*(p,H)$ | ✓ | BM | – |
| B4 | Wpływ zaburzeń przepływu na błąd wskazań (pozycja pozioma) | $E_i^*(\sim,H)$ | ✓ | – | – |
| B5 | Badanie odporności ciśnieniowej | P_s | ✓ | ✓ | ✓ |
| B6 | Badanie odporności temperaturowej | $E_i^*(MAT)$ | ✓ | – | – |
| B7 | Badanie przy braku przepływu | $E_i^*(0)$ | ✓ | – | – |
| B8 | Badanie przy przepływie wstecznym | $E_i^*(\leftarrow)$ | ✓ | – | – |
| B9 | Badanie straty ciśnienia | Δp | ✓ | ✓ | ✓ |

BM – Badanie zmodyfikowane

Wprowadzenie tego badania do arsenału badań o charakterze „urzędowym” jest, w przypadku wodomierzy, zabiegiem nowym. W celu uzyskania obiektywnych podstaw oceny konieczna była normalizacja parametrów badania: wprowadzono trzy typy zaburzeń przepływu, znormalizowano długości łączników między źródłem zaburzenia a wodomierzem oraz wprowadzono kryteria oceny odporności wodomierza na zaburzenia. Ustalone pod względem konstrukcyjnym w [3] generatory zaburzeń, typu wir precesyjny prawoskrętny (generator G1), wir precesyjny lewoskrętny (generator G2) oraz zniekształcenie profilu



Rys. 1. Generator zaburzeń G1

prędkości charakterystyczne dla częściowo otwartej zasuwy (generator G3), są gwarancją powtarzalności zaburzeń podczas badania. Rozwiązanie konstrukcyjne generatora G1, według [3], przedstawiono na rys. 1.

3. Nowe rozwiązania techniczne w stanowiskach wzorcowych do badań zmodyfikowanych

Okazuje się, że jeszcze silniejszy wpływ na strukturę techniczną stanowisk miało wprowadzenie badań w wersji zmodyfikowanej. Badania te były wyspecyfikowane w [1] w sposób bardzo ogólny, a ich praktyczną realizacją kierowały procedury wewnętrzne laboratorium badawczego. Stanowiska wzorcowe, na których je realizowano, w zderzeniu z rzeczywistością nowych wymagań okazały się technicznie nieprzygotowane i tylko poważna modernizacja, a często budowa nowego obiektu, stanowiły jedyne rozwiązanie problemu.

Należy przede wszystkim zauważyć, że w metodyce badań wprowadzono zasadę, zgodnie z którą podczas realizacji wartości wielkości, której wpływ na błąd wskazania wodomierza jest badany, wartości pozostałych wielkości wpływających, muszą pozostać na niezmiennym – odpowiadającym warunkom odniesienia – poziomie. Spełnienie tego warunku, w przypadku badań B1, B2 i B4 oznacza utrzymanie stałego ciśnienia przepływu przy zmieniających się nastawach strumienia Q . Bez wprowadzenia specjalnego układu regulacji automatycznej ciśnienia przepływu jest to praktycznie niemożliwe.

Ale to nie jest jedyny kierunek zmian technicznych. Badanie wpływu ciśnienia zasilania na błąd wskazania wodomierza (badanie B3) stawia przed zespołem zasilania stanowiska równie trudne zadanie. Błąd wskazania powinien być wyznaczany dla dwóch różnych wartości normalnego ciśnienia pomiarowego: 0,3 bar i MAP (maksymalne dopuszczalne ciśnienie robocze), przy takim samym w obu przypadkach strumieniu pomiarowym Q_2 (pośredni strumień objętości). Utrzymanie strumienia Q_2 dla dwóch tak skrajnie różnych wartości ciśnienia przepływu wymaga zastosowania oddzielnego podzespołu zasilającego (pompy realizujące badania B1, B2 i B4 będą miały za małą wysokość podnoszenia) i ponownego wykorzystania układu automatycznej regulacji ciśnienia.

Na tym nie koniec. Kłopot jest także z obiema wyżej wymienionymi wartościami ciśnienia pomiarowego. Realizacja techniczna ciśnienia przepływu o wartości $p_N = 0,3$ bar, przy na ogół małym strumieniu Q_2 , jest zadaniem trudnym. Te trudności stały się inspiracją dla rozwiązań specjalnych – przepływowych urządzeń do podnoszenia ciśnienia statycznego. Z kolei konieczność realizacji ciśnienia $p_N = \text{MAP}$ wymaga wymiany typowej armatury PN16 większości istniejących stanowisk, bowiem w zakresie badania uwzględnia się na ogół badanie wodomierzy w klasie ciśnieniowej MAP25 i MAP40.

