

Konsekwencje wydarzenia „GPS week number rollover”

Budowa układu konfekcjonowania certyfikowanych materiałów odniesienia

Nowa metoda wzorcowania czytników mikroplatek w GUM

Wzorcowanie przyrządów do pomiaru parametrów instalacji elektrycznych

Projekt „ŚWITEŻ”

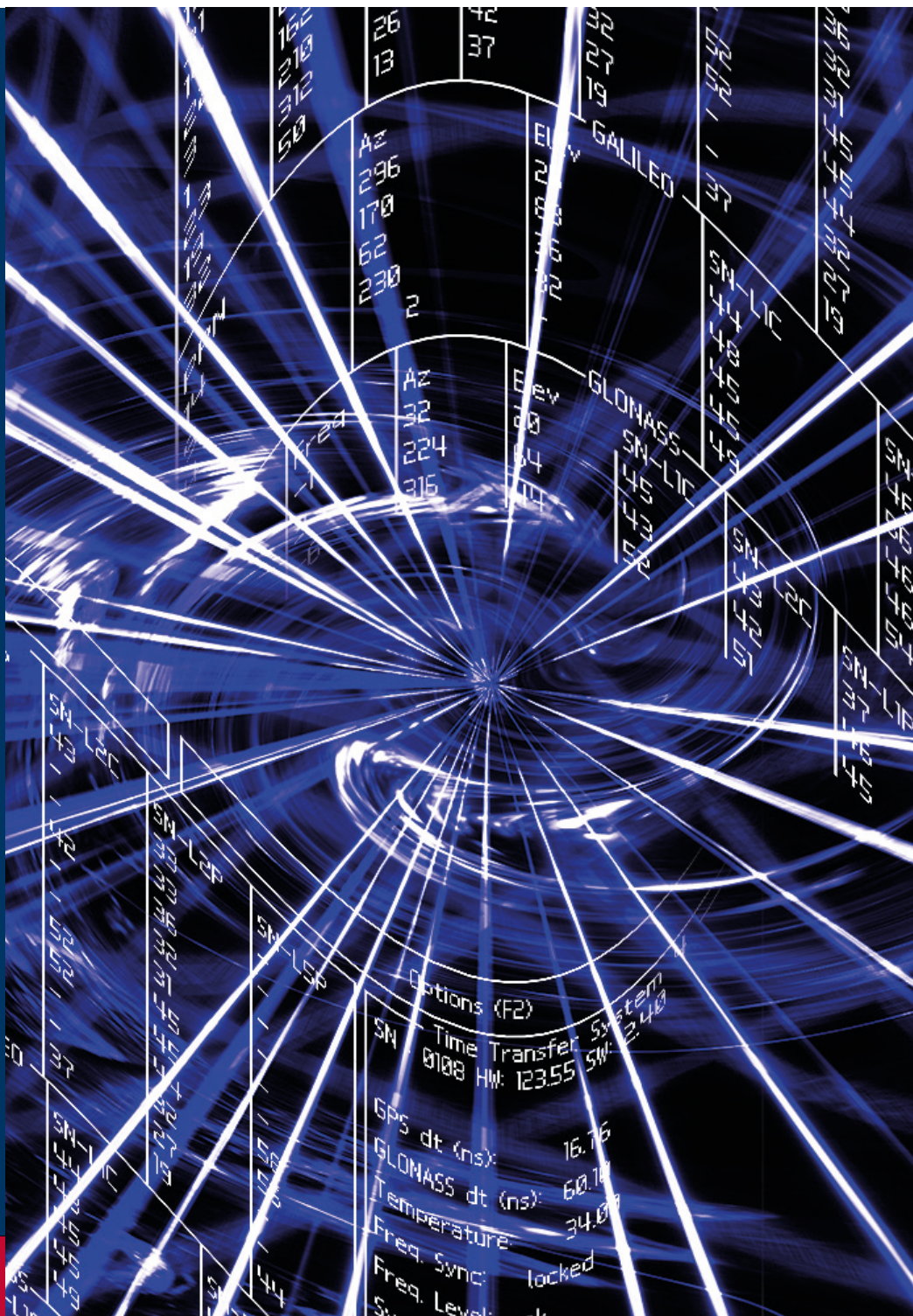
Znaczenie i zasady certyfikacji w obszarze przyrządów pomiarowych

Ocena zgodności przyrządów do pomiaru długości

Zminiaturyzowane wizerunki cech probierczych w OUP Kraków

Światło w służbie jednostek miar

Państwowy wzorzec gęstości w GUM



W numerze:

WYDARZENIA 8

- ♦ Innowacje–Pomiary–Akredytacje w Rzeszowie – konferencja z udziałem przedstawicieli GUM

TECHNIKA I POMIARY 9-45

- ♦ Konsekwencje wydarzenia „GPS week number rollover” w synchronizacji czasu na potrzeby gospodarki i społeczeństwa oraz w metrologii czasu i częstotliwości
- ♦ Budowa układu konfekcjonowania certyfikowanych materiałów odniesienia w postaci wodnych roztworów etanolu do opakowań jednostkowych
- ♦ Rozpoznawanie wskazań cyfrowego wyświetlacza przyrządu pomiarowego z wykorzystaniem sieci neuronowej typu Hebba
- ♦ Wstępne badania w celu opracowania nowej metody wzorcowania czytników mikroplacytek w GUM – analiza porównawcza wyników
- ♦ Wpływ harmonicznych napięcia na dokładność wskazań laboratoryjnych urządzeń pomiarowych
- ♦ Wzorcowanie przyrządów do pomiaru parametrów instalacji elektrycznych
- ♦ Rozwój laboratoriów wzorcujących w OUM Szczecin

WSPÓŁPRACA 46-47

- ♦ Podsumowanie 13. Zgromadzenia Ogólnego EURAMET

PRAWNA KONTROLA METROLOGICZNA 48-61

- ♦ Projekt „ŚWITEŻ” – wdrożenie platformy elektronicznych usług publicznych w administracji miar
- ♦ Znaczenie i zasady certyfikacji w obszarze przyrządów pomiarowych
- ♦ Ocena zgodności przyrządów do pomiaru długości w Jednostce Notyfikowanej 1442

PROBIERNICTWO 62-70

- ♦ Opracowanie w Okręgowym Urzędzie Probierczym w Krakowie zminiaturyzowanych wizerunków cech probierczych, stosowanych do oznaczania wyrobów jubilerskich metodą laserową
- ♦ Ogólnopolskie Warsztaty Złotnicze dla Muzealników okiem uczestnika

METROLOGIA W CZERWIE I DZIŚ 71-78

- ♦ Światło w służbie jednostek miar
- ♦ Państwowy wzorzec gęstości w GUM

In this issue:

EVENTS 8

- ♦ Innovations–Measurements–Accreditations in Rzeszów – the conference with representatives of GUM

TECHNIQUE AND MEASUREMENTS 9-45

- ♦ The consequences of the “GPS week number rollover” event in synchronization of time for the needs of economy and society, and for time and frequency metrology
- ♦ Construction of a packaging system for dispensing of certified reference materials of ethanol in aqueous solution into individual units
- ♦ Recognition of digital display statement of a measuring device with the use of neural network Hebba type
- ♦ Preliminary research for developing the new method of the calibration of microplate readers in GUM – comparative analysis of the results
- ♦ The effects of voltage harmonics on accuracy of indications of laboratory measuring instruments
- ♦ Calibration of the instruments for measuring electrical installation parameters
- ♦ The development of calibration laboratories at the Regional Offices of Measures in Szczecin

COOPERATION 46-47

- ♦ The summary of 13. EURAMET’s General Assembly

LEGAL METROLOGICAL CONTROL 48-61

- ♦ The “ŚWITEŻ” project – implementation of the electronic public services platform in the administration of measures
- ♦ Importance and rules of certification in the field of measuring instruments
- ♦ Conformity assessment of length measuring instruments in Notified Body 1442

HALLMARKING 62-70

- ♦ Development of miniaturized images of hallmarks used for marking jewellery by the laser method at the Regional Assay Office in Kraków
- ♦ Poland-wide Goldsmith Seminary for the Museologists by the participant’s look

METROLOGY IN THE PAST AND NOWADAYS 71-78

- ♦ Light at the service of measurement units
- ♦ National standard of density in GUM

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

Redakcja: dr Paweł Fotowicz (red. naczelny), Adam Żeberkiewicz (sekretarz red.).

Zdjęcia: Maciej Koszarny, Adam Żeberkiewicz.

Druk: ArtDruk Zakład Poligraficzny Andrzej Łuniewski, ul. Napoleona 2, 05-230 Kobylka, www.artdruk.com

Wszystkie prawa zastrzeżone. Redakcja nie zwraca materiałów nie zamówionych oraz zastrzega sobie prawo do skrótów i zmian tytułów.

Pytania i uwagi do redakcji: biuletyn@gum.gov.pl

- 12.05 → **23. PIKNIK NAUKOWY POLSKIEGO RADIA I CENTRUM NAUKI KOPERNIK**
 Tematem przewodnim tegorocznej edycji Pikniku Naukowego było hasło: MY I MASZYNY. Przedstawiciele Głównego Urzędu Miar, wspólnie z partnerami technologicznymi, zaproponowali zwiedzającym kilka wiodących tematów, obejmujących nowoczesne technologie pomiarowe. Były to: technologie laserowego pomiaru wymiarów elementów, zagadnienie tzw. inżynierii odwrotnej, precyzyjne pomiary termograficzne oraz pomiary masy. Tym razem, na Pikniku Naukowym pojawiło się ponad 50 tys. aktywnych uczestników.
- 15.05 → **XXVI MIĘDZYNARODOWE TARGI STACJA PALIW**
 Podczas otwarcia targów Polska Izba Paliw Płynnych wręczyła na ręce p.o. Prezesa GUM Macieja Dobieszewskiego prestiżową nagrodę – Złote Oktany. Główny Urząd Miar został w ten sposób uhonorowany za: kontynuowanie 100-letniej tradycji rzetelnych pomiarów, profesjonalizm, nowoczesne spojrzenie na metrologię i współpracę z branżą naftową, owocującą najwyższymi standardami stacji paliw, a także kompetencje, zaangażowanie i poświęcenie pokoleń pracowników w tworzeniu sprawnej i nowoczesnej instytucji, pracującej dla dobra wspólnego wszystkich obywateli Rzeczypospolitej.
- 20.05 → **PREZYDENCKIE ODZNACZENIA DLA PRACOWNIKÓW ADMINISTRACJI MIAR. ŚWIATOWY DZIEŃ METROLOGII I PIKNIK DLA PRACOWNIKÓW GUM**
 90 metrologów oraz pracowników administracji z Głównego Urzędu Miar, okręgowych urzędów miar i urzędów probierczych otrzymało Krzyże Zasługi oraz Medale za Długoletnią Służbę. Uroczystość odbyła się 20 maja, w Światowym Dniu Metrologii, a odznaczenia wręczała Grażyna Ignaczak-Bandych, Dyrektor Generalny Kancelarii Prezydenta RP. Złote, Srebrne i Brązowe Krzyże Zasługi – za zasługi w działalności na rzecz rozwoju i propagowania współczesnej metrologii – otrzymało 33 pracowników administracji miar i probierczej. Wręczono także 57 Medali za Długoletnią Służbę, nadanych za wzorowe, wyjątkowo sumienne wykonywanie obowiązków, wynikających z pracy zawodowej.
- 21–23.05 → **ZGROMADZENIE OGÓLNE EURAMET**
 Dzień po symbolicznym wejściu w życie nowych definicji jednostek miar (20 maja br.) rozpoczęło się w Boras (Szwecja) 13. Zgromadzenie Ogólne EURAMET (Europejskiego Stowarzyszenia Krajowych Instytucji Metrologicznych). Podczas spotkania uczestnicy dokonali wyboru wiceprzewodniczącego EURAMET (na ponowną kadencję została wybrana Maria Luisa Rastello z Włoch). Ponadto, dokonano wyboru nowego składu Rady Dyrektorów oraz przewodniczących części komitetów technicznych EURAMET.
- 24.05 → **JUBILEUSZ 100-LECIA ADMINISTRACJI MIAR – OUM W GDAŃSKU**
 Uroczystość, która odbyła się w Polskiej Filharmonii Bałtyckiej im. Fryderyka Chopina, otworzył dyrektor OUM w Gdańsku Tomasz Michalik. Były okolicznościowe pamiątki, gratulacje i wspomnienia oraz seminarium. Przedstawione zostały również dwa referaty: p. Marcin Finc zaprezentował historyczny referat pt. „Miary i wagi gdańskie”. Z zagadnieniami metrologii w akustyce podwodnej zapoznał zebranych kmdr por. rez. dr inż. Karol Listewnik.
- 27–29.05 → **SPOTKANIE PRZEDSTAWICIELI GV4 (GRUPY WYSZEHRADZKIEJ) W KOSZYCACH**
 Przedstawiciele OUP w Warszawie i Krakowie uczestniczyli w posiedzeniu GV4, na którym omawiano problemy związane z funkcjonowaniem urzędów probierczych państw tej grupy. Dyskutowano także oraz opracowano wspólne stanowisko na temat planowanej reformy strukturalnej w międzynarodowych organizacjach probierczych, polegającej na włączeniu Międzynarodowego Stowarzyszenia Urzędów Probierczych (IAAO) w struktury Konwencji Wiedeńskiej.
- 31.05 → **JUBILEUSZ 100-LECIA ADMINISTRACJI MIAR – OUM W KATOWICACH**
 W Muzeum Śląskim odbyła się regionalna uroczystość jubileuszu 100-lecia Głównego Urzędu Miar. Były okolicznościowe pamiątki, gratulacje i wspomnienia oraz seminarium o pomiarach we wszechświecie.
- 7.06 → **JUBILEUSZ 100-LECIA ADMINISTRACJI MIAR – OUM W ŁODZI**
 W postindustrialnych wnętrzach dawnej łódzkiej elektrowni świętowano jubileusz 100-lecia GUM, zorganizowany przez Okręgowy Urząd Miar w Łodzi. Uroczystość odbyła się w jednej z sal konferencyjnych EC1, które aktualnie, jako Centrum Nauki i Techniki, pełni funkcję muzeum tego miejsca. Specyficzną atmosferę spotkania kreowały wyjątkowe wnętrza, ale również interesujące referaty ściśle związane z tematyką metrologiczną. Ponadto, dzięki wielu interaktywnym prezentacjom, goście mieli okazję poznać historię EC1 oraz posłuchać interesujących opowieści z dziedziny nauki, w których znalazło się miejsce także dla metrologii.

- 9–13.06 → **VIII KONGRES METROLOGII W AUGUSTOWIE**
- Celem Kongresu była wymiana poglądów i doświadczeń oraz prezentacja wyników badań, dotyczących problemów współczesnej metrologii. Poruszono kwestię wzorców jednostek miar, służby miar, oceny dokładności pomiaru, systemów pomiarowych i transmisji danych, a także przetworników pomiarowych, metod przetwarzania sygnałów oraz pomiarów wielkości: mechanicznych, elektrycznych, geometrycznych, chemicznych. Patronat naukowy nad Kongresem piastuje Komitet Metrologii i Aparatury Naukowej Polskiej Akademii Nauk. VIII Kongres Metrologii organizowany był przez Wydział Elektryczny oraz Wydział Mechaniczny Politechniki Białostockiej. Współorganizatorem wydarzenia był Białostocki Oddział Polskiego Towarzystwa Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej.
- 13.06 → **WIZYTA DELEGACJI PTB W GUM**
- 13 czerwca GUM gościł przedstawicieli swojego odpowiednika z Niemiec – PTB (Physikalisch Technische Bundesanstalt). W spotkaniu wzięła udział szeroka reprezentacja GUM: z p.o. Prezesa p. Maciejem Dobieszewskim, a także przedstawicielami komórek organizacyjnych odpowiedzialnych za kwestie certyfikacji, prawnej kontroli metrologicznej, współpracy międzynarodowej i finansów. Spotkanie było poświęcone omówieniu możliwej przyszłej współpracy GUM z PTB przy realizacji projektów pomocowych dla Ukrainy. Podczas rozmowy uczestnicy zapoznali się z zasadami realizacji tego typu programów, jak również przedyskutowali możliwości i oczekiwania dotyczące zaangażowania się naszych instytucji w realizację programów takich jak Twinning.
- 14.06 → **JUBILEUSZ 100-LECIA GUM OBCHODZONY PRZEZ OUM W BIAŁYMSTOKU, OUM W WARSZAWIE, OUP W WARSZAWIE**
- W Białymstoku odbyła się uroczystość kończąca rok obchodów regionalnych 100-lecia Głównego Urzędu Miar. Była to jednocześnie publiczna inauguracja utworzonego z początkiem tego roku Okręgowego Urzędu Miar w Białymstoku. Uroczystość obchodów regionalnych została zorganizowana we współpracy z Okręgowym Urzędem Miar w Warszawie, do końca 2018 roku nadzorującym teren Podlasia oraz Okręgowym Urzędem Probierczym w Warszawie. Siedziba Wydziału Elektrycznego Politechniki Białostockiej ugościła ponad 200 przedstawicieli władz regionu Podlasia, Mazowsza oraz Lubelszczyzny, przedstawicieli urzędów centralnych i regionalnych, przedsiębiorców i gości specjalnych. W trakcie uroczystości wręczone zostały najważniejsze w województwie mazowieckim medale Pro Masovia. W imieniu Marszałka Województwa Mazowieckiego pana Adama Struzika medale wręczył pan Mirosław Augustyniak. Uroczystość uświetnił Reprezentacyjny Zespół Artystyczny Wojska Polskiego pod batutą pana Grzegorza Mielomąki, prowadzony przez Annę Bukowską.
- 17–19.06 → **QUANTUM PRECISION METROLOGY 2019**
- Ponad 40 naukowców: metrologów, fizyków, matematyków, reprezentujących polskie i międzynarodowe ośrodki naukowo-badawcze wzięło udział w konferencji Quantum Precision Metrology 2019, która odbyła się w Centrum Energetyki w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Głównym celem konferencji było stworzenie możliwości wymiany doświadczeń i zaprezentowanie wyników badań i rozwoju, zarówno teoretycznych, jak i stosowanych, w metrologii kwantowej i precyzyjnej. W konferencji uczestniczyli również przedstawiciele Głównego Urzędu Miar, prezentując referaty obejmujące różne dziedziny metrologii, a dotyczące m.in. redefinicji jednostek miar z układu SI. Konferencja odbywała się pod patronatem Prezesa Głównego Urzędu Miar.
- 27.06 → **KONFERENCJA DOTYCZĄCA CERTYFIKOWANYCH MATERIAŁÓW ODNIESIENIA**
- W Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych Uniwersytetu Warszawskiego odbyła się unikatowa na skalę krajową i europejską konferencja, pokazująca rolę i znaczenie materiałów odniesienia oraz ich zastosowania w ustanowieniu spójności pomiarowej oraz monitorowania ważności wyników badań i wzorcowań. Współorganizatorami konferencji byli: Główny Urząd Miar, Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych, Polskie Centrum Akredytacji oraz Polski Komitet Normalizacyjny. Tematyka konferencji ma szczególnie istotny wpływ na rozwój technologii w branży spożywczej, biochemicznej, środowiskowej, bezpieczeństwa pracy i wielu innych. Przedstawiciele Głównego Urzędu Miar przedstawili podczas konferencji wyniki oraz postępy prac GUM oraz OUM Łódź przy produkcji materiałów odniesienia. Konferencji towarzyszyła sesja plakatowa pracowników Głównego Urzędu Miar oraz Okręgowego Urzędu Miar w Łodzi.
- 12.07 → **DELEGACJA URZĘDU DS. OCHRONY KONSUMENTÓW I NADZORU RYNKU REPUBLIKI MOŁDAWII Z WIZYTĄ W GUM**
- Podczas spotkania p.o. Prezesa GUM Maciej Dobieszewski przedstawił najważniejsze informacje o systemie administracji miar w Polsce. Goście zadali również wiele szczegółowych pytań dotyczących przestrzegania m.in. ustawy o towarach paczkowanych, zasad akredytacji, systemu oceny zgodności itp. Przedstawiciele mołdawskiego urzędu interesowały również kwestie związane z szeroko rozumianym nadzorem rynku nad użytkowaniem przyrządów pomiarowych, stosowanych w obrocie – odmierzaczy do paliw, wag itp. Spotkanie zakończyło się wyrażoną przez obydwie strony chęcią dalszej współpracy oraz podpisaniem stosownego porozumienia o współpracy.