Gdy już zostaną pokonane wszystkie przeszkody związane z zapewnieniem stałości ciśnienia pomiarowego i realizacji jego wartości, przed konstruktorami staną następane zadania – pozycjonowanie wodomierza. W badaniach B1 nie jest to sprawą trudną. Problem polega na tym, że w badaniach wodą ciepłą (wodomierze o klasie temperaturowej T70÷T180) w położeniach $V\uparrow$, $V\downarrow$ i V/H należy do wodomierza doprowadzić strumień o stabilnych parametrach przepływu i dokonać rzetelnego pomiaru wartości tych parametrów. Warto przy tym zauważyć, że zgodnie z [3] ciśnienie i temperatura przepływu powinny być mierzone na wlocie wodomierza (w tak zwanym przekroju odniesienia), a jednocześnie żaden z elementów osprzętu pomiarowego nie powinien znajdować się w świetle przewodu dopływowego

(aby nie doprowadzić do zaburzenia przepływu). Czy jest to możliwe? Możliwe. To kolejny problem będący źródłem inspiracji dla konstruktorów stanowisk pomiarowych.

Ostatnia ze spraw ważnych. Chyba definitywnie skończyła się możliwość badania wodomierzy do wody gorącej wodą ciepłą ($t < 100\text{ °C}$), a więc badań na stanowisku pomiarowym typu otwartego. Zapisy [3] nie pozostawiają złudzeń. W badaniach B2 wodomierzy o klasach temperaturowych T130, T180, T30/130 i T30/T180 występują temperatury pomiarowe odpowiednio $t_N = 130\text{ °C}$ i $t_N = 180\text{ °C}$. Realizacja przepływu o takich parametrach wymaga stosowania stanowisk ciśnieniowych (typu zamkniętego). To zupełnie inna klasa stanowisk, obecnie poza zasięgiem możliwości krajowych, z nielicznymi przykładami realizacji w Europie.

4. Podsumowanie

Nie ma pewności, czy we wszystkich przedstawionych wyżej kierunkach nastąpił już rozwój techniczny stanowisk wzorcowych, zakończony wdrożeniem konkretnych rozwiązań technicznych. Jednostki Notyfikowane, konkurujące ze sobą na rynku europejskim nie udostępniają informacji o szczegółach technicznych swojego wyposażenia. Zasadą tą objęte są też, znane autorowi niniejszego opracowania, informacje dotyczące wyposażenia pomiarowego krajowej Jednostki Notyfikowanej. Pewne jest jedno – nie ma alternatywy dla konieczności tego rozwoju.

Literatura

- [1] Rozporządzenie MG PiPS z dnia 2 kwietnia 2004 r. w sprawie prawnej kontroli metrologicznej przyrządów pomiarowych (Dz. U. Nr 77, poz. 730).
- [2] Rozporządzenie MG z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla przyrządów pomiarowych (Dz. U. Nr 3, poz. 27).
- [3] PN-EN 14154-3 *Wodomierze. Część 3: Metody i wyposażenie do badań.*

Przedział rozszerzenia jako miara niepewności pomiaru

dr inż. Paweł Fotowicz

Główny Urząd Miar w Warszawie

Dokument JCGM 101:2008 wyznacza nowy standard obliczania niepewności pomiaru. Zgodnie z jego wykładnią miarą niepewności pomiaru jest przedział rozszerzenia, który definiowany jest na dwa sposoby. Pierwsza definicja mówi, że jest to probabilistycznie symetryczny przedział, poza granicami którego istnieje jednakowe prawdopodobieństwo wartości dla wielkości wyjściowej. Druga definicja mówi, że jest to najkrótszy ze wszystkich możliwych przedziałów związanych z tym samym prawdopodobieństwem rozszerzenia.

Wyznaczanie przedziału rozszerzenia w oparciu o pierwszą definicję zakłada, że prawdopodobieństwo wartości po obu jego stronach jest jednakowe. Jeżeli przyjmiemy, że prawdopodobieństwo rozszerzenia wynosi 0,95 to granice przedziału wyznaczają kwantyle rozkładu $G^{-1}(0,025)$ oraz $G^{-1}(0,975)$, będące funkcjami odwrotnymi (argumentami) dystrybuanty wielkości wyjściowej. Umownie przedział ten można oznaczyć jako

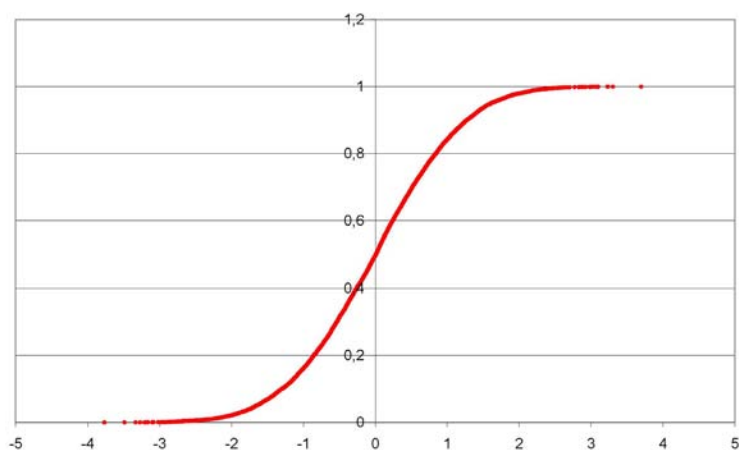
$$I_{\text{sym}} = [G^{-1}(0,025), G^{-1}(0,975)]$$

Wyznaczanie przedziału rozszerzenia w oparciu o drugą definicję nakazuje przyjęcie najmniejszego przedziału ze zbioru wszystkich przedziałów dla tego samego prawdopodobieństwa. Dla prawdopodobieństwa rozszerzenia 0,95 będzie to przedział o wartościach granicznych, dla których różnica wartości górnej $G^{-1}(\alpha + 0,95)$ i dolnej $G^{-1}(\alpha)$ będzie najmniejsza. Umownie przedział ten można zapisać jako

$$I_{\text{min}} = [G^{-1}(\alpha), G^{-1}(\alpha + 0,95)], \text{ gdy } G^{-1}(\alpha + 0,95) - G^{-1}(\alpha) = \min$$

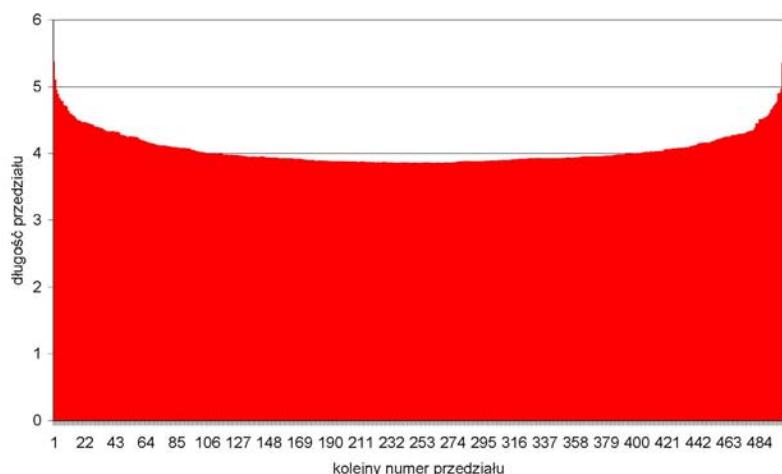
Zalecana przez przywołany dokument, numeryczna procedura obliczania przedziału rozszerzenia dla prawdopodobieństwa 0,95, w oparciu o metodę Monte Carlo, przewiduje liczbę losowań $M = 10\,000$. Każda z wyznaczonych 10 000 wartości stanowi element zbioru możliwych wartości rozkładu wielkości wyjściowej. Po uporządkowaniu elementów tego zbioru w postaci rosnącego ciągu wartości i przypisaniu każdemu z nich kolejnego prawdopodobieństwa, począwszy od $p = 0,0001$, a skończywszy na $p = 1$, granice przedziału rozszerzenia, zgodnie z pierwszą definicją, wyznaczają wartości reprezentowane przez element o numerze 250 i 9750. W przypadku realizacji drugiej definicji otrzymamy aż 500 przedziałów rozszerzenia dla prawdopodobieństwa 0,95. Będą to kolejne przedziały pomiędzy parami elementów zbioru o numerach od 1 i 9501 do 500 i 10 000. Spośród nich należy wybrać najmniejszy. Czy długości obu przedziałów: probabilistycznie symetrycznego i najkrótszego różnią się? Prześledźmy to na dwóch przykładach: rozkładu normalnego, jako typowego rozkładu symetrycznego oraz rozkładu asymetrycznego, chi kwadrat.