- 2.08 → **DR HAB. INŻ. RADOSŁAW WIŚNIEWSKI NOWYM PREZESEM GUM**
Dr hab. inż. Radosław Wiśniewski otrzymał z rąk Minister Przedsiębiorczości i Technologii Jadwigi Emilewicz powołanie na stanowisko Prezesa Głównego Urzędu Miar. Prezes GUM jest absolwentem Wydziału Geodezji i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. W latach 2005–2012 był Prodziekanem Wydziału Geodezji i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, a od 2012 do 2017 r. Dziekanem Wydziału Geodezji, Inżynierii Przestrzennej i Budownictwa na tym uniwersytecie. W latach 2017–2018 zajmował stanowisko Dyrektora Departamentu Polityki Geoinformacyjnej w Ministerstwie Cyfryzacji. W 2017 r. został członkiem Grupy Roboczej WG6 ds. Pomiarów Przestrzennych, Geodezyjnych, Geofizycznych i Zastosowań Technik Satelitarnych, działającej w ramach Konsultacyjnego Zespołu Metrologicznego ds. Infrastruktury i Zastosowań Specjalnych przy Prezesie GUM.
- 21–22.08 → **GUM ORGANIZATOREM WARSZTATÓW EMPIR inTENSE**
Dwudniowe warsztaty w GUM zgromadziły kilkunastu przedstawicieli krajowych instytucji metrologicznych – uczestników projektu EMPIR inTense pt. „Rozwijanie możliwości badawczych w zakresie pomiarów ciśnienia wewnątrz gałki ocznej z zachowaniem spójności pomiarowej” (16RPT03 inTENSE). Uczestnikami spotkania byli również przedstawiciele Głównego Urzędu Miar, Ministerstwa Zdrowia, Urzędu Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Materiałów Biobójczych oraz Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji S.A. Warsztaty oficjalnie otworzył Prezes GUM dr hab. inż. Radosław Wiśniewski. Podczas spotkania zaprezentowano również czeskie i niemieckie modele sprawdzeń tonometrów i doświadczenia z legalizacją tonometrów bezdotykowych. Przedstawiciele ČMI zademonstrowali wzorcowanie tonometru bezdotykowego.
- 8.09 → **„W MIARĘ FAJNA IMPREZA METROLOGICZNA”**
Blisko trzysta przyszłych metrolożek i metrologów odwiedziło włocławskie Centrum Kultury Browar B podczas „w miarę fajnej imprezy metrologicznej”. Wydarzenie to, związane z Włocławską Kolekcją Wag i Miar, miało na celu przybliżenie tematu redefinicji układu SI, upamiętnienie 100. rocznicy powstania Głównego Urzędu Miar oraz wprowadzenia nad Wisłą jednolitego systemu miar – metrycznego. Podczas wydarzenia odwiedzający obejrzeni kolekcję wag, mierzyli dokładność swojego zegarka za pomocą chronokomparatora, sprawdzali szybkość reakcji za pomocą przyrządu do pomiaru czasu, zobaczyli, a nawet samodzielnie generowali falę dźwiękową na generatorze figur Chladniego, próbowali też swoich sił w zagadkach logicznych z wykorzystaniem wag. Współorganizatorem wydarzenia był Okręgowy Urząd Miar w Bydgoszczy – Wydział Zamiejscowy we Włocławku.
- 10–12.09 → **85. POSIEDZENIE STAŁEGO KOMITETU KONWENCJI O KONTROLI I CECHOWANIU WYROBÓW Z METALI SZLACHETNYCH ORAZ 21. POSIEDZENIE MIĘDZYNARODOWEGO STOWARZYSZENIA URZĘDÓW PROBIERCZYCH (IAAO)**
Spotkanie odbyło się w Tel Awiwie. Zgodnie z wcześniejszymi zapowiedziami, nastąpiło połączenie obydwu organizacji, tzn. inkorporacja IAAO w struktury Konwencji. Umożliwi to państwom nie należącym do Konwencji współpracę techniczną z krajami członkowskimi.
- 13.09 → **„JAK DAWNIEJ MIERZONO” – WYSTAWA W FABRYCE SZTUK W TCZEWIE**
Wystawa, którą można było oglądać w kamienicy Fabryki Sztuk przy ul. Podmurnej 15 w Tczewie, miała charakter edukacyjno-informacyjny. Można było na niej zobaczyć blisko 90 eksponatów, w większości były to przyrządy pomiarowe. W dniu internisazu wystawy ekspozycję oglądał Prezes GUM dr hab. inż. Radosław Wiśniewski, odbył się również multimedialny wykład dr Agnieszki Zoń z Biura Strategii GUM pt: „Redefinicja SI. W rolach głównych stałe podstawowe”. Prezentacja ta miała na celu zapoznanie młodzieży tczewskich szkół średnich z tematyką nowych definicji jednostek miar.
- 17–18.09 → **WARSZTATY EMPIR W PORTUGALII**
W siedzibie portugalskiego odpowiednika GUM, Instituto Portugues Qualidade odbyły się warsztaty pt. “Workshop on delivering impact in EMPIR projects”. Ich celem było zapoznanie uczestników z najlepszymi praktykami, związanymi z zapewnianiem oddziaływania (wpływu) rezultatów projektów badawczych, realizowanych w ramach programu EMPIR na ich końcowych odbiorców.
- 23.09 → **PIERWSZA W POLSCE ULICA METROLOGÓW**
Uchwałą Rady Miasta Białystok NR XIV/207/19 z dnia 23 września 2019 r. ulicy położonej przy Okręgowym Urzędzie Miar w Białymstoku nadano nazwę – Metrologów. Z wnioskiem o nadanie nazwy ulicy Metrologów wystąpiła Organizacja Zakładowa Nr 438 Niezależnego Samorządnego Związku Zawodowego „Solidarność” przy Okręgowym Urzędzie Miar w Warszawie z siedzibą w Białymstoku, w związku z przypadającą w 2019 r. setną rocznicą powołania Głównego Urzędu Miar, a tym samym utworzenia polskiej administracji miar. Nadanie nazwy ulicy *Metrologów* jest dowodem uznania za pełną poświęcenia służbę pracowników polskiej administracji miar. Finalnie tabliczki z nazwą ulica Metrologów pojawiły się w uzgodnionym miejscu w listopadzie tego roku.

- 23–25.09 → **51. MIĘDZYUCZELNIANA KONFERENCJA METROLOGÓW**
Coroczna konferencja była okazją nie tylko do spotkania różnych środowisk naukowych, zajmujących się metrologią w Polsce, w tym przedstawiciele metrologii prawnej, wojskowej i przemysłu. Oprócz uczestnictwa w sesjach tematycznych silna delegacja Głównego Urzędu Miar miała możliwość zwiedzić Politechnikę Opolską, w tym unikatową wystawę lamp rentgenowskich. Poza zaprezentowaniem dorobku naukowo-badawczego przez przedstawicieli poszczególnych laboratoriów GUM, p. Ewa Dyrer-Jelonkiewicz przedstawiła ofertę GUM dla nauki, obejmującą: wspólne prace badawczo-rozwojowe, organizację wydarzeń metrologicznych, realizację prac inżynierskich, licencjackich, magisterskich oraz doktoratów wdrożeniowych, prezentowanie wspólnych wyników badań w czasopiśmie naukowych oraz konferencjach, wymianę doświadczeń na poziomach naukowym i metrologii przemysłowej.
- 24.09 → **PODPISANIE UMOWY O WSPÓŁPRACY POMIĘDZY OKRĘGOWYM URZĘDEM MIAR W BYDGOSZCZY A UNIWERSYTEM TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZYM W BYDGOSZCZY**
Ze strony UTP pod dokumentem podpisał się prof. dr hab. inż. Adam Podhorecki – prorektor ds. współpracy z otoczeniem, natomiast OUM w Bydgoszczy reprezentowany był przez dyrektora urzędu – Pana Ireneusza Dawidowicza. Celem umowy jest promowanie metrologii zarówno w środowisku akademickim, jak i wśród społeczności regionu poprzez: podejmowanie wspólnych przedsięwzięć w zakresie prac badawczych, analitycznych, proinnowacyjnych i wdrożeniowych, organizację kursów i szkoleń specjalistycznych oraz konsultacji w zakresie metrologii, promowanie rządowego programu praktyk studenckich, w którym uczestniczy Urząd, wśród studentów Uniwersytetu oraz wspólne organizowanie spotkań naukowych, seminariów, sympozjów i konferencji promujących metrologię.
- 26–27.09 → **FORUM TELEINFORMATYKI PO RAZ 25.**
Forum Teleinformatyki jest najstarszą i aktualnie największą konferencją branży IT dla sektora publicznego, która cieszy się dużą popularnością. Podczas drugiego dnia Forum Główny Urząd Miar został uhonorowany nagrodą Złotego Herolda II stopnia. W imieniu naszej instytucji nagrodę odebrała Dyrektor Generalna Urzędu, p. Karolina Gaweł. Nagroda jest przyznawana osobom, podmiotom publicznym, gospodarczym, naukowo-akademickim i innym za aktywne i skuteczne wspieranie przesłania Forum: „Budowa nowoczesnego państwa opartego na powszechnym wykorzystaniu technologii informatycznych, nie jest celem antagonistycznym dla nikogo!”.
- 28.09 → **OPEN HOUSE FESTIVAL GDAŃSK**
Okręgowy Urząd Miar w Gdańsku wziął udział trzeciej edycji festiwalu Open House Gdańsk, który jest częścią międzynarodowego festiwalu Open House Worldwide organizowanego od 1992 r. w ponad 30 miastach na całym świecie. Festiwal otwiera jego uczestnikom obiekty składające się na Teren Festiwalu, w tym instytucje publiczne czy mieszkania prywatne, rozmieszczone w różnych dzielnicach miasta. W Okręgowym Urzędzie Miar była możliwość obejrzenia Laboratorium Elektryczności i Fizykochemii, Laboratorium Masy i Długości, Laboratorium Termodynamiki oraz Wydziału Legalizacji, gdzie na co dzień wykonuje się wzorcowania, legalizacje, ekspertyzy i sprawdzenia wzorców oraz przyrządów pomiarowych o szerokim spektrum zastosowania.
- 28–29.09 → **III MIĘDZYNARODOWY FESTIWAL ZEGARKÓW I ZEGARÓW „IT’S ALL ABOUT WATCHES”**
Festiwal jest największą tego typu cykliczną imprezą nie tylko w Polsce, ale również w tej części Europy. Dwudniowe wydarzenie odbyło się w Łódzkiej Specjalnej Strefie Ekonomicznej przy ul. Tymienieckiego 22 G w Łodzi. Motywem przewodnim trzeciej edycji Festiwalu były “Watches in Space”, czyli prezentacja zegarków w służbie zarówno kosmonautyki, jak i lotnictwa. Z wykładem „Czas na Ziemi i w Kosmosie – skąd się bierze czas XXI wieku” wystąpił dr inż. Maciej Gruszczyński – starszy metrolog w Samodzielnym Laboratorium Czasu i Częstotliwości.
- 30.09–18.10 → **STAŻ PRACOWNIKA URZĘDU PROBIERCZEGO ZE SRI LANKI W OUP WARSZAWA**
W warszawskim OUP przez trzy tygodnie przebywał na stażu pracownik urzędu probierczego ze Sri Lanki. Szkolenie obejmowało wiele obszarów działalności Okręgowego Urzędu Probierczego, łącznie z udziałem w kontrolach probierczych. Część szkolenia przeprowadzono podczas dwudniowych wizyt w OUP w Krakowie i WZ w Białymstoku.
- 10.10 → **PODPISANIE POROZUMIENIA POMIĘDZY GUM A POLSKIM RADIEM**
W siedzibie Głównego Urzędu Miar doszło do podpisania porozumienia, którego głównym celem jest sformalizowanie dotychczasowej współpracy oraz przyszłych wspólnych przedsięwzięć, zmierzających w kierunku dystrybucji kodowanych sygnałów czasu urzędowego na falach radiowych długich. Wolę kontynuowania dotychczasowej współpracy oraz dalszych wspólnych działań zadeklarowali i podpisali: Pan Andrzej Rogoyski, Prezes Zarządu Polskiego Radia S.A. i dr hab. inż. Radosław Wiśniewski, Prezes Głównego Urzędu Miar. Przewidywana współpraca ma doprowadzić do dystrybuowania specjalnych, zakodowanych na fali nośnej 225 kHz sygnałów czasu urzędowego obowiązującego na obszarze RP, co z kolei umożliwi zsynchronizowanie dowolnego urządzenia odmierzającego czas, przy pomocy tanich, energooszczędnych i nieskomplikowanych urządzeń odbiorczych. Wykorzystanie tej techniki pozwoliłoby na zsynchronizowanie do czasu urzędowego na obszarze RP wielu urządzeń odmierzających czas z dokładnością kilku lub kilkunastu milisekund.



- 17–18.10 → **SPOTKANIE DYREKTORÓW NMI (KRAJOWYCH INSTYTUCJI METROLOGICZNYCH) Z UDZIAŁEM PRZEDSTAWICIELI GŁÓWNEGO URZĘDU MIAR**
 Podczas spotkania, które odbywało się w Sèvres pod Paryżem, przedstawiono nowo wybrany skład CIPM (Międzynarodowego Komitetu Miar). Delegaci zapoznali się też z najnowszymi trendami w dziedzinie światowej metrologii oraz stanem zaawansowania prac nad najbardziej zaawansowanymi projektami. Zgodnie z uchwałą podjętą podczas 26. Generalnej Konferencji Miar dużą uwagę poświęcono redefinicji kilograma oraz jej skutkom.
- 19.10 → **V Noc LABORATORIÓW 2019 we WROCŁAWIU**
 19 października, od godziny 17:00 do 22:00 laboratoria Okręgowego Urzędu Miar we Wrocławiu odwiedziło wiele osób, chcących dowiedzieć się, jak sprawdza się m.in.: taksometry, odmierzacze paliw, sekundomierze kwarcowe, wagi nieautomatyczne. W holu Urzędu udostępniono do oglądania zabytkowe gazomierze, wagi szalkowe.
- 21–25.10 → **54. POSIEDZENIE MIĘDZYNARODOWEGO KOMITETU METROLOGII PRAWNEJ (CIML)**
 Podczas spotkania, które odbyło się w Bratysławie, uchwalono szereg istotnych nowych publikacji oraz projektów. Istotną kwestią był wybór nowego wiceprzewodniczącego OIML. Został nim przedstawiciel Szwajcarii, dr Bob Joseph Mathew. Ważnym wydarzeniem, w szczególności dla polskiej społeczności metrologicznej, było uhonorowanie przedstawiciela GUM dr. inż. Jerzego Borzymińskiego medalem OIML za wybitne osiągnięcia w dziedzinie metrologii prawnej.
- 25.10 → **PIERWSZE SPOTKANIE KOMITETU TECHNICZNEGO DS. PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO**
 Spotkanie, zorganizowane w GUM, rozpoczęło się od krótkiego przywitania ekspertów: dr. Ulrike Ankerhold (PTB) oraz prof. dr. hab. Pawła Olko (IFJ PAN), przez Prezesa GUM dr. hab. inż. Radosława Wiśniewskiego. Następnie pracownicy Samodzielnego Laboratorium Promieniowania Jonizującego przedstawili zakres działania i prace prowadzone w laboratorium. Omówiono i zwiedzono między innymi stanowiska wzorców pierwotnych kermy w powietrzu promieniowania rentgenowskiego i gamma oraz wzorce dawki pochłoniętej w wodzie dla promieniowania gamma. Zaprezentowano plany rozbudowy tych stanowisk oraz prowadzone prace badawczo-rozwojowe. Spotkanie zakończyła dyskusja, dotycząca planów rozwoju Laboratorium Promieniowania Jonizującego oraz kontynuacji prowadzonych w nim prac. Na zakończenie eksperci przedstawili wstępne propozycje działań mających na celu wzmocnienie działalności i rozwoju laboratorium, które chcieliby zawrzeć w raportach podsumowujących działania Komitetu Technicznego.
- 6.11 → **KONFERENCJA INNOWACJE-POMIARY-AKREDYTACJE**
 W Podkarpackim Urzędzie Marszałkowskim w Rzeszowie odbyła się konferencja Innowacje-Pomiary-Akredytacje, zorganizowana przez Podkarpackie Centrum Innowacji. Tematem spotkania był m.in. rozwój sieci laboratoriów na Podkarpaciu. W konferencji uczestniczyło ponad 100 osób, reprezentujących podkarpackie uczelnie, laboratoria, firmy, urzędy administracji państwowej oraz samorząd województwa. Zaproszenie do udziału w konferencji w Rzeszowie przyjęli również przedstawiciele Głównego Urzędu Miar. Swoją fachowością w dziedzinie pomiarów i akredytacji podzielili się z uczestnikami: Aleksandra Lewicka (Wydział Certyfikacji, Zakład Metrologii Interdyscyplinarnej), Andrzej Lewicki (Pracownia Przepływu Cieczy i Pomiarów Ciepła, Laboratorium Przepływów) oraz dr inż. Paweł Fotowicz (Wydział Strategii i Rozwoju, Biuro Strategii).
- 12.11 → **PODPISANIE UMOWY O WSPÓŁPRACY POMIĘDZY WYDZIAŁEM ELEKTROTECHNIKI I AUTOMATYKI POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ A OKRĘGOWYM URZĘDEM MIAR W GDAŃSKU**
 Umowę o współpracy naukowo-badawczej podpisali Dziekan Wydziału Elektrotechniki i Automatyki PG prof. Roman Śmierzchalski oraz Dyrektor OUM w Gdańsku Tomasz Michalik. W ramach umowy planowana jest wspólna organizacja wydarzeń popularnonaukowych i naukowo-technologicznych, otwartych wykładów, szkoleń, staży i praktyk studenckich.
- 15.11 → **SZÓSTE POSIEDZENIE RADY METROLOGII, DZIAŁAJĄCEJ PRZY PREZESIE GUM**
 Podczas spotkania Prezes Głównego Urzędu Miar dr. hab. inż. Radosław Wiśniewski omówił zadania i kierunki rozwoju GUM w obszarach wzorców, technologii i służby miar oraz plany zmian strukturalnych w polskiej metrologii i organizacyjnych w Głównym Urzędzie Miar. Przedstawił on również strategiczne projekty realizowane w GUM, w tym budowę Świętokrzyskiego Kampusu Laboratoryjnego Głównego Urzędu Miar (SKLGUM), oraz propozycje przyszłych zmian – Filary strategiczne, operacyjne i Plany 2020+. W trakcie posiedzenia Rada Metrologii podjęła uchwałę dotyczącą pozytywnego zaopiniowania Aneksu do Czteroletniego strategicznego planu działania Głównego Urzędu Miar na lata 2018–2021.

Więcej informacji i szczegółowe relacje ze wszystkich wydarzeń znajdują się na stronie www.gum.gov.pl/pl/aktualnosci

Innowacje–Pomiary–Akredytacje w Rzeszowie – konferencja z udziałem przedstawicieli GUM

6 listopada 2019 r., w Podkarpackim Urzędzie Marszałkowskim odbyła się konferencja Innowacje–Pomiary–Akredytacje, zorganizowana przez Podkarpackie Centrum Innowacji. Tematem spotkania był m.in. rozwój sieci laboratoriów na Podkarpaciu.