Używając generatora liczb losowych o rozkładzie normalnym standaryzowanym $N(0,1)$ tworzymy zbiór 10 000 wartości. Sortując zbiór tych wartości w porządku rosnącym i przypisując każdej z nich kolejne prawdopodobieństwo, zaczynając od $p = 0,0001$, a kończąc na $p = 1$, otrzymujemy dystrybuantę numeryczną tego rozkładu (rys. 1).



Rys. 1. Dystrybuanta numeryczna rozkładu normalnego

Na podstawie wykonanych obliczeń długości obu przedziałów rozszerzenia przykładowo otrzymujemy wartości: 3,91 dla przedziału najkrótszego i 3,93 dla przedziału symetrycznego. Oba przedziały nieznacznie się różnią, o 0,5 % wartości. Wartości tych przedziałów są zgodne z długością przedziału ufności dla rozkładu normalnego przy poziomie ufności 95 %, która wynosi 3,92 (długość przedziału ufności wyznacza różnica pomiędzy dwoma kwantylami rozkładu 1,96 i -1,96). Zbiór przykładowych wartości wszystkich 500. przedziałów rozszerzenia ilustruje rys. 2.

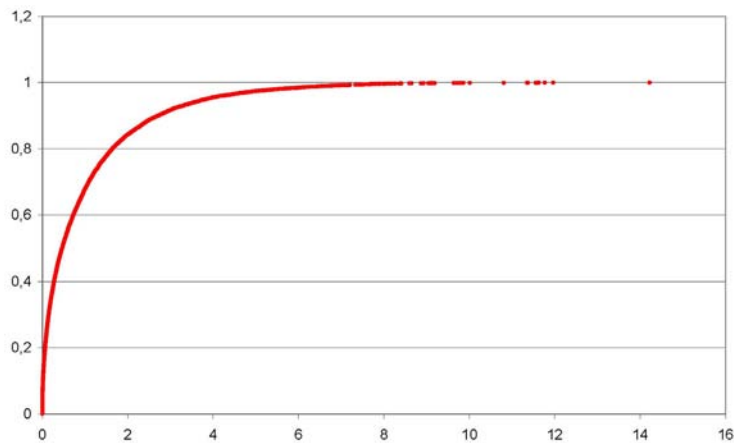


Rys. 2. Numeryczne przedziały rozszerzenia dla rozkładu normalnego

Inaczej sytuacja przedstawia się, gdy mamy do czynienia z rozkładem asymetrycznym. Rozkład chi kwadrat o jednym stopniu swobody można otrzymać podnosząc do kwadratu wartości dla rozkładu normalnego

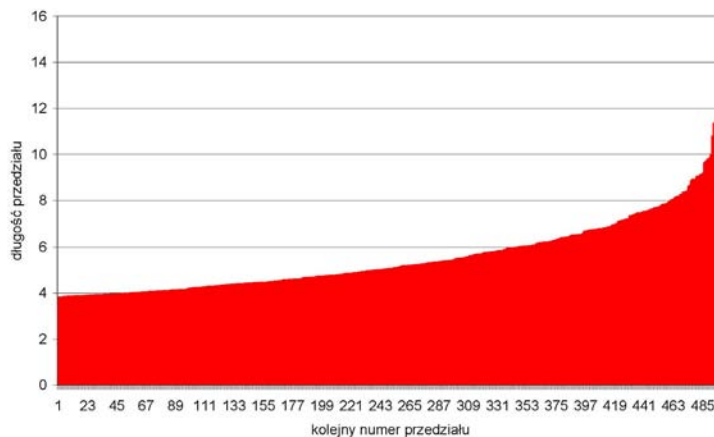
$$\chi_1^2 = [N(0,1)]^2$$

Obliczając powyższe równanie 10 000 razy uzyskujemy zbiór wartości o rozkładzie chi kwadrat o jednym stopniu swobody. Sortując zbiór tych wartości w porządku rosnącym i przypisując każdej z nich kolejne prawdopodobieństwo, zaczynając od $p = 0,0001$, a kończąc na $p = 1$, otrzymujemy dystrybuantę numeryczną rozkładu chi kwadrat (rys. 3).



Rys. 3. Dystrybuanta numeryczna rozkładu chi kwadrat z jednym stopniem swobody

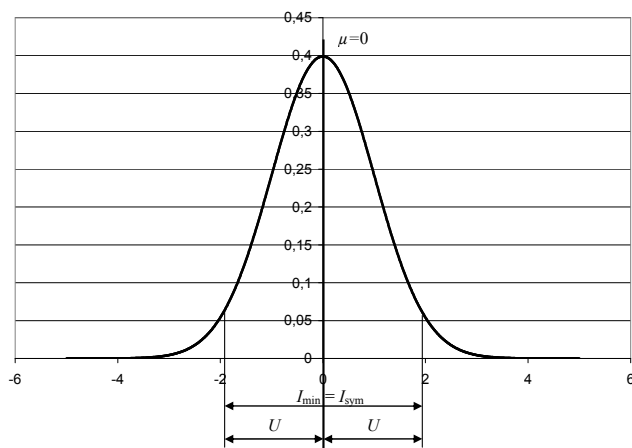
Na podstawie wykonanych obliczeń wartości obu przedziałów rozszerzenia przykładowo otrzymujemy wartości: 3,839 dla przedziału najkrótszego i 5,062 dla przedziału symetrycznego. Oba przedziały znacznie się różnią, aż o 32 % wartości, przy czym wartość pierwszego przedziału jest bliska wartości kwantyla rozkładu chi kwadrat dla poziomu ufności 95 %, wynoszącego 3,841 (kwantyl tego rozkładu jest równy przedziałowi ufności, który jest przedziałem jednostronnym). Zbiór wartości wszystkich 500. przedziałów rozszerzenia ilustruje rys. 4.



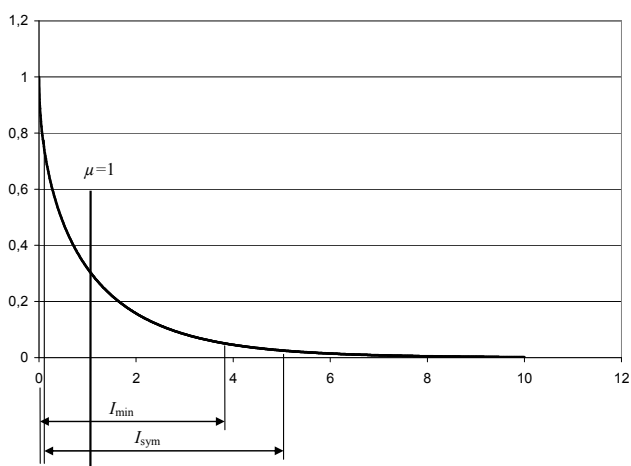
Rys. 4. Numeryczne przedziały rozszerzenia dla rozkładu chi kwadrat z jednym stopniem swobody

Estymatą wielkości mierzonej jest wartość średnia, będąca wartością oczekiwaną rozkładu prawdopodobieństwa. W przypadku rozkładu normalnego standaryzowanego wynosi ona zero, $\mu = 0$ (rys. 5). Wokół estymaty budowany jest przedział rozszerzenia. Dla rozkładu symetrycznego wartość oczekiwana dzieli przedział na połowy równe liczbowo niepewności rozszerzonej. Przedział rozszerzenia symetryczny i najkrótszy są porównywalne, choć ze względu na dokładność obliczeniową metody Monte Carlo, przedział najkrótszy jest zazwyczaj nieznacznie węższy od symetrycznego.

Wartość oczekiwana dla rozkładu chi kwadrat o jednym stopniu swobody wynosi jeden, $\mu = 1$. Wartość ta nie wyznacza jednak środka przedziału rozszerzenia zarówno najkrótszego jak i symetrycznego (rys. 6). Nie można w tym wypadku określić niepewności rozszerzonej, a jedynie wyznaczyć granice przedziału rozszerzenia. Sytuacja taka może zaistnieć, gdy



Rys. 5. Rozkład normalny standaryzowany



Rys. 6. Rozkład chi kwadrat o jednym stopniu swobody

wielkość mierzona zdefiniowana jest przy użyciu modelu nieliniowego. Niepewność rozszerzona bowiem, stosowana powszechnie jako miara niedokładności w metrologii, określa symetryczne rozproszenie wartości dla wielkości mierzonej wokół jej estymaty.