W konferencji uczestniczyło ponad 100 osób, reprezentujących podkarpackie uczelnie, laboratoria, firmy, urzędy administracji państwowej oraz samorząd województwa. Jego przedstawicielami byli: Ewa Leniart, Wojewoda Podkarpacki oraz Władysław Ortyl, Marszałek Województwa Podkarpackiego, który objął honorowy patronat nad imprezą.

W Rzeszowie nie zabrakło merytorycznego głosu profesjonalistów z Głównego Urzędu Miar. Instytucję, odpowiadającą za utrzymywanie wzorców pomiarowych i spójność pomiarową w Polsce, reprezentowali: **Aleksandra Lewicka** (Wydział Certyfikacji, Zakład Metrologii Interdyscyplinarnej), **Andrzej Lewicki** (Pracownia Przepływu Cieczy i Pomiarów Ciepła, Laboratorium Przepływów) oraz **dr inż. Paweł Fotowicz** (Wydział Strategii i Rozwoju, Biuro Strategii). Aleksandra i Andrzej Lewicki przedstawili referat „Udział

laboratoriów akredytowanych i notyfikowanych w uzyskiwaniu znaku CE”, a dr inż. Paweł Fotowicz wystąpił z referatem pt. „Nowe podejście do szacowania niepewności wyników pomiarów”.

Jednym z prelegentów był **dr inż. Roman Tabisz** z Politechniki Rzeszowskiej, który otworzył część merytoryczną konferencji wykładem „Wprowadzenie – stan sieci i plany na przyszłość”. Dr inż. Anna Boratyńska-Sala z Politechniki Krakowskiej zaprezentowała referat pt. „Metody projektowania innowacyjnych rozwiązań”, a dr inż. Grzegorz Bajorek wystąpił z tematem „Akredytowane i notyfikowane Laboratorium Centrum Technologiczne Budownictwa. Instytut Badań i Certyfikacji w Rzeszowie”.

Regionalna Sieć Laboratoriów Badawczych i Wzorcujących skupia 33 jednostki, w tym 10 laboratoriów akredytowanych, które funkcjonują na rzeszowskich uczelniach wyższych oraz w środowisku biznesowym. Głównym celem jest rozwój podkarpackich firm i przedsiębiorstw w oparciu o wykorzystanie lokalnego potencjału naukowo-badawczego.



Fot.: Konferencja INNOWACJE–POMIARY–AKREDYTACJE (Rzeszów 06.11.2019)

Konsekwencje wydarzenia „GPS week number rollover” w synchronizacji czasu na potrzeby gospodarki i społeczeństwa oraz w metrologii czasu i częstotliwości

The consequences of the “GPS week number rollover” event in synchronization of time for the needs of economy and society, and for time and frequency metrology

Maciej Gruszczyński, Albin Czubla (Główny Urząd Miar),
Marcin Szołucha (Wojskowa Akademia Techniczna)

W nocy z 6 na 7 kwietnia 2019 r. (z soboty na niedzielę), o godz. 2:00 czasu urzędowego nastąpiło wyzerowanie się 10-bitowego licznika numerów tygodni (przepełnienie licznika), wysyłanego w depeszy nawigacyjnej przez satelity systemu nawigacji satelitarnej GPS (Global Positioning System). Oznacza to, że po numerze tygodnia „1023” (2 do potęgi 10 minus 1), liczonego w systemie GPS w sposób ciągły od daty 22 sierpnia 1999 r., nastąpił numer „0”, który odpowiada pierwszemu tygodniowi liczonemu już od daty 7 kwietnia 2019 r. Zdarzenie takie, nazywane „GPS week number rollover”, wywoływało pewne obawy wśród przedstawicieli branży związanej z synchronizacją czasu i częstotliwości. W pewnym stopniu potwierdziły się one w rzeczywistości.

At the night from 6 to 7 April 2019 at 2:00 am (UTC), the GPS (Global Positioning System) experienced a 10-bits week counter roll over to zero (data storage overflow). This counter is included in the satellite-transmitted navigation message. In view of the above, week number “1023” (2 to the power of 10 minus 1), calculated in the GPS system continuously from 22 August 1999, is followed by the number “0”, which corresponds to the first week counted from 7 April 2019. This event is called “GPS week number rollover” and was preceded by concerns manifested among representatives of the industry associated time and frequency synchronization. Some of these fears were confirmed in reality.

Słowa kluczowe: metrologia czasu i częstotliwości, nawigacja satelitarna, synchronizacja, skale czasu.

Keywords: time and frequency metrology, satellite navigation, synchronization, timescales.

Wykorzystanie GPS na potrzeby synchronizacji czasu

System GPS wykorzystywany jest nie tylko do wyznaczania współrzędnych urządzenia odbiorczego (pozycjonowanie), ale także do synchronizacji czasu elektronicznych urządzeń, używanych jako element bardziej lub mniej złożonego systemu, wykorzystywanego przez tzw. użytkowników końcowych (end-users) systemów GNSS (Global Navigation Satellite System). Źródła częstotliwości dyscyplinowane sygnałem GPS (GPS disciplined oscillator – GPSDO) osiągają dokładność i długookresową stałość częstotliwości na poziomie 10^{-12} wartości względnej. Na każdym z satelitów GNSS znajdują się zwykle min. 3 atomowe wzorce częstotliwości przystosowane do pracy w warunkach kosmicznych, które są głównym podzespołem systemu generowania podstawowej częstotliwości fali nośnej i systemu generowania kodów nawigacyjnych. Dane telemetryczne pracy zegarów oraz częstotliwość fali nośnej są nieprzerwanie monitorowane przez

segment naziemny/kontrolny systemów GNSS, na który składa się od kilku do kilkudziesięciu stacji monitorujących. Sygnały generowane na podstawie pracy zegarów satelitów są dodatkowo obserwowane przez liczne stacje permanentne GNSS, pracujące w ramach serwisów formalnie niezależnych od danego systemu GNSS. Serwisy te wyznaczają indywidualnie dla każdego z satelitów m.in. korekty zegarów, uwzględniające dryf częstotliwości i jego zmianę, które mogą być zaimplementowane na potrzeby precyzyjnego pozycjonowania i synchronizacji czasu.

Skalą czasu, w jakiej wyznaczane są korekty zegarów amerykańskiego systemu nawigacyjnego, jest tzw. czas GPS, powiązany z lokalną realizacją skali czasu UTC, generowaną i utrzymywaną przez Obserwatorium [Astronomiczne] Marynarki Wojennej Stanów Zjednoczonych (United States Naval Observatory) – UTC(USNO). Skala czasu GPS jest skalą ciągłą, co oznacza, że nie są wprowadzane do niej sekundy przestępne (charakteryzuje się rozbieżnością względem UTC o pewną

całkowitą liczbę sekund). Niemniej jednak, w depezbach nawigacyjnych GPS zakodowana jest informacja o aktualnej rozbieżności (integer-second offset) względem UTC(USNO) i zapowiedzi nadchodzących zmian związanych z sekundą przestępną. W efekcie układ zegara dyscyplinowanego sygnałem GPS może na wyjściu podawać sygnał, który będzie reprezentował skalę czasu UTC.

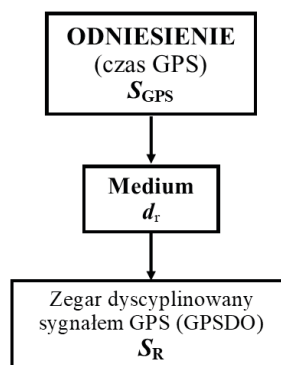
Opisana wyżej charakterystyka zegarów satelitów GNSS i sposób nadzorowania stabilności ich pracy i wyznaczania korekt do częstotliwości wpływa na zachowanie długookresowej stabilności, co przekłada się na możliwość wykorzystania satelitów nawigacyjnych nie tylko na potrzeby synchronizacji urządzeń stosowanych w gospodarce i życiu codziennym, ale także w metrologii czasu. Krajowe laboratoria czasu wykorzystują systemy GNSS do zdalnych krajowych i międzynarodowych porównań atomowych wzorców częstotliwości, odpowiedzialnych za tworzenie i utrzymywanie lokalnych realizacji uniwersalnego czasu koordynowanego UTC(k). Najnowsze algorytmy (metoda iPPP – integer Precise Point Positioning) opracowane na potrzeby transferu częstotliwości z wykorzystaniem obserwacji GNSS pozwalają na osiągnięcie stabilności rzędu 10^{-16} wartości względnej. Podczas, gdy dystrybucja czasu i częstotliwości z użyciem typowych odbiorników sygnałów GNSS, wykorzystywanych przez użytkowników końcowych, jest transferem czasu metodą jednokierunkową (one-way time transfer) – rys. 1a, to procedury zdalnych porównań wzorców atomowych opierają się na metodach obserwacji sygnałów satelitów w tych samych przedziałach czasu: widocznych nad dwoma laboratoriami jednocześnie (Common View) – obserwacje symultaniczne (rys. 1b) wszystkich satelitów widocznych rozdzielnie nad pierwszym i drugim laboratorium (All in View oraz PPP). W pierwszym z wymienionych wcześniej przypadków (rys. 1a), czas dystrybuowany przez GPS i uzyskiwany na wyjściu GPSDO jest wprawdzie powiązany ze skalą czasu UTC, ale proces dystrybucji sygnałów czasu, odbioru i dekodowania uniemożliwia użytkownikowi końcowemu wykazanie nieprzerwanego łańcucha porównań, z których wszystkie mają określone niepewności. Co za tym idzie, wykorzystanie odbiorników GPS do synchronizacji czasu bezpośrednio (samoistnie) nie zapewnia spójności pomiarowej. Uproszczony sposób wyznaczenia czasu odbiornika (rys. 1a) można zapisać w postaci:

$$S_R = S_{GPS} - d_r + d_{r(mod)} \quad (1)$$

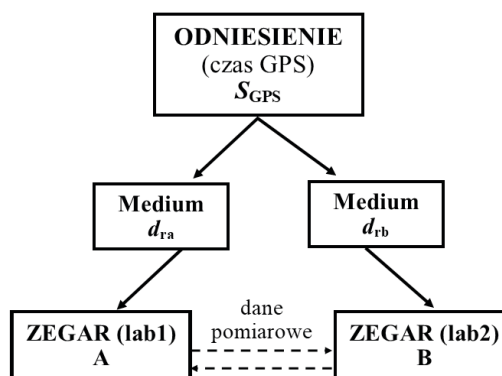
gdzie:

S_R – skala czasu odtwarzana przez odbiornik GPS,
 S_{GPS} – skala czasu realizowana na satelitach systemu GPS,
 d_r – rzeczywisty czas propagacji i przetwarzania sygnału,
 $d_{r(mod)}$ – czas propagacji i przetwarzania sygnału wg modelu przyjętego przez odbiornik.

- a) transfer czasu metodą jednokierunkową (synchronizacja odbiorników)



- b) transfer czasu metodą jednoczesnych obserwacji (metrologia czasu i częstotliwości)



Rys. 1. a) Transfer czasu metodą jednokierunkową (One Way Time Transfer) na przykładzie wykorzystania GPS do synchronizacji z czasem UTC, w typowych zastosowaniach, b) transfer czasu metodą obserwacji jednoczesnych (Common View) stosowany w metrologii czasu i częstotliwości.

Na sumaryczny błąd czasu wyznaczanego przez odbiornik GPS składają się błędy realizacji czasu systemowego GPS na poszczególnych satelitach oraz różnice pomiędzy rzeczywistym a modelowanym przez odbiornik czasem propagacji sygnałów od poszczególnych satelitów do anteny odbiornika, w tym z opóźnieniami wewnętrznymi i czasem przetwarzania sygnałów.

W przypadku jednoczesnych obserwacji realizowanych przez laboratoria czasu z wykorzystaniem GPS, wyznaczone są różnice czasu odmierzanego przez lokalny zegar i czasu GPS (rys. 1b):

$$Z_A - (S_{GPS} - d_{ra} + d_{ra(mod)}) \quad Z_B - (S_{GPS} - d_{rb} + d_{rb(mod)}) \quad (2)$$

gdzie:

Z_A i Z_B – wskazania zegara A i zegara B obserwowane jednocześnie,

d_{ra} , $d_{ra(mod)}$, d_{rb} , $d_{rb(mod)}$ – rzeczywiste i modelowane przez odbiorniki czasy propagacji i przetwarzania sygnału w obu laboratoriach.

Poprzez wymianę danych z obserwacji symultanicznych między laboratoriami i dokonanie prostych działań

algebraicznych (odejmowania), różnica czasu zegarów (A-B), znajdujących się w dwóch laboratoriach, może zostać zapisana w następujący sposób:

$$Z_A - Z_B + (S_{GPS} - S_{GPS}) + (d_{ra} - d_{ra(mod)}) - (d_{rb} - d_{rb(mod)}) \quad (3)$$

Przy czym różnica czasu systemowego GPS realizowanego przez tego samego satelitę (obserwowanego w tym samym krótkim przedziale czasu) zeruje się, a także można przyjąć, iż dla obszarów stosowalności metody Common View wartości błędów modeli $d_{ra(mod)}$ oraz $d_{rb(mod)}$ są w przybliżeniu jednakowe.

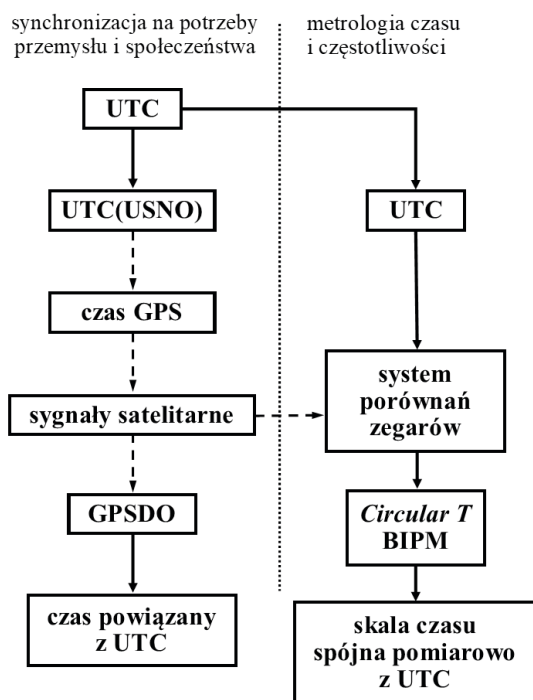
Na schemacie przedstawionym na rys. 2 po lewej stronie zobrazowany został proces generowania przez GPSDO znaczników czasu powiązanych z UTC. Linia przerywana przedstawiono etapy, dla których bardzo trudne lub niemożliwe jest, dla zewnętrznego użytkownika, określenie niepewności pomiarowej, a co za tym idzie nieosiągalne jest wykazanie spójności pomiarowej. Inaczej jest w przypadku transferu czasu z wykorzystaniem systemów GNSS na potrzeby metrologii czasu. W tym zastosowaniu różnica czasu między dwoma zegarami A i B (rys. 1b) wyznaczana jest poprzez jednoczesne obserwacje trzeciego zegara (czasu GPS), znajdującego się na satelicie, przez co porównanie skali czasu wyznaczonej przez lokalny zegar do czasu GPS staje się tylko środkiem do osiągnięcia celu, tj. zdalnego porównania skal czasu wyznaczanych przez dwa atomowe wzorce

częstotliwości. Na podstawie wzoru (3) widać, że porównanie danych „Common View” pozwala na wyeliminowanie wpływu „niedoskonałości” dystrybuowanego czasu GPS i opóźnień propagacji na wynik porównania.

Poprzez fakt, iż satelity GPS dystrybuują dostępny globalnie sygnał zawierający dokładną informację o czasie powiązonym z UTC, odtworzenie uniwersalnego czasu koordynowanego jest stosunkowo łatwe i tanie (mając na uwadze zaistniały w ostatnich latach rozwój technologii odbiorników). Co za tym idzie rozwiązania ICT (Information and Communication Technologies) stały się bardziej zależne od sygnałów GPS. Odbiorniki GPS, które umożliwiają wygenerowanie precyzyjnego znacznika czasu, stanowią element składowy złożonych systemów i obiektów, często wpisujących się w definicję infrastruktury krytycznej. Na rynku dostępne są obecnie niskokosztowe płytki deweloperskie z wbudowanym odbiornikiem GNSS, które umożliwiają implementację stabilnego wzorca częstotliwości w dowolnym rozwiązaniu systemowym. Mając na uwadze fakt, że działanie złożonego systemu (np. nawigowania i sterowania lotem samolotu pasażerskiego) zależne jest od wielu podzespołów dostarczanych przez różnych podwykonawców, często końcowy integrator (dystrybutor kompletnego systemu) posiada nie w pełni kompletną wiedzę na temat sposobu obsługi przez poszczególne podzespoły różnych nietypowych zdarzeń, wpływających niekorzystnie na działanie systemu. Przykładem takiego zdarzenia jest „GPS week number rollover” (w dalszej części artykułu „GPS rollover”), którego efekty widoczne były w zastosowaniach GPS w przemyśle i społeczeństwie oraz mogły zaistnieć w rozwiązaniach metrologicznych.

„GPS week number rollover” w teorii

Pomiary czasu są związane z koniecznością ich odniesienia do pewnych określonych zjawisk cyklicznych, powtarzalnych. System liczb, w którym ich sekwencja powtarza się po osiągnięciu pewnej wartości granicznej, nazywa się arytmetyką modularną lub arytmetyką reszt. Przykładem zastosowania arytmetyki modularnej jest używany przez nas kalendarz, w którym odmierzenie dni „zeruje się” po 365 dniach (lub 366 w przypadku roku przestępnego), a także odczyty wskazań zegara 12-godzinnego, gdzie zerowanie odbywa się po 12 godzinach. Można wyobrazić sobie sytuację, w której użytkownik analogowego zegarka z 12-godzinnym cyferblatem nie posiadałby żadnej dodatkowej informacji o bieżącej porze dnia (np. długotrwałe przebywanie w pomieszczeniu całkowicie odciętym od światła dziennego), lub o dniu tygodnia czy dacie (brak dodatkowego licznika – np. kalendarza). Pomimo, iż zegarek użytkownika byłby bardzo odkładany, co pozwoliłoby na pomiar upływu czasu zgodnie



Rys. 2. Proces dystrybuowania czasu z wykorzystaniem GPS: z lewej strony – wykorzystanie GPSDO w przemyśle i społeczeństwie, a z prawej strony – wykorzystanie dedykowanych odbiorników do transferu czasu w metrologii.

z arytmetyką liczb całkowitych, to jednokrotny odczyt wskazań zegara zgodnie z arytmetyką modularną nie pozwoliłby na jednoznaczne oznaczenie aktualnego momentu na skali czasu. Użytkownik zegarka byłby jedynie poinformowany o liczbie godzin i minut, które upłynęły od godziny 0:00, natomiast nie wiedziałby czy odczyt wskazania zegara „4:30” oznacza godzinę wpół do piątej rano czy trzydzieści minut po szesnastej, nie mówiąc o braku wiedzy na temat aktualnego dnia tygodnia czy roku.

W amerykańskim systemie GPS, podobnie jak w innych globalnych systemach nawigacji satelitarnej, do odmierzenia czasu używana jest również arytmetyka modularna. Satelity GPS obliczają i dystrybuują czas w unikalny sposób, wynikający z metody generowania kodów transmisyjnych złożonych z sekwencji zero-jedynkowych, czyli tzw. kodów (ciągów) pseudolosowych (Pseudorandom Noise – PRN).

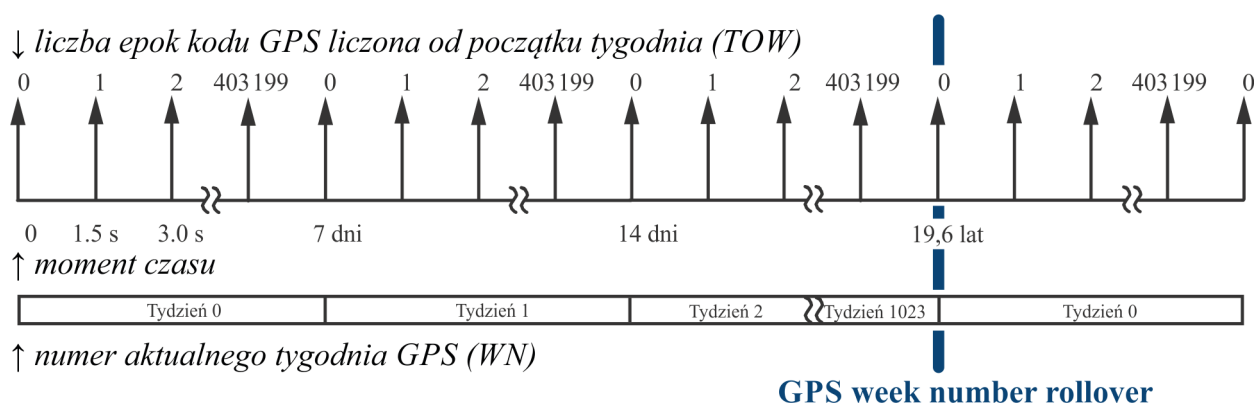
Dane nawigacyjne GPS, transmitowane w sekwencjach kodu, odnoszone są do podstawowej jednostki czasu systemu – „licznika Z” (pełny licznik Z zawiera łącznie 29 bitów). Na ten licznik składają się dwa fragmenty depeszy GPS wysyłanej z satelitów.

Liczba epok, które upłynęły od początku bieżącego tygodnia (Time of Week – TOW) transmitowana jest w formie 19-bitowego (w pełnej postaci) ciągu kodu. Licznik ten zeruje się co tydzień (wraz z zerowaniem kodu P), zawsze o północy z soboty na niedzielę i zawiera się w przedziale liczb całkowitych od 0 do 403 199. W systemie GPS epoka oznacza 1,5 sekundy, co jest pochodną szybkości generatora kodu X1 równej 10,23 MHz i liczby bitów kodu potrzebnych do utworzenia transmitowanego PRN (rys. 3). Dziesięć najbardziej znaczących bitów licznika Z określa numer aktualnego tygodnia GPS (Week Number – WN). Przeznaczona w depeszy nawigacyjnej ilość informacji, potrzebna do określenia numeru tygodnia, pozwala wyliczyć, iż największą możliwą wartością tej zmiennej jest 1023 ($2^{10}-1$). Po tej wartości licznik

tygodni GPS zeruje się. Oznacza to, że od początku obliczania czasu systemu GPS, a więc od północy z 5 na 6 stycznia 1980 r., czas GPS wyznaczany jest konsekwentnie w ok. 19,6-letnich cyklach, wywodzących się ze sposobu oznaczania epok obserwacji. Depesza nawigacyjna transmitowana przez satelity GPS nie posiada dodatkowej informacji o cyklu wyznaczenia numeru tygodnia lub o aktualnym roku.

Moment zerowania się numeru aktualnego tygodnia (zerowanie całego licznika Z) jest właśnie określane mianem „GPS week number rollover”. Takie wydarzenie w systemie GPS już miało okazję zaistnieć dwa razy: w nocy z 21 na 22 sierpnia 1999 r. oraz w nocy z 6 na 7 kwietnia 2019 r. Rozwój technologii i uzależnianie się od technik satelitarnych spowodowały, że GPS rollover z roku 2019 wiązał się z większymi konsekwencjami niż w 1999 r.

Podczas, gdy w wysyłanej przez satelity GPS depeszy nawigacyjnej nie ma dodatkowej informacji o aktualnym cyklu zliczania tygodni lub o roku kalendarzowym, odbiornik powinien posiadać dodatkową, wprowadzoną „spoza” systemu informację o pełnej dacie. Taką informację można pozyskać z zegara czasu rzeczywistego, pracującego na zapasowym źródle zasilania. Częstym jest również użycie, jako odniesienia, daty zapisanej w tzw. pamięci nieulotnej urządzenia (np. EEPROM, pamięć flash), która może być aktualizowana podczas właściwej pracy urządzenia. Wtedy, jeśli data referencyjna przechowywana w pamięci nie jest późniejsza niż jeden pełny cykl zliczania tygodni GPS, odbiornik powinien poprawnie uznać, że wyznaczana na podstawie sygnałów satelitarnych data nie może być wcześniejsza niż ostatnia zapisana w pamięci nieulotnej urządzenia. Problemy mogą pojawić się w przypadku pełnego kasowania pamięci urządzenia. Trzecim wariantem obsługi GPS rollover (obok zegara czasu rzeczywistego i wykorzystania pamięci nieulotnej) jest możliwość pozyskiwania przez odbiornik lub system, w którym wykorzystywane są sygnały GPS, wiarygodnej



Rys. 3. Odmierzanie czasu w systemie GPS (zmodyfikowano na podstawie publikacji [4])

informacji o czasie z niezależnego źródła, np. serwerów NTP, PTP lub z innych źródeł.

Jeżeli odbiornik nie posiada żadnego z wymienionych wcześniej zabezpieczeń, odniesieniem do wyznaczania niewiadomej liczby cykli obliczania numerów tygodni GPS może być zakodowana w oprogramowaniu sprzętowym odbiornika dodatkowa wewnętrzna data (nie późniejsza niż epoka powstania i kompilacji oprogramowania), opóźniająca moment wystąpienia efektu GPS rollover. Data ta może być aktualizowana w ramach instalacji aktualizacji oprogramowania. Jednak w tym przypadku odbiornik nie może poprawnie określić liczby cykli odliczania tygodni GPS, jeśli różnica między wprowadzoną datą odniesienia (ostatnią aktualizacją) a bieżącą datą wynosi 19,6 roku. Sposób obsługi GPS rollover, polegający na wyznaczeniu liczby pełnych cykli liczenia tygodni w odniesieniu do ostatniej daty zapisanej w urządzeniu (odniesienie do daty upgrade'u oprogramowania lub daty ostatniej poprawnej inicjalizacji), implikuje problem występowania efektów GPS rollover, nie tylko w momencie zerowania się licznika tygodni GPS, ale w dowolnym momencie pomiędzy zerowaniami się licznika.

„GPS week number rollover” w praktyce

Na podstawie analizy zdarzeń, które nastąpiły po 7 kwietnia 2019 r. oraz w wyniku przeprowadzonego rozpoznania przez pracowników Samodzielnego Laboratorium Czasu i Częstotliwości GUM kwestii technicznych, związanych z obsługą GPS rollover, w niniejszym rozdziale podsumowano spostrzeżenia istotne z punktu widzenia użytkowników urządzeń, które informację o czasie pozyskują z systemu GPS:

- za poprawną obsługę GPS rollover odpowiedzialne jest oprogramowanie sprzętowe (firmware) odbiornika GPS, w tym kontekście istotna jest informacja czy odbiornik pozyskuje/wykorzystuje niezależną od GPS wiarygodną informację o aktualnej dacie;
- w okresie poprzedzającym i następującym po zerowaniu się licznika Z, wielu producentów i dystrybutorów sprzętu odbierającego sygnały GPS udostępnia w różnej formie (przeważnie na stronach internetowych) informacje o obsłudze GPS rollover, wraz z instrukcjami postępowania, w zależności od posiadanego typu urządzenia;
- negatywny wpływ GPS rollover na urządzenia, wykorzystujące sygnały GPS do pozycjonowania oraz/lub nawigacji, nie powinien być (zasadniczo) odnotowany, natomiast operatorzy/użytkownicy urządzeń synchronizujących czas z czasem GPS powinni zwrócić szczególną uwagę na ten problem;
- znikomym prawdopodobieństwem wystąpienia błędu charakteryzują się odbiorniki wielosystemowe

(wykorzystujące sygnały GPS razem z Galileo, GLONASS, BeiDou);

- na większe prawdopodobieństwo wystąpienia błędu narażone są odbiorniki dawno wprowadzone na rynek lub takie, które nie były przez długi czas poddawane aktualizacji oprogramowania (w okresie kilkunastu lat);
- większe ryzyko wystąpienia problemu związanego z obsługą GPS rollover istnieje też wśród odbiorników, które zostały oprogramowane indywidualnie, z użyciem dostępnych na rynku chipsetów GPS OEM (Original Equipment Manufacturer);
- niektóre odbiorniki uzależniają prawidłowe oznaczenie czasu od daty utworzenia oprogramowania sprzętowego lub daty ostatniej aktualizacji – w takich przypadkach efekt GPS rollover może być zauważony niekoniecznie w momencie zerowania się licznika tygodni GPS;
- odbiorniki GPS i oprogramowanie dostarczone przez producentów, którzy stosują się m.in. do specyfikacji IS-GPS-200 [1], nie powinny być narażone na negatywny wpływ GPS rollover.

Departament Bezpieczeństwa Krajowego Stanów Zjednoczonych (US Department of Homeland Security) opublikował w 2018 r. dokument, stanowiący memorandum dla użytkowników wykorzystujących GPS do pozyskania informacji o czasie UTC [2]. W tym dokumencie podane zostały rekomendacje dla użytkowników GPS, odnoszące się do GPS rollover, które wskazują na konieczność:

- rozpoznania i ustalenia możliwych powiązań pomiędzy odbiorem sygnałów GPS i wykorzystaniem ich do celów synchronizacji czasu, szczególnie w przypadku operatorów/zarządzających infrastrukturą krytyczną;
- skontaktowania się z producentami posiadanych odbiorników GPS w celu:
 - określenia stopnia przystosowania posiadanych urządzeń do obsługi GPS rollover,
 - rozpoznania wymaganych działań, które powinien podjąć użytkownik/operator, żeby zapobiec ewentualnym błędom związanym z GPS rollover,
 - upewnienia się, że oprogramowanie sprzętowe odbiorników GPS jest aktualne.

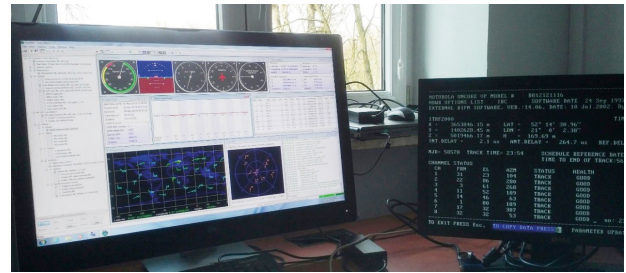
W kontekście przedmiotowego wydarzenia najważniejsze zatem jest zaktualizowanie oprogramowania sprzętowego w posiadanych odbiornikach/systemach oraz kontakt z producentem lub sprawdzenie informacji na ten temat na jego stronie internetowej. Sposobem na pełne rozpoznanie zależności informacji o czasie, pozyskiwanej z odbiornika GPS od wydarzenia GPS rollover, jest

wykorzystanie symulatora sygnałów GNSS [3]. Niemniej jednak może to być uciążliwe, gdyż w Polsce takie symulatory nie są powszechne, a w przypadkach systemów bardziej złożonych, rozproszonych, czy działających w trybie ciągłym jest to bardzo trudne lub wręcz niemożliwe. Mając na uwadze powyższe, użycie symulatora GNSS może być traktowane jako ostateczność w przypadku braku pewności, co do ewentualności zaistnienia problemu, który mógłby wyrządzić szkody materialne oraz/ lub utratę zdrowia bądź życia ludzkiego.

Czas urzędowy i serwery czasu urzędowego: tempus1.gum.gov.pl i tempus2.gum.gov.pl są odporne na GPS rollover. Serwery NTP GUM, umożliwiające synchronizację czasu w systemach komputerowych z czasem urzędowym obowiązującym w Polsce, pozyskują znacznik czasu w sposób zabezpieczony przed wpływem zdarzenia GPS rollover. Również inne systemy pomiarowe Samodzielnego Laboratorium Czasu i Częstotliwości GUM, które m.in. wykorzystują sygnały systemu GPS do międzynarodowych porównań skal czasu, a więc pośrednio do generowania i utrzymania państwowej skali czasu UTC(PL) i czasu urzędowego, są odporne na zdarzenie GPS rollover. Status prawidłowego, względem poprawnej obsługi GPS rollover zabezpieczenia, posiadanych przez GUM odbiorników i systemów, został w I kwartale 2019 r. zweryfikowany przez pracowników Laboratorium. We współpracy z Wydziałem Inżynierii Lądowej i Geodezji Wojskowej Akademii Technicznej, z wykorzystaniem symulatora sygnałów GNSS, zostały również wykonane dodatkowe niezależne analizy scenariuszy, obejmujących możliwe konsekwencje spowodowane GPS rollover (rys. 4).

„GPS week number rollover” w rzeczywistości

Wydarzenie GPS rollover z 6 kwietnia 2019 r. pozwoliło doświadczyć, jak bardzo funkcjonowanie gospodarki i życie codzienne każdego z nas jest zależne od nowoczesnych rozwiązań technologicznych, technik satelitarnych, kosmosu. Europejska Agencja ds. GNSS (GSA – European Global Navigation Satellite Systems Agency) szacuje, że tylko w obszarze profesjonalnych zastosowań urządzeń GNSS do synchronizacji czasu (telekomunikacja, energetyka, bankowość i finanse), funkcjonujących jednostek (odbiorników GNSS) było w 2019 r. ok. 2 mln w skali globalnej. Liczba ta ma wzrosnąć do prawie 3 milionów do roku 2029 [5]. Błędy związane z problematyczną obsługą GPS rollover, w zastosowaniach uznawanych powszechnie za nieprofesjonalne (np. synchronizacja czasu w automatycznych systemach sterowania, informowania o czasie lub znakowania czasem) mogą również przysporzyć wiele strat w skali globalnej, a liczba urządzeń

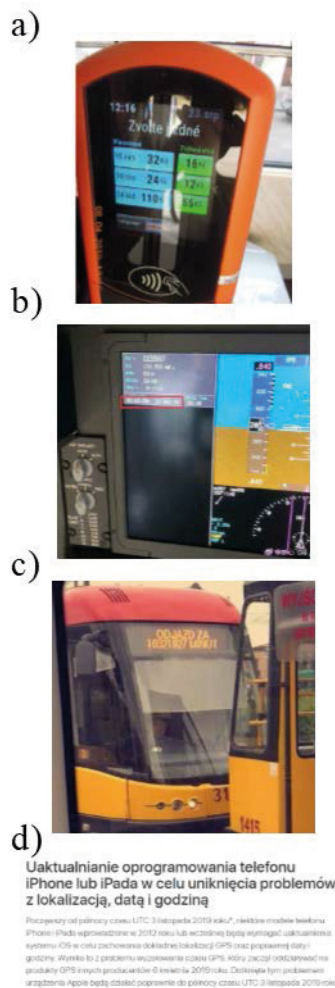


Rys. 4. Analiza scenariuszy obejmujących najbliższy GPS rollover, z wykorzystaniem symulatora sygnałów GNSS

pracujących w służbie „nieprofesjonalnych” zastosowań synchronizacji czasu GNSS w skali globalnej prawdopodobnie przewyższa liczbę 3 mln jednostek. Warto w tym miejscu nadmienić, iż pomimo uruchomienia pełnej operatywności GPS w roku 1995, dopiero wyłączenie w maju 2000 r. systemowego mechanizmu zakłócania sygnału pseudolosowym błędem (Selective Availability) wpłynęło na możliwość cywilnego wykorzystania pełni funkcjonalności systemu GPS. Wyłączenie mechanizmu zakłócania zbiegło się z dynamicznym rozwojem, miniaturyzacją i redukcją kosztów produkcji elektronicznych układów odbiorczych sygnału GPS. Wymienione wyżej czynniki przyczyniły się do dynamicznego wzrostu liczby odbiorników na rynku, w tym odbiorników wykorzystywanych do synchronizacji czasu. Należy zatem przyjąć, że w momencie pierwszego GPS rollover w 1999 r., zależność cywilnych rozwiązań IT i ICT była znacznie mniejsza od sygnałów GNSS, niż ma to miejsce aktualnie.

W sferze domniemywań pozostają powody prowadzące do sytuacji, w której trudno jest obecnie pozyskać dokumentację przypadków nieprawidłowej obsługi GPS rollover, chociaż w mediach i w ramach pracy metrologów Samodzielnego Laboratorium Czasu i Częstotliwości kilka efektów tego zdarzenia zostało potwierdzonych. Podsumowanie zawarto na zamieszczonych zdjęciach (rys. 5).

Technologie użytkowane w życiu codziennym, jak np. systemy inteligentnego zarządzania miastem (Smart City), są zależne od dostępu do wiarygodnego źródła czasu, który można przyjąć za skalę czasu odniesienia (w przypadku GPS – skala czasu UTC). Taka potrzeba istnieje w systemach i urządzeniach automatycznej dystrybucji biletów w strefach miejskiego parkowania, czy systemów sprzedaży i walidowania biletów komunikacji miejskiej. Rys. 5a przedstawia biletomat z czeskiej Pragi, który 8 kwietnia 2019 r. wyświetlał i drukował na wydawanych biletach datę wcześniejszą o 1024 tygodnie. Na rys. 5b pokazany jest jeden z ekranów kokpitu nowoczesnego samolotu pasażerskiego, który aktualnie jest w posiadaniu wielu dużych linii lotniczych, wskazujący „aktualną” datę wcześniejszą o ponad 10 lat od dnia



Rys. 5. Przykłady konsekwencji związanych ze zdarzeniem GPS rollover z roku 2019: a) biletomat w czeskiej Pradze, prezentujący na wyświetlaczu i drukujący na wydawanych biletach datę wcześniejszą o 19,6 lat od aktualnej daty (źródło: wikipedia.org), b) jeden z ekranów kokpitu pasażerskiego samolotu transatlantyckiego wskazujący „aktualną” datę wcześniejszą o 19,6 lat od daty aktualnej (źródło: Twitter – @ChinaAvReview), c) tramwaj warszawski wyświetlający czas oczekiwania na odjazd z przystanku równy w przeliczeniu 19,6 lat (źródło: joemonster.com), d) komunikat ze strony producenta smartfonów, mówiący o problemach GPS rollover, które mogą wystąpić 3.11.2019 r. (źródło: support.apple.com)

pierwszego oblotu tego samolotu i wcześniejszą o 1024 tygodnie od rzeczywistej daty aktualnej. W wyniku tego „defektu” kilkanaście maszyn zostało sprowadzonych na ziemię, a wiele lotów zostało opóźnionych lub odwołanych. Rys. 5c przedstawia zdjęcie warszawskiego tramwaju wykonane 7 kwietnia 2019 r. w godzinach porannych. Przedni wyświetlacz tramwaju pokazuje czas oczekiwania na odjazd z przystanku równy 10 321 927 minut, co w przeliczeniu daje 1024 tygodnie i 7 minut. Zrzut ekranu zamieszczony w niniejszym artykule, jako rys. 5d, obejmuje komunikat działu obsługi technicznej jednego z dużych producentów smartfonów, którego celem jest ostrzeżenie użytkowników starszych modeli urządzeń przed problemami, które mogą dotyczyć lokalizacji, daty

i godziny. Nieprawidłowości związane są z wyzerowaniem czasu GPS. Zdaniem producenta, kłopoty zaczną się pojawiać 3 listopada 2019 r., a więc mamy tutaj przykład opóźnionego skutku GPS rollover.