Wspomnienie o śp. Katarzynie Książek



Kasia Książek całe swoje zawodowe życie związana była z Głównym Urzędem Miar. Rozpoczęła pracę we wrześniu 1986 r., po ukończeniu Studium metrologicznego, by po latach nauki i wzorowej pracy awansować na stanowisko głównego metrologa.

Przez cały okres pracy zawodowej związana była z metrologią promieniowania optycznego, początkowo prowadząc prace nad utrzymaniem stanowisk spektrofotometrycznych widmowego współczynnika przepuszczenia, a od 2004 r. w laboratorium M22 odpowiadała za utrzymanie stanowisk spektrofotometrycznych widmowego współczynnika odbicia i luminancji oraz wzorcowanie spektrofotometrów i kolorymetrów odbiciowych.

Prowadziła prace nad tworzeniem dokumentów systemu zarządzania jakością oraz uczestniczyła w kluczowych porównaniach Euromet PR-K5 – Key-comparison of Spectral Diffuse Reflectance.

Jej praca była bardzo wysoko oceniana przez przełożonych i kolegów, jak również przez klientów GUM.

Kasia Książek od 2006 r. była audytorem wewnętrznym GUM, cenionym przez zespoły pracowników audytowanych komórek za fachowość, rzetelność i postawę etyczną. Prowadziła również szkolenia stanowiskowe dla nowych pracowników laboratorium M22.

Stale doskonaliła swoją wiedzę i umiejętności biorąc udział w szkoleniach, konferencjach i sympozjach. Przez 15 lat była jednym z organizatorów Krajowego Sympozjum Kolorymetrycznego, którego współorganizatorem jest Główny Urząd Miar.

Kasia miała jeszcze wiele zawodowych planów związanych z pracą w GUM, lecz niestety Jej przedwczesna śmierć położyła temu kres.

Podobno nie ma ludzi niezastąpionych, ale w sferze kontaktów międzyludzkich, to nie jest prawdą.

Dla nas, koleżanek i kolegów z Zakładu Promieniowania Optycznego, Kasia Książek była przede wszystkim bardzo dobrą, uczynną i serdeczną osobą. Jej życzliwość i troskę o współpracowników odczuwaliśmy na co dzień przez wiele lat.

Współpraca z Nią była dla nas przyjemnością i zaszczytem.

Dlatego też pamięć o naszej śp. koleżance Kasi Książek zostanie w naszych sercach na zawsze.

*Dyrektor, Koleżanki i Koledzy
Zakładu Promieniowania i Wielkości Wpływających*

Wspomnienie o śp. Annie Michalik



Anna Michalik, urodzona 1 czerwca 1937 r. w Podzamczu, dyplom magistra chemii, z wynikiem bardzo dobrym, uzyskała na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Warszawskiego w 1959 r. Przez dwa lata pracowała w Stołecznej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej, a następnie w 1962 roku została przyjęta do pracy w Głównym Urzędzie Miar do nowo utworzonego Zakładu Metrologicznego Fizykochemii. Całe swoje dalsze życie zawodowe poświęciła metrologii fizykochemicznej, w tym wiele lat na stanowiskach kierowniczych: kierownika Zakładu Wzorców Spektrometrycznych, a następnie dyrektora Zakładu Fizykochemii.

W swojej pracy naukowej zajmowała się głównie tematyką pomiarów w dziedzinie kolorymetrii chemicznej i spektrometrii absorpcyjnej oraz wzorcami spektrofotometrycznymi. Była współautorem wielu poważnych prac badawczych, zakończonych opracowaniem i wdrożeniem nowych metod pomiarowych oraz nowych typów wzorców spektrofotometrycznych, które cieszyły się dużym zainteresowaniem użytkowników aparatury spektrofotometrycznej. Wzorce te i metody pomiarowe były też przedmiotem wspólnych badań i porównań prowadzonych w zagranicznych instytucjach metrologicznych oraz były one przedstawiane w publikacjach i referatach na konferencjach krajowych i międzynarodowych.