Opóźniony skutek GPS rollover odnosi się do sytuacji, gdy w programie obsługującym dane urządzenie, czy serię urządzeń sterowanych sygnałem GPS, uwzględniono zerowanie się licznika tygodni Z tylko do określonego momentu granicznego, zakładając że program powinien działać prawidłowo, zarówno przed wyzerowaniem się licznika Z, jak i w pewnym okresie po tym zdarzeniu. Wówczas, do daty ustalonej w pamięci program prawidłowo rozpoznaje moment ostatniego zerowania się licznika tygodni, ale po tej dacie już nie. Jeśli jest to urządzenie, do którego aktualizacji hardware’u i software’u nie ma dostępu lub dostęp jest utrudniony, to bez pozyskiwania informacji o czasie z dodatkowych źródeł efektu GPS rollover można się spodziewać w dowolnym momencie w granicznym okresie do kolejnego wyzerowania się licznika Z. Znany jest autorom niniejszego artykułu przypadek wystąpienia efektu GPS rollover w czerwcu 2018 r., czyli na ok. 10 miesięcy przed datą 6 kwietnia 2019 r.

Oznaczanie czasu w systemach GNSS i inne problemy z odmierzaniem czasu

Tabela 1 przedstawia sposób znakowania czasu w depeszach nawigacyjnych trzech systemów GNSS-GPS, Galileo oraz GLONASS. Europejski system nawigacji satelitarnej Galileo, którego pełna operacyjność jest przewidywana na 2020 r., wykorzystuje licznik 12-bitowy na oznaczenie numeru tygodnia (mod 4096 – zerowanie co ok. 78 lat). Początek czasu Galileo został określony na godzinę 0:00 UT 22 sierpnia 1999 r., a więc zaraz po pierwszym GPS rollover. Poprzez ten zabieg zachowano konsekwencję w sposobie oznaczenia numerów tygodnia z systemem GPS. Program modernizacji systemu GPS zakłada uruchomienie w 2024 r. fazy pełnej operacyjności funkcjonowania nowych rodzajów depeszy nawigacyjnej „Civil Navigation (CNAV) Message”. Numer tygodnia w tej depeszy będzie zapisany na 13-bitowym polu (zerowanie co ok. 157 lat).

Zdarza się, że przedmiotowe wydarzenie porównywane jest w mediach do „problemu roku 2000” (tzw. pluskowy milenijnej). Podobnie, jak inne błędy, wynikające z przyjętego sposobu przechowywania i przetwarzania informacji o czasie i kolejności zdarzeń w systemach informatycznych, GPS rollover jest nieprzypadkowym efektem, wynikającym z architektury systemów nawigacji satelitarnej, powtarzającym się w przypadku GPS co ok. 19,6 roku. Poniżej wymieniono wybrane usterki systemów i programów informatycznych, związane z nie do końca poprawnie zaprojektowanym oznaczaniem czasu.

Tab. 1. Znaczniki czasu stosowane w kodach nawigacyjnych trzech systemów GNSS

Nazwa systemu	Nazwa znacznika czasu	Sygnal	Liczba bitów	Zakres	Jednostki	Nazwa i początek skali czasu systemu
GPS	WN	NAV	10	[0,1023]	tygodnie	czas GPS (GPST) synchr. z UTC(USNO) początek – 0h UTC 05-06.01.1980 r.
		CNAV	13	[0,8192]	tygodnie	
	TOW	C/NAV	17	[0,100799]	6 s	
Galileo	WN	INAV, FNAV	12	[0,4095]	tygodnie	czas systemowy Galileo (GST) synchr. z TAI początek – 0h UTC 21-22.08.1999 r.
	TOW	INAV, FNAV	20	[0,604799]	1 s	
GLONASS	N4		5	[1,31]	4 lata	czas GLONASS (GLONASST) synchr. z UTC(SU) konsekwentne wprowadzanie sekund przestępnych – brak jednoznacznego początku skali czasu
	NT		11	[0,1461]	dni	
	tk		5	[0,23]	godziny	
			6	[0,59]	minuty	
		1	[0,30]	sekundy		

Rok 1970 – w latach 60. XX wieku wiele programów było pisanych z wykorzystaniem jednej cyfry z zakresu 0-9, oznaczającej rok z przedziału 1960–1969. Ta przypadłość była w szczególności istotna dla użytkowników języka COBOL. Problem obsługi tego błędu został naprawiony przed rokiem 1970, stąd konsekwencje były niezauważalne.

Rok 2000 – dwucyfrowa reprezentacja roku w systemach informatycznych mogła powodować, iż rok 20XX dowolny program mógł zinterpretować jako 19XX. Problem analogiczny do tzw. błędu roku 1900, czyli zjawiska ujawniającego się w systemach obliczania lat życia ludzi urodzonych przed rokiem 2000 i datowania urodzin po roku 2000 (np. problem z oznaczaniem numerów PESEL).

Rok 2011 – oficjalnie w Tajwanie używa się kalendarza Minguo (kalendarz tradycyjny chiński), którego pierwszy rok jest równy z 1912 rokiem kalendarza gregoriańskiego, dlatego rok 2011 jest pierwszym rokiem, zapisywanym za pomocą trzech cyfr (rok 100).

Rok 2013 – sonda kosmiczna Deep Impact, wystrzelona przez NASA 12 stycznia 2005 r., utraciła łączność z naziemną stacją kontroli lotów. Pomimo, iż stan sondy i wyczerpujący się zapas paliwa pozwalały na skierowanie w stronę jednej z planetoid i wykonanie badań, do których mogłoby dojść w 2020 r., 8 sierpnia 2013 r. wykonano ostatnie połączenie z sondą. Po ogłoszeniu oficjalnych komunikatów NASA spekulowano, iż w oprogramowaniu użyto sposobu 32-bitowego oznaczania dziesiętnych części sekundy od daty 01.01.2000. 11 sierpnia 2013 r. o godzinie 00:38:49 upłynęło dokładnie 232 jednych dziesiątych części sekundy od 1 stycznia 2000 r.

Rok 2038 – wada oprogramowania spowodowana zerowaniem się 32-bitowego licznika tzw. czasu uniksowego, tj. systemu reprezentacji czasu mierzącego liczbę sekund od początku 1970 r. UTC, czyli od chwili zwanej początkiem epoki Uniksa (Unix Epoch). 32-bitowa liczba sekund (2 147 483 647 sekund) czasu uniksowego zeruje się 19 stycznia 2038 r. o godz. 03:14:07 UTC. Taki sposób zapisu daty powoduje, że systemy uniksowe były odporne na „pluskwę milenijną”, ale pojawiają się głosy, iż z uwagi na powszechność systemów uniksowych, konsekwencje mogą być bardziej znaczące. Aktualnie podejmowane są działania prowadzące do przejścia na 64-bitową reprezentację czasu.

Literatura

- [1] “Interface Specification IS-GPS-200, Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces”, Global Positioning Systems Directorate Systems Engineering & Integration, Latest version incorporating all applicable Interface Revision Notices (IRNs), <https://www.gps.gov/technical/icwg/>
- [2] “Memorandum for U.S. owners and operators using GPS to obtain UTC time. Upcoming Global Positioning System Week Number Rollover Event.”, US Department of Homeland Security, National Cybersecurity & Communications Integration Center, National Coordinating Center for Communications, <https://ics-cert.us-cert.gov/Memorandum-US-Owners-and-Operators-Using-GPS-Obtain-UTC-Time>
- [3] “GPS Week Rollover Issue,” Edward Powers, USNO, Sept 26, 2017, CGSIC, <https://www.gps.gov/cgsic/meetings/2017/powers.pdf>
- [4] The GPS End-of-Week Rollover. Richard B. Langley, University of New Brunswick. GPS WORLD, November 1998.
- [5] GNSS Market Report Issue 6, European GNSS Agency, October 2019, https://www.gsa.europa.eu/system/files/reports/market_report_issue_6.pdf



Budowa układu konfekcjonowania certyfikowanych materiałów odniesienia w postaci wodnych roztworów etanolu do opakowań jednostkowych

Construction of a packaging system for dispensing of certified reference materials of ethanol in aqueous solution into individual units

Piotr Janko (Główny Urząd Miar)

W artykule omówiono realizację budowy stanowiska do konfekcjonowania, roztworów wodnych etanolu, sporządzanych w Pracowni Termodynamiki, stanowiących wzorce ciekłe do wzorcowania analizatorów wydechu (w tym także certyfikowane materiały odniesienia). Stanowisko zapewnia kompensację strat etanolu do fazy nadpowierzchniowej i ciągłe mieszanie roztworu w trakcie jego rozlewania do opakowań jednostkowych (butelek) w celu zapewnienia jednorodności między opakowaniami. Budowa układu jest elementem realizacji w GUM projekcie EMPIR 16RPT02 ALCOREF.

The article presents the construction of a stand for bottling of aqueous ethanol solutions, which are liquid standards for calibration of breath analyzers (including certified reference materials) prepared at the Thermodynamics Laboratory. The stand ensures compensation of ethanol losses to the headspace and provides continuous mixing of the solution during its pouring into individual units (bottles) in order to ensure between bottles homogeneity. The construction of the system is part of the EMPIR 16RPT02 ALCOREF project.

Słowa kluczowe: certyfikowane materiały odniesienia, wodne roztwory etanolu, analizatory wydechu.

Keywords: certified reference materials, aqueous ethanol solutions, breath analyzers.

Wstęp

Pracownia Termodynamiki Samodzielnego Laboratorium Masy GUM uczestniczy od 1 września 2017 roku w międzynarodowym projekcie badawczym EMPIR 16RPT02 ALCOREF “Certified forensic alcohol reference materials” [1]. Celem projektu jest uzyskanie kompetencji i możliwości wytwarzania oraz certyfikowania wodnych roztworów etanolowych do wzorcowania analizatorów wydechu, jako certyfikowanych materiałów odniesienia (CRM), spełniających wymagania normy PN-EN ISO 17034:2015 i przewodników ISO serii 30 [2-5]. Jednym z zadań, realizowanych w ramach projektu ALCOREF, jest opracowanie procedury wytwarzania certyfikowanych materiałów odniesienia. Procedura, oprócz przygotowania roztworu o znanym ułamku masowym etanolu, obejmuje także jego konfekcjonowanie do opakowań jednostkowych (butelek). Jedną z podstawowych cech, jaką musi charakteryzować się materiał odniesienia (RM), jest jego jednorodność, co wynika wprost z definicji RM [2, 6]. Potwierdzenie kompetencji w zakresie wytwarzania CRM nastąpi przez udział w porównaniu międzylaboratoryjnym EURAMET QM-S13.

Zjawiska mogące powodować niejednorodność

W układzie dwufazowym roztwór wodny etanolu – powietrze następuje dyfuzja etanolu z roztworu do fazy gazowej. Proces ten powoduje stałe zmniejszanie zawartości etanolu w roztworze aż do momentu ustalenia równowagi międzyfazowej, wynikającej z prawa Henry’ego. Zgodnie z tym prawem, stężenia masowe etanolu w fazie ciekłej i będącej z nią w równowadze fazy gazowej pozostają w danej temperaturze w stałym stosunku. Współczynnik podziału $k_{a/w}$ powietrze/woda w zależności od temperatury t można opisać równaniem empirycznym zaproponowanym przez Dubowskiego [7] i zaakceptowanym w zaleceniu OIML R126 [8]:

$$k_{a/w} = 0,04145 \times 10^{-3} \times e^{0,06583t} \quad (1)$$

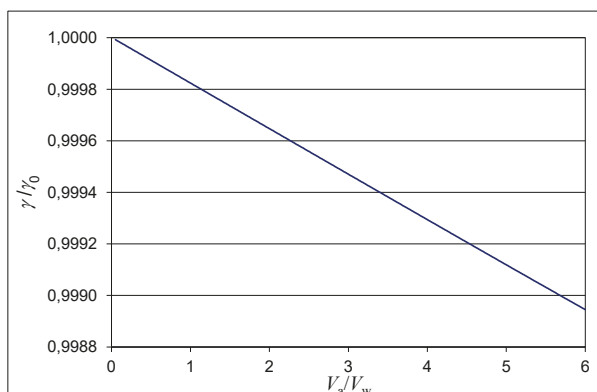
Obliczony z równania (1) dla temperatury pokojowej $t = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ współczynnik podziału $k_{a/w}$ wynosi:

$$k_{a/w} = 0,0001764$$

a stężenie masowe etanolu w powietrzu β (w mg/L) w stanie równowagi z roztworem o stężeniu γ wyrażonym w g/L wynosi:

$$\beta = (0,1764 \text{ mg/g}) \cdot \gamma \quad (2)$$

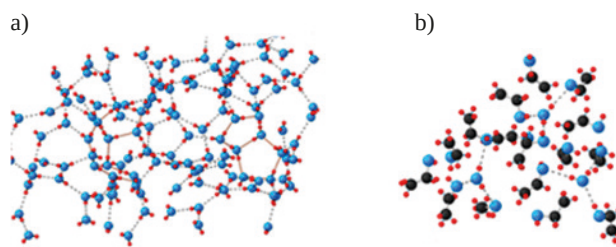
Na podstawie równania (2) można obliczyć zależność stężenia w roztworze pozostającym (w temperaturze t) w równowadze z fazą gazową od stosunku objętości fazy gazowej V_a do objętości fazy ciekłej V_w . Na rys. 1 przedstawiono tę zależność dla $t = 22 \text{ }^\circ\text{C}$.



Rys. 1. Stężenie etanolu w roztworze względem stężenia nominalnego γ_0 (zakładając początkową wartość $V_a/V_w = 0,05$) w zależności od stosunku objętości faz.

W trakcie rozlewania roztworu do opakowań jednostkowych następuje wzrost objętości fazy gazowej V_a , a zmniejszanie objętości fazy ciekłej V_w , a więc wzrost stosunku V_a/V_w . Jak widać na rys. 1 zmiana stężenia nie jest duża – tego samego rzędu co niepewność wartości ułamka masowego etanolu w sporządzonym roztworze [9]. Dodatkowo, biorąc pod uwagę, że w trakcie dozowania roztworu układ nie zdąży osiągnąć równowagi, jest ona jeszcze mniejsza.

Innym zjawiskiem, mogącym powodować różnice w składzie roztworu dozowanego do kolejnych butelek, jest stratyfikacja w wyniku różnic gęstości oraz mikro niejednorodności, wynikające z tworzenia klastrów etanolu i lokalne fluktuacje składu roztworu. W bardzo rozcieńczonych roztworach etanolu w wodzie należy oczekiwać, że silne oddziaływania międzymolekularne pomiędzy cząsteczkami etanolu i wody będą przeciwdziałać temu zjawisku. Zarówno woda jak i etanol są silnie zasocjowane w wyniku tworzenia wiązań wodorowych. Woda w stanie ciekłym charakteryzuje się istnieniem rozległej sieci połączonych ze sobą wiązań wodorowych, która rozciąga się na całą objętość cieczy (rys. 2a). Mniej niż 1% cząsteczek nie jest połączonych z siecią wiązań wodorowych [10]. W etanolu możliwe jest tworzenie polimerów w formie łańcuchów prostych i rozgałęzionych, a także form cyklicznych [11, 12].



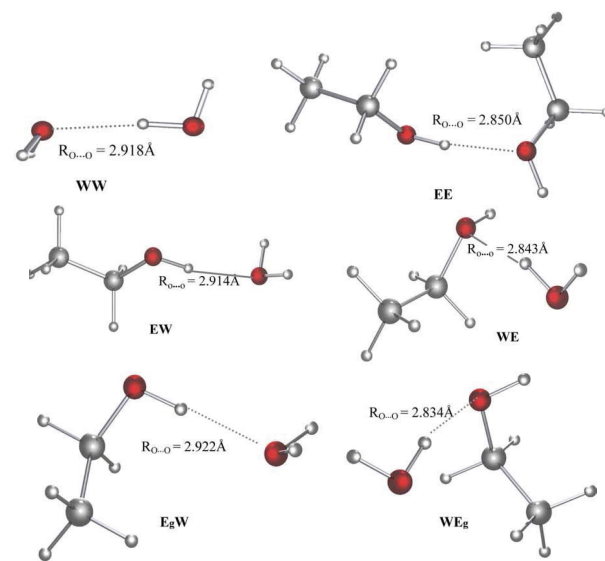
Rys. 2. Sieć wiązań wodorowych: a) w wodzie, b) w etanolu [13].
Atomy C – kolor czarny, atomy O – kolor niebieski, atomy H – kolor czerwony.

Istotną cechą, odróżniającą cząsteczkę etanolu od cząsteczki wody, jest obecność niepolarniej grupy alifatycznej zamiast drugiej grupy hydroksylowej obecnej w cząsteczce wody. W związku z tym ma ona dwoisty charakter hydrofilowy i hydrofobowy.

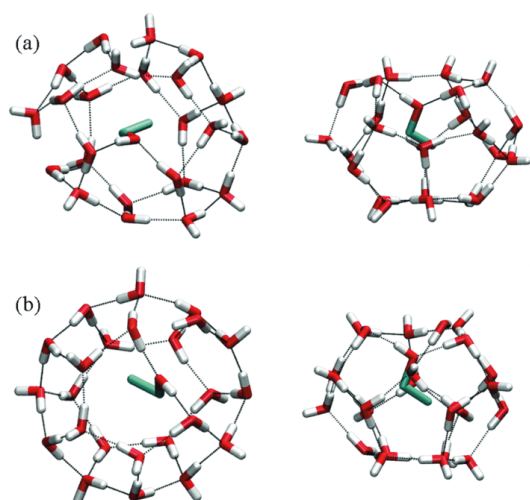
Woda i etanol makroskopowo mieszają się ze sobą w dowolnych proporcjach. Przyjrzyjmy się, jak to wygląda na poziomie molekularnym. Po zmieszaniu etanolu i wody sieć dowolnego typu wiązań wodorowych (woda-woda, woda-etanol lub etanol-etanol) staje się mniej gęsta i zaczynają być obserwowane większe rozłączone klastry [10].

W roztworach wodnych etanolu możliwy jest szereg współzawodniczących wiązań wodorowych: między cząsteczkami wody, wody i etanolu oraz etanolu. W układzie woda-etanol, etanol może być zarówno donorem jak i akceptorem protonu, stąd dwa możliwe heterodimery. Etanol może występować w dwóch konformacjach „gauche” i „trans” (rys. 3) [10].

Mimo kilkudziesięcioletnich dyskusji badacze teorie oddziaływań międzymolekularnych w mieszaninach wody i etanolu nie są jednoznaczne [14]. Dla roztworów



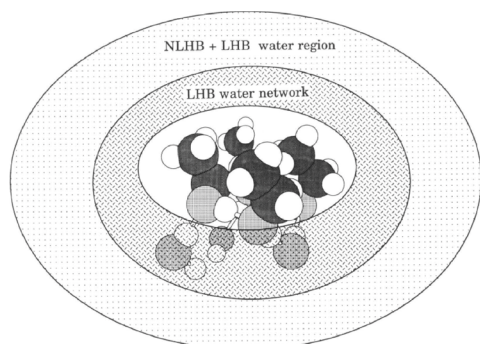
Rys. 3. Wiązania wodorowe w roztworach wodnych etanolu: dimer wody (WW), etanolu (EE), wody i etanolu (WE) [10].
Atomy C – kolor szary, atomy O – kolor czerwony, atomy H – kolor biały.



Rys. 4. Molekuła etanolu otoczona molekułami wody: a) molekuła etanolu w klatce z molekuł wody, połączonych wiązaniami wodorowymi, b) klatka wraz z drugą powłoką hydratacyjną [16].
Atom tlenu – kolor czerwony, atom wodoru – kolor biały, hydrofobowa grupa etylowa – kolor zielony.

rozcieńczonych (niskich zawartości etanolu) stosowany jest m.in. model hydratacji hydrofobowej [14, 15 i 16]. W modelu tym przyjmuje się, że poniżej ułamka molowego etanolu $x_{et} = 0,07$ tworzą się klastry złożone z molekuł etanolu otoczonych molekułami wody, które tworzą sieć wiązań wodorowych. Najprostszy taki układ (jedna molekuła etanolu w „klatce” wodnej) przedstawiony jest na rys. 4 [16].

W roztworach wodnych cząsteczki etanolu mają jednak tendencję do autoasocjacji i tworzenia klastrów. Roztwory składają się z grup cząsteczek wody i grup cząsteczek etanolu i na poziomie molekularnym nie mieszają się w sposób idealny [17]. Nawet dla roztworów o $x_{et} < 0,07$ sugeruje się obecność klastrów etanolu. W roztworze $x_{et} = 0,02$ występują dwuskładnikowe klastry z dwukrotnie większą liczbą molekuł wody niż etanolu. Wskazywałoby to na możliwość tworzenia, połączonej wiązaniami wodorowymi „klatki”, zawierającej molekuły

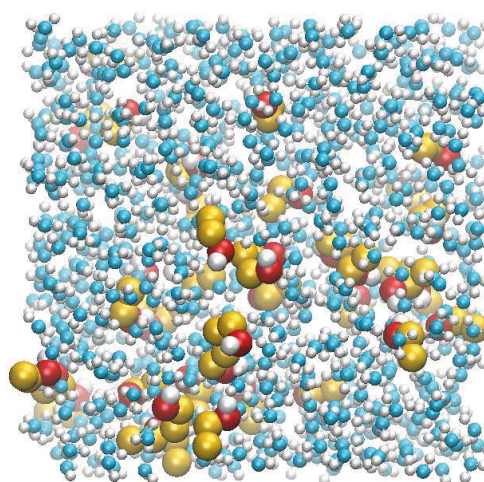


Rys. 5. Model hydratanego polimeru etanolu [18].
Atomy C – kolor czarny, atomy O – kolor szary, atomy H – kolor biały LHB, NLHB – liniowe i nieliniowe wiązania wodorowe molekuł wody.

wody, której rdzeniem jest klaster cząsteczek etanolu, związanych hydrofobowymi grupami etylowymi. Znajdują się one blisko siebie ze względu na silne oddziaływanie sieci zewnętrznych cząsteczek wody połączonych z grupami OH etanolu [18]. Schematyczny model takiego hetero-klustra pokazano na rys. 5.

W innej pracy [19], dla roztworu o $x_{et} = 0,05$ stwierdzono tendencję do pozostawiania cząsteczek etanolu w bezpośredniej bliskości, choć bez tworzenia dużych ciągłych klastrów. Na rys. 6 przedstawiono przykładowy chwilowy obraz takiego układu [19].

Zawartość etanolu w wytwarzanych CRM jest znacznie niższa niż w cytowanych powyżej pracach [18, 19]: $x_{et} < 0,002$, co powinno przesunąć równowagę w stronę form przedstawionych na rys. 4. Z drugiej strony jednak autoasocjacja i tworzenie klastrów etanolu będzie bardziej wpływać na mikronejednorodność. Żeby zatem uniknąć jakichkolwiek wątpliwości, co do jednorodności dozowanego roztworu, uznano za celowe zastosowanie ciągłego jego mieszania podczas dozowania.



Rys. 6. Obraz przykładowego stanu układu dla $x_{et} \approx 0,05$ [19].
Atomy O w etanolu – kolor czerwony, w wodzie – kolor niebieski, atomy H – kolor biały, grupy CH_3 i CH_2 – kolor złoty.

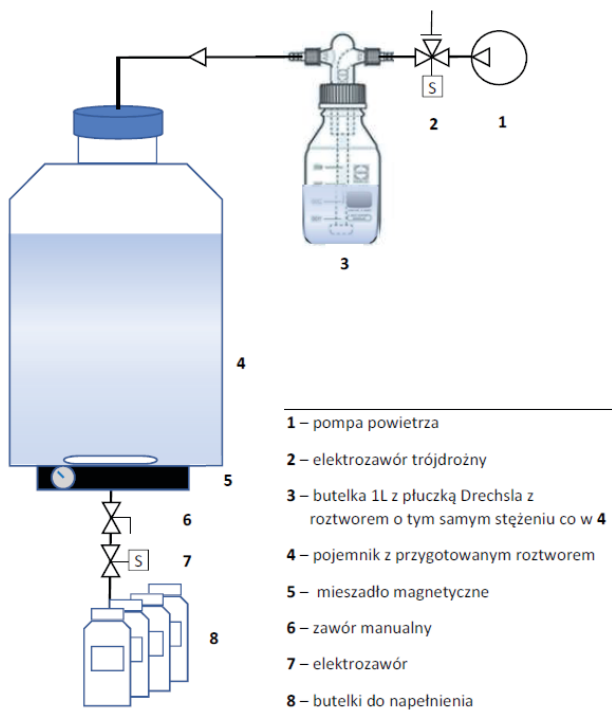
Budowa układu

Aby ograniczyć do minimum zmiany zawartości etanolu w roztworze w trakcie konfekcjonowania go do butelek, na skutek jego dyfuzji do fazy nadpowierzchniowej oraz ewentualnych różnic w składzie kolejnych porcji na skutek gradientu gęstości i mikronejednorodności, zaprojektowano i wykonano półautomatyczny układ dozowania roztworu etanolu z kompensacją par etanolu i mieszaniem (UD-KiM). Działanie kompensacyjne UD-KiM opiera się na tej samej zasadzie, jaką stosuje się w symulatorach wydechu, służących do wzorcowania analizatorów wydechu, a wykorzystującej prawo Henry'ego [20]. Powietrze,

w postaci drobnych pęcherzyków, przepuszczane przez roztwór wodny etanolu, ulega nasyceniu jego parami, zgodnie z opisaną powyżej zasadą. Jeżeli zatem w naczyniu barbotażowym umieszczony zostanie roztwór o takim samym stężeniu, jak roztwór wzorcowy w pojemniku, z którego będzie dozowany on do butelek, to stężenie masowe etanolu w powietrzu, na wyjściu z naczynia, będzie takie samo, jak w powietrzu w fazie nadpowierzchniowej, w pojemniku z roztworem wzorcowym. Zatem jego wprowadzanie do fazy nadpowierzchniowej, zamiast powietrza z otoczenia, wraz z ubytkiem dozowanej cieczy w pojemniku, będzie utrzymywać stałe stężenie etanolu w trakcie całego procesu ($\gamma = \gamma_0$).

Ubytek cieczy w zamkniętym pojemniku powoduje wprawdzie podciśnienie, jednak jest ono niewystarczające dla pokonania oporów przepływu przez naczynie barbotażowe podczas zasysania powietrza nasyconego parami etanolu. Dlatego, aby wymusić zasilanie pojemnika z wzorcem ciekłym, powietrzem z naczynia barbotażowego, konieczne było zastosowanie układu pneumatycznego, wytwarzającego niewielkie nadciśnienie. Przewód do powietrza z naczynia barbotażowego jest połączony z pojemnikiem wzorca w jego górnej części (do fazy gazowej) w sposób zapewniający hermetyczność układu.

Włączenie pompki jest zsynchronizowane z otwarciem zaworu doprowadzającego powietrze z naczynia barbotażowego i zaworu pojemnika wzorca, przez który roztwór jest wlewany do butelek. Włączanie i wyłączanie dozowania odbywa się jednym przyciskiem. Podczas



Rys. 7. Schemat ideowy układu UD-KiM

całego procesu dozowania roztworu jest on mieszany za pomocą mieszadła magnetycznego. Schematycznie cały UD-KiM przedstawiono na rys. 7.

Jako naczynie barbotażowe (3) użyto jednolitrowej butelki ze szkła borokrzemowego z wkładką – płuczką Drechsela (Schott). Rurka barbotażowa zakończona jest płaskim spiekami szklanym G0. Do butelki wlewa się ok. 0,5 L roztworu o takiej samej zawartości etanolu, jak w roztworze w pojemniku (4).

Na wejściu do płuczki (rurki barbotażowej) podawane jest powietrze z pompki, na wyjściu z płuczki otrzymuje się powietrze z fazy nadpowierzchniowej, nasycone parami etanolu. Wyjście z płuczki połączone jest elastycznym przewodem umieszczonym w pokrywie, umożliwiającej hermetyczne zamknięcie pojemnika wzorca (4). Na układ pneumatyczny do zapewnienia nadciśnienia składają się następujące elementy:

- pompka powietrza (1) – membranowa, typu akwariowego z regulacją przepływu,
- elektrozawór trójdrożny stalowy (2), normalnie zamknięty/normalnie otwarty – zastosowano: elektrozawór RM23-02 trójdrogowy, cewkę model SB243, korpus elektrozaworu RM23-02 (rys. 8),

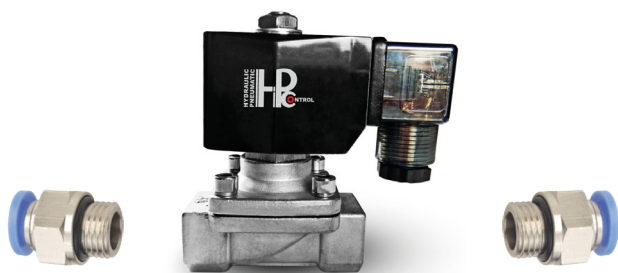


Rys. 8. Elektrozawór RM23-02 i złączki wtykowe

- dwie złączki wtykowe: prosta PC06-G02 (do połączenia z króćcem płuczki) i kątowa PL06-G02 – do podłączenia przewodu powietrza z pompki (rys. 8),
- króciec do płuczki do połączenia z elektrozaworem RM23-02 przez złączkę PC06-G02 (element wykonany w druku 3D w GUM, materiał: PLA),
- przewody 6 mm, umożliwiające podłączenie elektrozaworu do pompki i płuczki,
- wspornik do zamontowania elektrozaworu, wykonany ze stalowej blachy nierdzewnej.

Dozowanie roztworu z pojemnika (4) do butelek odbywa się przez układ, składający się z następujących elementów:

- zaworu manualnego pojemnika (5),



Rys. 9. Elektrozawór 2N15-M i złączki wtykowe

- b) elektrozaworu stalowego, normalnie zamkniętego, o dużym przepłyście (7) – zastosowano elektrozawór 2N15-M (rys. 9),
- c) dwóch złączek wtykowych prostych PC12-G04,
- d) uchwyty/wspornika wykonanego z nierdzewnej blachy stalowej, umożliwiającego zamontowanie elektrozaworu w dwóch pozycjach, w zależności od wielkości użytego pojemnika 5 L lub 10 L.

Przewody elektryczne, zasilające elektrozawory i pompkę powietrza, są zakończone odpowiednimi wtyczkami umieszczonymi w wielogniazdowym przedłużaczu z wyłącznikiem. Zastosowano: „Przedłużacz modułowy ALLOCACOC 1522/FREXRM Power Cube Remote Extended z Power Remote”. Wyłącznik/włącznik typu bezprzewodowego, z możliwością operowania stopą, zapewnia wolne ręce przy zmianie butelek.

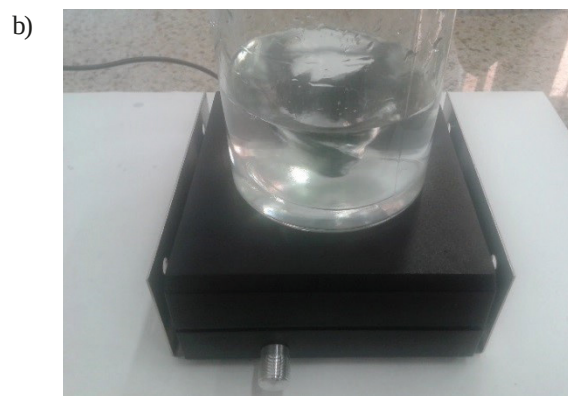
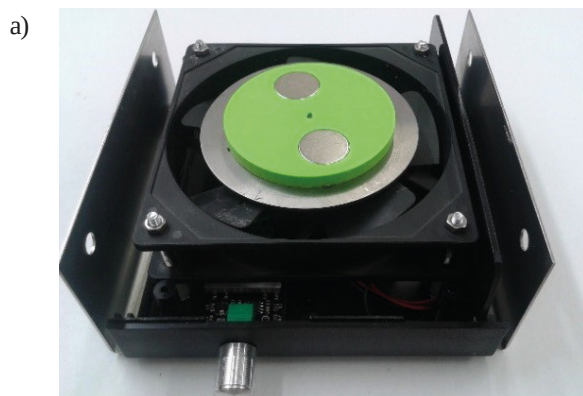
Żeby w trakcie konfekcjonowania odbywało się ciągle mieszanie roztworu, we własnym zakresie zbudowano układ mieszający (6), dopasowany do stanowiska. Jako silnika mieszadła magnetycznego użyto wentylatora komputerowego, inspirację zaczerpnięto z opisów publikowanych w sieci, np. [21–23]. Do budowy układu mieszającego wykorzystano następujące elementy:

- a) wentylator 120 mm × 120 mm × 25 mm 12 V DC, stanowiący silnik mieszadła,

- b) zasilacz 12 V DC,
- c) regulator obrotów silnika DC 3A 6-28VDC 3A PWM DC,
- d) dwa magnesy neodymowe o wymiarach 20 mm × 5 mm N42 (magnesy stałe, wytwarzające silne pole magnetyczne, wykonane ze związku neodymu, żelaza i boru (Nd₂Fe₁₄B), w wyniku prasowania sproszkowanych komponentów w polu magnetycznym w podwyższonej temperaturze),
- e) obudowa KM60J plastikowa czarna o wymiarach: 159 mm × 140 mm × 60 mm,
- f) wspornik/podstawa do zainstalowania mieszadła magnetycznego, wykonany z nierdzewnej blachy stalowej,
- g) dysk do zamocowania magnesów neodymowych o średnicy 70 mm i grubości 6 mm z dwoma okrągłymi wgłębieniami o średnicy wewnętrznej 20 mm i głębokości 5 mm (wykonano w druku 3D, materiał: PLA),
- h) element mieszający (mieszadło magnetyczne) z powłoką teflonową.

Widok układu mieszania podczas budowy i po jej ukończeniu przedstawia rys. 10.

Cały UD-KiM zamontowany został na podstawie, aktualnie używanym w laboratorium stojaku do pojemników z wytworzonym roztworem etanolu. Stojak wykonany jest z profili aluminiowych z półką z poliwęglanu. Na półce stojaka umieszczony jest pojemnik z roztworem (4) i płuczka (3). Do profili aluminiowych stojaka przykręcone zostały statywy 1 i 2, wraz z zamocowanymi do nich elektrozaworami oraz zbudowany układ mieszania (5). Środek obrotu mieszadła znajduje się na osi symetrii otworów wspornika/uchwyty 2. W celu łatwego ustawienia naczynia z mieszanym roztworem, koncentrycznie względem osi obrotu mieszadła, pod blatem stanowiska dozowania zamocowano uprzednio wykonaną wkładkę.



Rys. 10. Budowa układu mieszającego:

- a) dolna część obudowy przykręcona do wspornika 3, zamontowany regulator obrotów, gniazdo zasilacza, zamontowany wentylator, metalowy dysk separujący i dysk z 2 magnesami neodymowymi o przeciwnie skierowanych biegunach, b) test mieszadła po zmontowaniu całej obudowy.



Rys. 11. Skompletowane i zmontowane stanowisko do konfekcjonowania CRM

Po podłączeniu przewodów powietrza z membranowej pompki do naczynia barbotażowego, połączeniu tegoż z wlotem zaworu trójdrogowego oraz doprowadzeniu przewodem (wąz silikonowy) powietrza z naczynia barbotażowego do naczynia z roztworem (rys. 11), wykonane zostało z pozytywnym skutkiem sprawdzenie działania całego stanowiska. Rozpoczęto jego użytkowanie przy konfekcjonowaniu sporządzanych roztworów.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono założenia projektowe i realizację półautomatycznego układu dozowania roztworów etanolu do opakowań jednostkowych z kompensacją par etanolu i ciągłym mieszaniem roztworu w czasie dozowania (UD-KiM). Aby zapewnić najwyższą jakość metrologiczną wytwarzanych CRM oraz stałość składu roztworu w czasie konfekcjonowania CRM do opakowań jednostkowych, w Pracowni Termodynamiki (dziedzina: analizatory wydechu) dokonano modyfikacji (udoskonalenia i uzupełnienia) obowiązującego obecnie postępowania wg instrukcji wzorcowania IW2-EBA [24]. Opracowana instrukcja użytkowania UD-KiM, została włączona do *Instrukcji postępowania przy wytwarzaniu i certyfikowaniu materiałów odniesienia etanolu w roztworze wodnym* (znak systemowy IP1-EBA) [25], stanowiącej wkład GUM do dokumentu D1, wymaganego przez EURAMET do rozliczenia projektu EMPIR ALCOREF.

Układ będzie stosowany do prac związanych z wytwarzaniem certyfikowanych materiałów odniesienia etanolu w roztworze wodnym na etapie konfekcjonowania roztworu do opakowań jednostkowych. Pozwoli to ograniczyć do minimum straty etanolu do fazy

nadpowierzchniowej i niejednorodność roztworu oraz wpływ tych zjawisk na jego skład w kolejnych butelkach podczas jego konfekcjonowania. W pierwszej kolejności UD-KiM będzie zastosowany do realizacji zadań w projekcie EMPIR 16RPT02 ALCOREF, w pakiecie roboczym WP3 – porównania międzylaboratoryjne:

- w zakresie wytwarzania CRM (porównanie EURAMET QM-S13),
- w zakresie metod oznaczania etanolu w roztworach wodnych (porównanie EURAMET QM-S14).

Układ znajdzie również zastosowanie w rutynowych działaniach, związanych z wytwarzaniem CRM etanolu w roztworze wodnym, jako nowej oferty GUM.

Literatura

- [1] <https://www.euramet.org/research-innovation/research-empir/> (dostęp 30.07.2019).
- [2] PN-EN ISO 17034:2017-03 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji producentów materiałów odniesienia.
- [3] ISO Guide 30:2015 Reference materials – Selected terms and definitions.
- [4] ISO Guide 31:2015 Reference materials – Contents of certificates, labels and accompanying documentation.
- [5] ISO Guide 35:2017 Reference materials – Guidance for characterization and assessment of homogeneity and stability.
- [6] PKN-ISO/IEC Guide 99:2010 Międzynarodowy słownik metrologii – Pojęcia podstawowe i ogólne oraz terminy z nimi związane (VIM).
- [7] Dubowski K. M., Breath-Alcohol Simulators: Scientific Basis and Actual Performance, *J. Anal. Toxicol.*, 1979, 3 (5), s. 177-182.
- [8] OIML R126:2012 Evidential Breath Analysers.