W latach 70. i 80. pani Anna Michalik była członkiem Komisji Wzorców Komitetu Chemii Analitycznej PAN oraz członkiem i wieloletnim sekretarzem Komisji Analitycznej Spektrometrii Cząsteczkowej PAN. Była autorką wielu opracowań i współautorką monografii poświęconych aparaturze spektrofotometrycznej, prowadziła również wykłady i ćwiczenia z tej dziedziny.

W 1991 r. została mianowana dyrektorem Zakładu Fizykochemii w Polskim Komitecie Normalizacji, Miar i Jakości. Jednym z pierwszych poważnych zadań było zorganizowanie od podstaw Laboratorium Analizy Spalin (później Laboratorium Analizy Gazów). Dzięki osobistemu wkładowi pani Anny Michalik i intensywnej pracy wielu osób Laboratorium zostało uruchomione w 1993 r. Po kilku latach szybkiego rozwoju znalazło się ono w czołówce europejskich laboratoriów gazoanalitycznych, prowadząc działalność metrologiczną w dziedzinach takich jak pomiary zanieczyszczeń powietrza, ochrona jakości powietrza i środowiska.

Od początku działalności pani Anna Michalik brała bardzo aktywny udział we współpracy zagranicznej z instytucjami metrologicznymi wielu krajów oraz z międzynarodowymi organizacjami metrologicznymi, w których była długoletnim oficjalnym przedstawicielem Polski. W 1993 r. została zaproszona do współpracy w nowoutworzonym Komitecie Technicznym Europejskiej Organizacji Metrologicznej EUROMET „Licznosc materii”. W 1997 r., już jako emerytowany Dyrektor Zakładu Fizykochemii Głównego Urzędu Miar, włączyła się w prace Komitetu Doradczego ds. Licznosci Materii (CCQM) przy Międzynarodowym Biurze Miar. Zarówno duża wiedza fachowa, długoletnie doświadcze-

nie w metrologii fizykochemicznej, jak i bardzo dobre stosunki osobiste z wieloma autorytetami z czołowych ośrodków metrologicznych sprawiły, że śp. Anna Michalik zyskała wśród nich renomę „wspaniałego ambasadora Głównego Urzędu Miar i Polski”.

Po przejściu na emeryturę w 1997 r., kontynuowała działalność zawodową, pracując na ½ etatu w GUM, biorąc udział w pracach Polskiego Komitetu Normalizacyjnego oraz Polskiego Centrum Akredytacji.

Anna Michalik wyróżniała się wzorowym i sumiennym wykonywaniem swych obowiązków zawodowych. Uczestniczyła w wielu konferencjach i sympozjach naukowych w kraju i za granicą, godnie reprezentując polskie środowisko metrologów. Za swoje osiągnięcia zawodowe została odznaczona Brązowym Krzyżem Zasługi oraz licznymi dyplomami i odznaczeniami resortowymi.

Z głębokiej wiedzy i doświadczenia pani Anny w dziedzinie metrologii korzystało wiele osób, nie tylko pracownicy Zakładu Fizykochemii. Jej rzetelny stosunek do pracy, fachowość, duża wiedza, a także czynny udział w wychowaniu i kształtowaniu młodej kadry metrologów zyskały Annie Michalik duży szacunek i autorytet. Była również aktywna w pracy społecznej, w latach 70. i 80. jako mąż zaufania oraz jako wiceprzewodnicząca, a następnie przewodnicząca Rady Zakładowej.

Pozostaną po niej same dobre wspomnienia, gdyż wszyscy czujemy, że odszedł od nas człowiek prawy, dobry i serdeczny. Pani Ania, mądra, skromna i życzliwa ludziom, zawsze chętna do udzielenia pomocy w każdej sprawie.

Dyrektor i Pracownicy Zakładu Fizykochemii

Wydawca: Główny Urząd Miar

Prezes

JANINA MARIA POPOWSKA

tel. 581 95 45, fax 620 84 11,

e-mail: prjp@gum.gov.pl

Wiceprezes do spraw metrologii naukowej

WŁODZIMIERZ POPIOLEK

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

Wiceprezes do spraw metrologii prawnej

DOROTA HABICH

tel. 581 93 26, fax 624 25 73,

e-mail: vprdh@gum.gov.pl

Dyrektor Generalny Urzędu

ELŻBIETA SOIKA

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

Redakcja: **Stanowisko ds. Koordynacji Współpracy Naukowej**

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

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