- [9] Janko P., Kordulasiński R., Wasilewska J., Lenard E., Wodne roztwory etanolu do wzorcowania analizatorów wydechu sporządzane metodą wagową, *Biuletyn GUM nr (3-4)/2017*.
- [10] Noskov S. Yu., Lamoureux G., Roux B., Molecular Dynamics Study of Hydration in Ethanol–Water Mixtures Using a Polarizable Force Field. *J. Phys. Chem. B*, 2005, vol. 109 (14), s. 6705-6713.
- [11] Saiz L., Padró J. A., Guardia E., Dynamics and hydrogen bonding in liquid ethanol. *Mol. Phys.*, 1999, 97(7), s. 897-905.
- [12] Umer M., Kopp W. A., Leonhard K., Efficient yet accurate approximations for ab initio calculations of alcohol cluster thermochemistry. *J. Chem. Phys.*, 2015, 143 (21), s. 2143.
- [13] Dolenko T. A. i in., Raman Spectroscopy of Water–Ethanol Solutions: The Estimation of Hydrogen Bonding Energy and the Appearance of Clathrate-like Structures in Solutions. *J. Phys. Chem. A*, 2015, 119(44), s. 10806-10815.
- [14] Stehle S. i Braeuer A. S., Hydrogen Bond Networks in Binary Mixtures of Water and Organic Solvents. *J. Phys. Chem. B*, 2019, 123, s. 4425-4433.
- [15] Li X., Wang X., dell'Arco Passaro M., Spinelli N., i Apicella B., Insights on Clusters Formation Mechanism by Time of Flight Mass Spectrometry. 1. The Case of Ethanol–Water Clusters. *J. Am. Soc. Mass Spectrom*, 2015, 26(10), s. 1665-1675.
- [16] Alavi S., Ohmura R., i Ripmeester J. A., A molecular dynamics study of ethanol–water hydrogen bonding in binary structure I clathrate hydrate with CO₂. *J. Chem. Phys.*, 2011, 134(5), 054702.
- [17] Egashira K. i Nishi N., Low-Frequency Raman Spectroscopy of Ethanol–Water Binary Solution: Evidence for Self-Association of Solute and Solvent Molecules. *J. Phys. Chem. B*, 1998, 102(21), s. 4054-4057.
- [18] Nishi N. i in., Hydrogen-Bonded Cluster Formation and Hydrophobic Solute Association in Aqueous Solutions of Ethanol. *J. Phys. Chem.*, 1995, 99(1), s. 462-468.
- [19] Banerjee S., Ghosh R., Bagchi B., Structural Transformations, Composition Anomalies and a Dramatic Collapse of Linear Polymer Chains in Dilute Ethanol–Water Mixtures, *J. Phys. Chem. B*, 2012, 116(12), s. 3713-3722.
- [20] Janko P., Kordulasiński R., Wasilewska J., Lenard E., Wzorcowanie analizatorów wydechu za pomocą wytwarzanych in situ wilgotnych wzorców gazowych. *Biuletyn GUM nr 2/2018*.
- [21] <http://www.drogadonatury.pl/mieszadlo-magnetyczne/>, (dostęp 30.07.2019).
- [22] <https://majsterkowo.pl/mieszadlo-magnetyczne/>, (dostęp 30.07.2019).
- [23] <https://www.piwo.org/forums/topic/12737-mieszad%C5%82o-magnetyczne-baj-majhendmejd/>, (dostęp 30.07.2019).
- [24] IW2-EBA Instrukcja wzorcowania. Przygotowanie wodnych roztworów wzorcowych etanolu do wzorcowania analizatorów wydechu, GUM wyd. 2, 30.04.2017.
- [25] IP1-EBA Instrukcja postępowania przy wytwarzaniu i certyfikowaniu materiałów odniesienia etanolu w roztworze wodnym, GUM wyd. 1, 24.07.2019.

Projekt ALCOREF jest finansowany z programu EMPIR, współfinansowanego przez kraje członkowskie oraz z Programu Ramowego Unii Europejskiej na rzecz Badań i Rozwoju „HORYZONT 2020”.



Rozpoznawanie wskazań cyfrowego wyświetlacza przyrządu pomiarowego z wykorzystaniem sieci neuronowej typu Hebba

Recognition of digital display statement of a measuring device with the use of neural network Hebba type

Dariusz Luśtyk (Główny Urząd Miar)

Artykuł zawiera opis rozwiązania zagadnienia odczytu kamerą wielkości mierzonych przez przyrząd pomiarowy z wyświetlaczem cyfrowym, pozbawiony komunikacji z komputerem. Przedstawiono układ ustalania pozycji kamery względem przyrządu, sposób definiowania obszaru obrazu zawierającego sekcje wyświetlacza oraz metodę jego przetwarzania w oparciu o sztuczną sieć neuronową typu Hebba.

The article contains a description of the solution to the problem of reading with a camera the quantities measured by a measuring device with a digital display, without communication with a computer. The system of determining camera position relative to the device, the way of defining the image area containing display sections and the method of its processing based on an artificial Hebba-type neural network are presented.

Słowa kluczowe: wyświetlacz cyfrowy, sieć neuronowa typu Hebba, reguła Oja.

Keywords: digital display, type Hebba neural network, Oja rule.

Wstęp

W praktyce metrologicznej występują pomiary z użyciem przyrządów, które nie wykonują zapisu mierzonych wartości we współpracy z komputerem. Wówczas źródłem informacji o wielkości zmierzonej jest obraz cyfrowego wyświetlacza przyrządu pomiarowego, który powinien być odczytany i zinterpretowany. W pomiarach długotrwałych łatwo o pomyłkę. Układ pomiarowy wyposażony w kamerę współpracującą z programem do odczytu wskazań cyfrowego wyświetlacza przyrządu pomiarowego, eliminuje pomyłki odczytów i uciążliwość tworzenia ich rejestru. Stanowisko pomiarowe powinno umożliwiać wygodne pozycjonowanie kamery względem przyrządu pomiarowego, precyzyjny mechanizm lokalizacji sekcji wyświetlacza na jego obrazie oraz pewną tolerancję metody interpretacji obrazu na zmieniające się warunki oświetlenia, z zachowaniem poprawności odczytu wskazań przyrządu. Uzyskany w wyniku normalizacji obraz sekcji wyświetlacza przetwarzany jest przez sztuczną sieć neuronową typu Hebba, dając w wyniku wartości pomiarów, które mogą być rejestrowane w postaci elektronicznej.

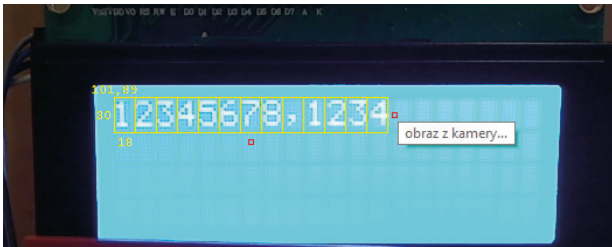
Układ odczytu wskazań

Układ odczytu wskazań składa się z przyrządu pomiarowego, wyposażonego w wyświetlacz cyfrowy typu

LED, LCD lub OLED, kamery internetowej, komputera z programem. Wyświetlacz prezentuje znaki w sekcjach o jednakowych rozmiarach, rozmieszczonych w jednej poziomej linii. Program we współpracy z kamerą odczytuje wskazania wyświetlacza. Konstrukcja układu (rys. 1) umożliwia ustawienie kamery względem przyrządu w płaszczyznach poziomej i pionowej.



Rys. 1. Konstrukcja układu odczytu wskazań



Rys. 2. Lokalizacja obrazu wyświetlacza

Obszar graficzny, podlegający przetwarzaniu, oznaczony jest na ekranie przyległymi prostokątami o identycznych rozmiarach. Przy prawidłowej lokalizacji obrazu wyświetlacza, każdy prostokąt opisuje jedną jego sekcję (rys. 2). Interfejs programu umożliwia dopasowanie pozycji i rozmiarów prostokątów do sekcji wyświetlacza. Obraz wyświetlacza może też być przemieszczany względem ustalonej pozycji prostokątów.

Zastosowana metoda wyodrębniania obrazu sekcji wyświetlacza w ustalonej jego pozycji względem kamery eliminuje potrzebę lokalizacji i redukuje czas normalizacji obrazu oraz poprawia skuteczność rozpoznawania, gdy zachowane są stabilne warunki oświetlenia układu.

Metoda rozpoznawania znaków wyświetlacza

Do rozpoznawania znaków wyświetlacza zastosowano sztuczną sieć neuronową typu Hebb, jako alternatywę dla wykorzystania analizy składowych głównych (PCA), stosowaną w zagadnieniach klasyfikacji. Sieć zbudowana jest z tzw. neuronów – liniowych przetworników wektora sygnałów wejściowych $X = [x_1, \dots, x_M]$ o liczbie składowych M równej liczbie sygnałów wejściowych sieci. Neuron z udziałem wag synaptycznych $W = [w_1, \dots, w_M]$ wytwarza sygnał wyjściowy y :

$$y = \sum_{i=1}^M w_i \times x_i. \quad (1)$$

Wartości wag synaptycznych neuronu uzyskiwane są iteracyjnie w procesie tzw. uczenia, opracowanym przez Erkki Oja [2]. Początkowo wartości wag synaptycznych neuronu w_{i0} są losowe, gdzie $i = 1, \dots, M$. Podczas uczenia w każdej iteracji $j = 1, \dots, N$, gdzie N to liczba iteracji, przyrost i -tej wagi Δw_{ij} zależy od i -tego sygnału wejściowego x_i i wyjściowego neuronu z poprzedniego kroku y_{j-1} oraz współczynnika szybkości uczenia $\varepsilon \in (0,1 >$

$$\Delta w_{ij} = \varepsilon \times y_{j-1} \times (x_i - y_{j-1} \times w_{i(j-1)}), \quad (2)$$

$$w_{ij} = w_{i(j-1)} + \Delta w_{ij}. \quad (3)$$

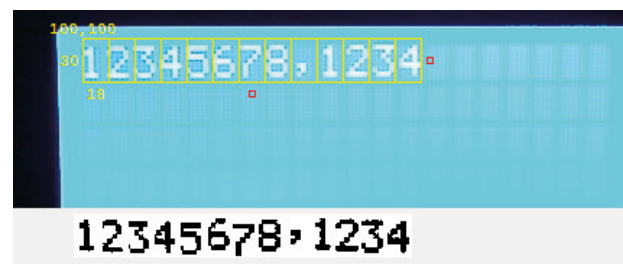
Reguła uczenia Oja, przy dostatecznie dużej liczbie iteracji prowadzi do stabilizowania się wartości wag synaptycznych neuronu do normy $\|w\|_2 = 1$

$$\|w\|_2 = \sqrt{\sum_{i=1}^M w_i^2}. \quad (4)$$

Obraz sekcji wyświetlacza odczytany kamerą podlega normalizacji, składającej się z następujących kroków:

- zamiana obrazu na odcienie szarości,
- zamiana obrazu w odcieniach szarości na czarno-biały,
- przesunięcia środka ciężkości figury stanowiącej znak w kolorze czarnym do środka ciężkości prostokąta opisującego obraz.

Wektor sygnałów wejściowych sieci, reprezentujących obraz po normalizacji jednej sekcji wyświetlacza $X1 = [x1_1, \dots, x1_M]$ zawiera składowe w liczbie $M = a \times b$, gdzie a – szerokość, b – wysokość w liczbie pikseli obrazu. Składowe wektora wejściowego sieci $X1 = [x1_1, \dots, x1_M]$ są wartościami uzyskanymi z odczytu wierszami kolejno od pierwszego do ostatniego piksela znormalizowanego obrazu. Przyjęto, że składowa $x1_i$ gdzie $i = 1, \dots, M$ przyjmuje wartość -1 dla białego lub 1 dla czarnego koloru piksela. Wynik normalizacji przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Wynik normalizacji sekcji wyświetlacza

Wektor sygnałów wejściowych sieci $X1$ i wektory wag $w_1 = [w_{11}, \dots, w_{1M}]$, ..., $w_L = [w_{L1}, \dots, w_{LM}]$, gdzie L to liczba neuronów, uczestniczą w powstaniu wektora sygnałów wyjściowych sieci $Y = [y_1, \dots, y_L]$:

$$y_1 = w_1 \times X1 \quad (5)$$

$$y_2 = w_2 (X1 - w_1 \times y_1) \quad (6)$$

...

$$y_L = w_L (X1 - w_1 \times y_1 - \dots - w_{L-1} \times y_{L-1}). \quad (7)$$

Uczenie sieci neuronowej typu Hebb jest procesem wyznaczania wag synaptycznych neuronów w celu uzyskania powtarzalnego wektora sygnałów wyjściowych dla sygnałów wejściowych, identyfikowanych z określonym przypadkiem klasyfikacji. Obliczania wag w_1, \dots, w_L

przebiegają iteracyjnie, gdzie sygnały wejściowe sieci, reprezentujące wszystkie kategorie klasyfikacji zwane epoką, pobudzają przetwarzanie sieci powiązane z modyfikacją wag synaptycznych, zgodnie z regułą Oja. Uczenie sieci na ogół wymaga znacznej liczby epok. Ma to związek z charakterem klasyfikacji i założonym współczynnikiem ε szybkości uczenia. Wynikiem uczenia sieci jest ustalony, co do wartości, zbiór wektorów wag synaptycznych jej neuronów oraz zbiór wektorów sygnałów wyjściowych sieci, powiązany z sygnałami wejściowymi, reprezentującymi poszczególne przypadki podlegające rozpoznaniu.

Rozpoznanie obrazu

Nieznany sygnał wejściowy sieci, reprezentujący obraz jednej sekcji wyświetlacza po normalizacji i utworzeniu wektora $XN = [xn_1, \dots, xn_M]$, wywołuje odpowiedź nauczonej sieci w postaci wektora $YN = [yn_1, \dots, yn_L]$, który jest porównywany z wektorami odpowiedzi sieci występującymi dla przykładów uczących: $YU_k = [yu_{k1}, \dots, yu_{kL}]$, gdzie $k = 1, \dots, LP$, a LP to liczba przykładów uczących. Przyjmując, że wektor YU_k jest odpowiedzią na sygnał wejściowy sieci X_k i jednocześnie YU_k jest najbardziej podobny do wektora YN , wówczas XN jest sygnałem wejściowym sieci, który sieć rozpoznaje jako X_k .

Funkcja podobieństwa wektorów odpowiedzi YU_k dla $k = 1, \dots, LP$ i YN może mieć postać:

$$p(j) = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^L (yu_{ji} - yn_i)^2}}; \quad j = 1, \dots, LP. \quad (8)$$

Sygnał XN rozpoznany jest jako X_k , gdy:

$$p(k) = \max(p(j)); \quad j = 1, \dots, LP. \quad (9)$$

Interpretacja obrazu do postaci wartości liczbowej jest wynikiem złożenia znaków rozpoznanych w poszczególnych sekcjach wyświetlacza.

Przeprowadzone eksperymenty prowadzą do wniosku, że skuteczność odczytu wskazań wyświetlacza w istotny sposób zależy od wyboru liczby neuronów i epok w procesie uczenia, a także przyjętego rozmiaru obrazu sekcji oraz zachowania stabilnych, podobnych podczas treningu i eksploatacji sieci, natężenia oraz kąta padania światła. Skuteczność ta rosła wraz ze zwiększaniem rozmiarów obrazu sekcji wyświetlacza przy rosnącej z zachowaniem poprawności odczytu, tolerancji na zmianę warunków oświetlenia. W jednym z eksperymentów wykorzystano sieć zawierającą 14 neuronów, na której przeprowadzono w 5000 epok proces uczenia 14 znaków „0123456789 +,” o rozmiarze $18 \times 30 = 540$ pikseli. Przy względnie stałych warunkach oświetlenia odczyty wskazań wyświetlacza nie zawierały błędów.

Literatura

- [1] Tadeusiewicz R., Sieci neuronowe, Akademicka Oficyna Wydaw. RM, 1993.
- [2] Krętowska M., Sztuczne sieci neuronowe, Wykład 12: Sieci samoorganizujące się typu Hebb'a, Katedra Oprogramowania. http://aragorn.pb.bialystok.pl/~gkret/SSN/SSN_w12.PDF
- [3] Masters T., Sieci neuronowe w praktyce, WNT Warszawa 1996.

Powyższy artykuł jest tekstem referatu (z drobnymi zmianami redakcyjnymi), przygotowanego na LI Międzyuczelnianą Konferencję Metrologów MKM '2019 i opublikowanego w Zeszytach Naukowych Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej Nr 66.

Wstępne badania w celu opracowania nowej metody wzorcowania czytników mikroplątek w GUM – analiza porównawcza wyników

Preliminary research for developing the new method of the calibration of microplate readers in GUM – comparative analysis of the results

Dobrochna Matkowska, Iwona Ostrowska, Jolanta Gębicka, Łukasz Litwiniuk (Główny Urząd Miar)

W najbliższych latach Samodzielne Laboratorium Fotometrii i Radiometrii planuje opracowanie metody pomiarowej i budowę stanowiska pomiarowego do wzorcowania czytników mikroplątek i ich wzorców kontrolnych, czyli stworzenie mechanizmów powiązania wzorca pierwotnego widmowego współczynnika przepuszczania (spektrofotometr Cary 5000) z grupą nowoczesnych przyrządów spektrofotometrycznych – czytników mikroplątek.

In the coming years, it is planned to develop measurement methods and measurement stand for the calibration of microplate readers and control standards thereof i.e. to create mechanisms linking the spectral transmittance with reference to the primary measurement standard (Cary 5000 spectrophotometer) with a group of modern spectrophotometric devices – microplate readers.

Słowa kluczowe: wzorzec pierwotny, widmowy współczynnik przepuszczania, czytniki mikroplątek.

Keywords: primary standard, spectral transmittance, microplate readers.

Wprowadzenie

Spektrofotometr służy do pomiaru wartości transmitancji – $\tau(\lambda)$ i/lub absorbcji – $D(\lambda)$ w funkcji długości fali λ . Widmowy współczynnik przepuszczania definiuje się jako stosunek energetycznego strumienia widmowego przepuszczonego do strumienia widmowego padającego, natomiast jego gęstość optyczna jest odwrotnością logarytmu dziesiętnego tego stosunku [1].

Prawidłowość wskazań spektrofotometrów można zbadać m.in. za pomocą filtrów optycznych. Filtry optyczne – wzorce odniesienia (kontrolne) mają wyznaczoną transmitancję lub absorbcję przez spektrofotometri najwyższego rzędu przy co najmniej kilku długościach fal [2]. Wzorce wykonane są różnymi technikami z różnych materiałów optycznych, np. szklanych, napyłanych lub ciekłych.

Czytniki mikroplątek są to spektrofotometry nowej generacji, służące do pomiaru $\tau(\lambda)$ lub $D(\lambda)$ wielu próbek jednocześnie, w szerokim zakresie długości fali. Wykorzystywane są do pomiaru stężenia: dsDNA, ssDNA i RNA, białek oraz pomiarów kinetycznych. Czytniki znajdują zastosowanie w diagnostyce in vitro, w kierunku nietolerancji pokarmowej. Za ich pomocą można prowadzić oznaczenia m.in. ELISA [3], cytotoksyczności, hormonów, cytokin i kinaz, dlatego znajdują one

zastosowania w wielu laboratoriach biologicznych, biotechnologicznych, diagnostycznych i przemysłowych.

Celem Głównego Urzędu Miar jest udostępnienie klientom nowej usługi, jaką będzie wzorcowanie spektrofotometrów nowej generacji – czytników mikroplątek i ich wzorców kontrolnych. Planuje się opracowanie metodyki pomiarowej i budowę nowego stanowiska. Przedstawione wyniki są efektem badań przewidzianych do realizacji we wstępnej fazie projektu, którego ostateczne zakończenie zaplanowano na rok 2021.

Część eksperymentalna

Zakupione zostały dwa czytniki mikroplątek. Za pomocą czytnika, który posiada miejsce na kasetę, zmierzono absorbcję różnego typu wzorców stosowanych w Urzędzie, jako wzorce robocze. Wzorce te są poddawane ciągłej kontroli metrologicznej.

Zmierzone również absorbcję wzorców umieszczonych w specjalnej płytce, umożliwiającej jednoczesny pomiar ośmiu filtrów w szerokim zakresie UV-VIS na dwóch czytnikach mikroplątek. Uzyskane wartości porównano z wartościami zmierzonymi na wzorcu najwyższego rzędu – wzorcu pierwotnym. Dokonano analizy otrzymanych wyników.

Aparatura

Zmierzono $D(\lambda)$ dwóch zestawów wzorców, służących jako wzorce kontrolne. Zestaw 4 filtrów neutralnych (szarych) G-250 [4], służących do sprawdzania spektrofotometrów w zakresie VIS o nominalnej transmitancji 10%, 30%, 50% i 70% w zakresie (410–880) nm oraz zestaw filtrów napylanych [5], służących do sprawdzania spektrofotometrów w zakresie UV-VIS o wartości nominalnej $\tau(\lambda)$ 3%, 10%, 30%, 50% i 90% w zakresie (235–900) nm.

Wartości $\tau(\lambda)$ i $D(\lambda)$ opisanych zestawów wzorców roboczych wyznaczono za pomocą spektrofotometru firmy VARIAN Australia typu Cary 5000. Dane techniczne spektrofotometru, służącego w Głównym Urzędzie Miar jako wzorzec pierwotny, zestawiono w tab. 1. Wybrane parametry czytników mikroplątek zestawiono w tab. 2.

Tab. 1. Wybrane parametry techniczne spektrofotometru Cary 5000 [6]

Zakres spektralny	(175–3300) nm
Szczelina spektralna	UV-VIS: (0,01–5,00) nm (krok co 0,01)
Monochromator	Podwójny monochromator Littrowa 2 × 400 mm
	Siatka dyfrakcyjna: UV-VIS 1200 linii/mm, (70 × 45) mm,
	Detektor: UV-VIS fotopowielacz (PMT) R928,
Błąd długości fali	UV-VIS: ± 0,08 nm
Światło rozproszone	<0,00007 % T, przy 220 nm (10 g/L NaI, metodyka ASTM) <0,00007 % T, przy 370 nm (50 mg/L NaNO ₂)
Zakres fotometryczny	8,0 Abs (pomiarowy)
Błąd fotometryczny	± 0,00025 Abs (przy absorbancji 0,3)
Szybkość skanowania	UV-Vis: 2000 nm/min (max.)

Tab. 2. Wybrane parametry techniczne czytników mikroplątek

	Czytnik nr 1	Czytnik nr 2
Typ źródła światła	Lampa halogenowa 6 V/10 W	Lampa ksenonowa
Ustalanie długości fali	3 filtry: 405 nm, 450 nm, 620 nm (maks. 8 filtrów)	Monochromator

	Czytnik nr 1	Czytnik nr 2
Obsługiwane płytki	96, 384	96, 384, kuwety 10 mm
Zakres długości fali [nm]	340–850	200–1000
Zakres pomiarowy [Abs]	0–6	0–4
Liniowość	0–3 ± 2 % (405 nm)	0–2,5 ± 2 % (450 nm)
Błąd pomiaru	± 1 % (0–3 Abs) lub 0,003 Abs (405 nm)	1 % +0,003 (0–2 Abs) (450 nm), 2 % (2–2,5 Abs) (450 nm)
Precyzja pomiaru CV	≤ 0,2 % (0,3–3 Abs) (405 nm)	≤ 0,5 % lub 0,003 Abs (450 nm)
Szybkość odczytu płytki	96 dołkowej – 7 s, 384 dołkowej 13 s	96 dołkowej – 6 s, 384 dołkowej 10 s
Zakres temperatury termostatowania	+4 °C powyżej temp. otoczenia do 50 °C	+2 °C powyżej temp. otoczenia do 45 °C

Wyniki

Absorbancje $D(\lambda)$ dziewięciu filtrów z dwóch zestawów: G-250 (G-250-I, G-250-II, G-250-III, G-250-IV) oraz 27873 (76372, 77515, 76190, 45839, 75272) zmierzono za pomocą czytników mikroplątek: czytnika nr 1 oraz czytnika nr 2. Poszczególne zestawy filtrów umieszczono w specjalnej płytce, która umożliwia jednoczesny pomiar zestawu filtrów, każdy w dwóch miejscach. Płytke umieszczono w czytniku nr 1, a następnie w czytniku nr 2 i wyznaczono $D(\lambda)$ i $\tau(\lambda)$ przy wybranych długościach fali. Następnie filtry umieszczano kolejno w kuwecie czytnika nr 2 i mierzono ich $D(\lambda)$ przy wybranych długościach fali. Każdy pomiar $D(\lambda)$ na płytce i w kuwecie powtórzono 5 razy. Jako wynik wzięto średnią arytmetyczną wszystkich pomiarów dokonanych na poszczególnych aparatach.

Dla zestawu G-250 pomiarów dokonano przy długościach fali λ /nm: 880; 820; 800; 750; 725; 650; 620; 585; 550; 520; 470; 450; 436; 410; 405, natomiast zestaw filtrów napylanych 27873 zmierzono przy długościach fali λ /nm: 900; 820; 750; 635; 620; 590; 550; 546; 500; 465; 450; 405; 400; 375; 360; 340; 280; 250; 235.

Wyznaczone wartości transmitancji i absorbancji porównano z wartościami z aktualnych świadectw wzorcowania wystawionych przez Główny Urząd Miar. Dla zestawu wzorców napylanych dokonano porównania z aktualnym certyfikatem wystawionym przez producenta.



W tab. 3 i 4 zestawiono względne procentowe odchylenia pomiędzy wartościami wyznaczonymi dla $\tau(\lambda)$ lub $D(\lambda)$ za pomocą wzorca pierwotnego i czytnika mikro płytek. Odchylenie wyznaczono ze wzoru 1 lub 2.

$$U_{\text{wzgl.max.}\tau} = 100 \cdot \frac{\tau(\lambda)_{\text{zmierzone}} - \tau(\lambda)_{\text{Cary 5000}}}{\tau(\lambda)_{\text{Cary 5000}}} \quad (1)$$

$$U_{\text{wzgl.max.D}} = 100 \cdot \frac{D(\lambda)_{\text{zmierzone}} - D(\lambda)_{\text{Cary 5000}}}{D(\lambda)_{\text{Cary 5000}}} \quad (2)$$

Tab. 3. Odchylenie względne w procentach pomiędzy wartościami transmitancji, wyznaczonych za pomocą spektrofotometru Cary 5000 a czytnikami mikro płytek dla zestawu G-250 przy wybranych długościach fali. Względna niepewność pomiaru $U_{\text{wzgl.max}}$ w procentach wyznaczona dla zestawu G-250 zmierzonego spektrofotometrem Cary 5000.

λ/nm	G-250 I	G-250 II	G-250 III	G-250 IV
$U_{\text{wzgl.max.}\tau}$	0,91	0,67	0,45	0,38
Czytnik nr 1 – płytka				
820	-0,07	0,36	0,46	0,58
750	0,38	0,63	0,52	0,65
620	0,55	0,59	0,28	0,42
550	0,61	0,62	0,23	0,39
450	2,24	1,72	0,95	0,77
405	0,00	0,27	-0,60	-0,05
Czytnik nr 2 – płytka				
880	-0,09	0,04	0,04	-0,03
820	0,14	0,43	0,37	0,18
800	0,13	0,24	0,05	-0,10
750	0,55	0,75	0,41	0,19
725	0,53	0,52	0,15	-0,12
650	0,54	0,50	0,11	-0,07
620	0,47	0,55	0,04	-0,14
585	0,66	0,61	0,09	-0,04
550	0,54	0,66	0,05	-0,08
520	0,48	0,60	-0,07	-0,11
470	0,75	0,92	-0,12	-0,07
450	0,00	0,45	-0,30	-0,13
436	0,45	0,69	-0,20	-0,05
410	0,78	0,91	-0,08	0,08
405	0,57	0,76	-0,04	0,08
Czytnik nr 2 – kuweta				
880	0,35	0,17	0,25	-0,03
820	0,55	0,54	0,53	0,25
800	0,57	0,31	0,19	-0,03
750	0,71	0,56	0,41	0,16
725	0,64	0,34	0,16	-0,07

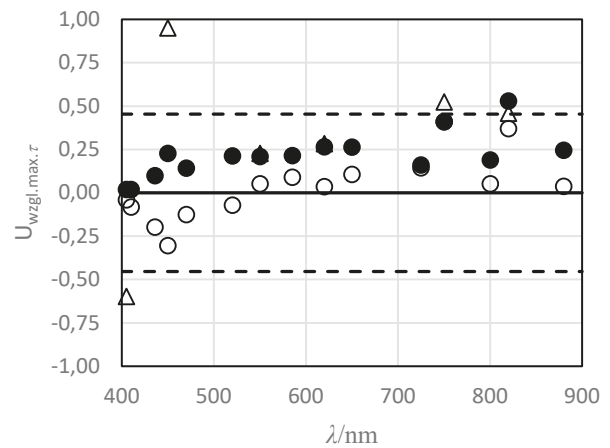
λ/nm	G-250 I	G-250 II	G-250 III	G-250 IV
$U_{\text{wzgl.max.}\tau}$	0,91	0,67	0,45	0,38
650	0,84	0,47	0,26	0,00
620	0,78	0,51	0,27	0,04
585	0,83	0,49	0,21	0,04
550	0,77	0,54	0,21	0,03
520	0,80	0,64	0,21	0,28
470	0,82	0,88	0,14	0,26
450	0,75	0,90	0,23	0,27
436	0,63	0,61	0,10	0,20
410	0,78	0,73	0,02	0,17
405	0,57	0,58	0,02	0,15

Tab. 4. Odchylenie względne w procentach pomiędzy wartościami absorbancji, wyznaczonych za pomocą spektrofotometru Cary 5000 a certyfikatem producenta oraz czytnikami mikro płytek dla zestawu wzorców napylanych przy wybranych długościach fali. Wyznaczona względna niepewność pomiaru $U_{\text{wzgl.max}}$ w procentach dla zestawu filtrów napylanych zmierzonych spektrofotometrem.

λ/nm	76372	77515	76190	45839	75272
$U_{\text{wzgl.max.D}}$	0,94	1,24	1,74	2,90	20,19
Certyfikat					
900	0,71	-0,18	-0,69	-0,98	-6,01
635	-0,15	0,06	-0,19	-0,39	-5,46
590	-0,15	0,06	-0,19	-0,39	-5,47
546,1	-0,16	0,04	-0,23	-0,36	-5,33
500	-0,17	0,06	-0,24	-0,34	-5,21
465	-0,19	0,04	-0,26	-0,30	-5,08
400	-0,21	0,09	-0,24	-0,22	-4,70
360	-0,17	0,04	-0,42	0,01	-3,92
340	-0,16	0,14	-0,34	0,16	-3,55
280	-0,21	0,24	-0,39	0,13	-3,98
250	-0,19	0,29	-0,38	0,15	-3,47
235	-0,18	0,29	-0,42	0,10	-3,52
Czytnik nr 1 – płytka					
820	-1,26	-1,38	-0,81	-1,74	-8,98
750	-1,14	-1,29	-0,82	-1,58	-8,95
620	-0,90	-1,07	-0,62	-1,35	-9,15
550	-0,77	-0,98	-0,67	-1,40	-9,04
450	-0,60	-0,81	-0,65	-1,29	-9,38
405	-0,54	-0,72	-0,66	-1,34	-9,83
375	-0,56	-0,92	-0,95	-1,72	-11,02
340	-0,53	-0,99	-1,19	-1,68	-11,61
Czytnik nr 2 – płytka					
900	0,67	-1,43	-1,74	1,29	-4,13

λ/nm	76372	77515	76190	45839	75272
$U_{\text{wzgl.max.D}}$	0,94	1,24	1,74	2,90	20,19
820	-0,09	-1,68	-1,82	1,61	-5,88
750	0,05	-1,69	-1,91	1,71	-6,17
635	0,09	-1,63	-2,02	1,90	-3,40
620	0,12	-1,67	-1,91	1,69	-3,66
590	0,13	-1,64	-2,02	1,95	-3,07
550	0,12	-1,62	-1,91	1,54	-2,71
546	0,16	-1,60	-1,93	1,47	-2,11
500	0,13	-1,61	-2,05	1,54	0,30
465	0,11	-1,61	-2,00	1,57	1,20
450	0,11	-1,61	-1,91	1,20	-0,29
405	0,06	-1,58	-1,93	0,85	-0,58
400	0,02	-1,62	-2,06	1,08	0,58
375	0,01	-1,53	-1,87	0,50	-1,69
360	0,03	-1,59	-2,10	0,83	0,57
340	-0,01	-1,56	-2,05	0,68	-0,57
280	-0,17	-1,44	-2,04	-0,47	-1,82
250	-0,19	-1,37	-2,05	-0,90	-3,41
235	-0,40	-1,22	-2,11	-1,03	-4,20
Czytnik nr 2 – kuweta					
900	0,71	-0,03	-0,90	-0,06	-1,59
820	-0,38	-0,19	-1,03	-0,81	-2,17
750	-0,38	-0,23	-1,04	-0,85	-3,09
635	-0,47	-0,30	-1,32	-0,69	-4,63
620	-0,48	-0,49	-1,20	-0,92	-5,49
590	-0,46	-0,50	-1,33	-0,77	-3,99
550	-0,48	-0,54	-1,32	-1,02	-5,72
546	-0,44	-0,52	-1,31	-1,06	-5,72
500	-0,47	-0,59	-1,44	-0,85	-4,53
465	-0,48	-0,64	-1,51	-0,84	-4,49
450	-0,46	-0,61	-1,47	-1,14	-6,16
405	-0,51	-0,69	-1,59	-1,19	-5,78
400	-0,52	-0,72	-1,71	-0,89	-4,39
375	-0,63	-0,83	-1,74	-1,37	-5,65
360	-0,56	-0,96	-2,04	-0,83	-3,45
340	-0,49	-0,93	-2,00	-0,76	-3,40
280	-0,60	-1,38	-1,60	-1,03	-3,38
250	-0,31	-1,33	-2,31	-0,88	-2,68
235	-0,43	-1,22	-2,31	-0,94	-3,03

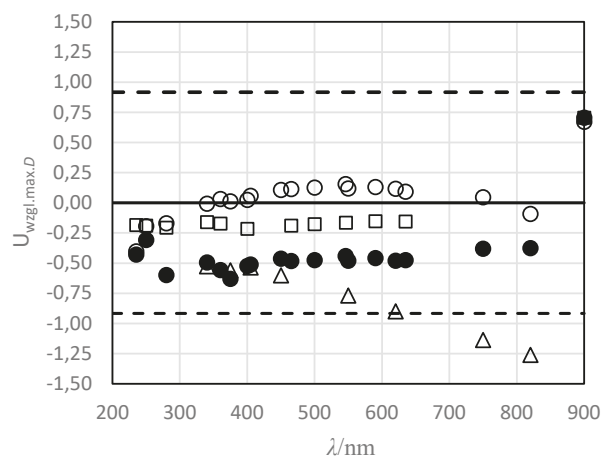
Na rys. 1 i 2 zaprezentowano względne odchylenie w procentach pomiędzy wartościami widmowych współczynników przepuszczania oraz jego gęstości optycznej, wyznaczonych za pomocą spektrofotometru Cary 5000, a czytnikami mikropłytek dla wybranych filtrów przy danej długości fali.



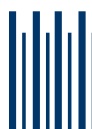
Rys. 1. Względne odchylenie w procentach pomiędzy wartościami transmitancji, wyznaczonych za pomocą spektrofotometru Cary 5000, a czytnikami mikropłytek: Δ – czytnik nr 1 – płytka, \circ – czytnik nr 2 – płytka, \bullet – czytnik nr 2 – kuweta dla wzorca G-250-III, przy wybranych długościach fali. Linia przerywaną zaznaczono względną niepewność pomiaru w procentach dla wybranego wzorca.

Średnie względne odchylenie pomiędzy wartościami transmitancji, zmierzonymi za pomocą spektrofotometru Cary 5000 a czytnikami mikropłytek dla zestawu wzorców napylanych jest najniższe dla pomiarów dokonanych za pomocą płytki na czytniku nr 2 i wynosi 1,1 %, najwyższe dla czytnika nr 1 (ok. 1,6%). Najniższą różnicę dla pomiarów $\tau(\lambda)$ dla wzorców napylanych zaobserwowano dla wzorca 45839. Wynosi ona 0,3 %, natomiast najwyższa dla wzorca 77515 – 2,4 %.

Średnie odchylenie pomiędzy wartościami $D(\lambda)$ zmierzonymi za pomocą spektrofotometru Cary 5000, a czytnikami mikropłytek dla zestawu wzorców napylanych



Rys. 2. Względne odchylenie w procentach pomiędzy wartościami gęstości optycznych widmowych współczynnika przepuszczania, wyznaczonych za pomocą spektrofotometru Cary 5000 a czytnikami mikropłytek: Δ – czytnik nr 1 – płytka, \circ – czytnik nr 2 – płytka, \bullet – czytnik nr 2 – kuweta i certyfikatem – \square dla wzorca 76372 przy wybranych długościach fali. Linia przerywaną zaznaczono względną niepewność pomiaru w procentach dla wybranego wzorca.



jest najniższe dla pomiarów dokonanych za pomocą płytki czytelnika nr 2 i wynosi 0,9%, a najwyższe dla płytki czytelnika nr 1 (ok 2,8%). Najniższą różnicę dla pomiarów $D(\lambda)$ dla wzorców napyłanych zaobserwowano dla wzorca 76372. Wynosi ona 0,4%, najwyższą natomiast stwierdzono dla wzorca 75272 – 5%.

Średnia różnica $\tau(\lambda)$ i $D(\lambda)$ dla zestawu wzorców napyłanych pomiędzy pomiarami dokonanymi na spektrofotometrze najwyższego rzędu a certyfikatem dostarczonym razem z filtrami wynosi odpowiednio 0,2% i 1%.

Dla zestawu filtrów szarych G-250 najniższe średnie odchylenie pomiędzy wartościami $\tau(\lambda)$ i $D(\lambda)$, zmierzonymi za pomocą spektrofotometru Cary 5000, a czytnikami zaobserwowano dla pomiarów dokonanych na płycie czytelnika nr 2: 0,03% i 0,08%, a najwyższe dla czytelnika nr 1: 0,5% i 1,3%. Wszystkie wzorce szare wykazują dość podobne odchylenie dla wartości widmowego współczynnika transmitancji i absorpcji i wahają się od 0,2% do 0,6%.

Nie zaobserwowano wyraźnego wpływu zakresu długości fali na różnicę w pomiarach.

Wnioski

Przedstawione wyniki są fazą wstępną przewidzianego na najbliższe lata projektu. Badania miały za zadanie sprawdzić, jak w zależności od badanego aparatu, długości fali oraz wzorca kształtuje się różnica pomiędzy wartościami transmitancji i absorpcji, zmierzonej na spektrofotometrze najwyższego rzędu, a pomiarami uzyskanymi z dwóch czytników mikropłyt. Większość z uzyskanych różnic nie przekracza wartości względnych

niepewności pomiaru użytych wzorców. Przekroczenia, odnotowane zwłaszcza dla filtrów napyłanych, będą przedmiotem dalszych pomiarów, w których niezbędne wydaje się udoskonalenie warunków pomiarowych. Deklarowane niepewności są wynikiem błędów, wynikających m.in. z niedokładności przyrządu, nieliniowości i różnicy temperatury. Docelowo przewiduje się wyznaczenie dla czytników mikropłyt nowego budżetu niepewności, który będzie brał pod uwagę dodatkowe parametry charakterystyczne dla specyfiki pomiarowej tych przyrządów.

Literatura

- [1] Nowicka-Jankowska T., Wieteska E., Gorczyńska K., Michalik A., Spektrofotometria UV-VIS w analizie chemicznej, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1988.
- [2] Gębicka J., Rębecka A., Żórawski A., Wzorcowanie Spektrofotometrów – Źródła Błędów (Cz. 1). Prace Instytutu Elektrotechniki, zeszyt 237, 2008.
- [3] Weiland G., (1978-11-03). “[The enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)--a new serodiagnostic method for the detection of parasitic infections (author's transl)]”. *MMW, Munchener Medizinische Wochenschrift*. 120 (44).
- [4] Materiał wytworzony przez Zakład Optyki na użytek GUM.
- [5] <https://www.starna.com/uv-absorbance>
- [6] <https://www.agilent.com/en/products/uv-vis-uv-vis-nir/uv-vis-uv-vis-nir-systems/cary-5000-uv-vis-nir>

Powyższy artykuł jest tekstem referatu (z drobnymi zmianami redakcyjnymi), przygotowanego na LI Międzyuczelnianą Konferencję Metrologów MKM '2019 i opublikowanego w Zeszytach Naukowych Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej Nr 66.

Wpływ harmonicznych napięcia na dokładność wskazań laboratoryjnych urządzeń pomiarowych

The effects of voltage harmonics on accuracy of indications of laboratory measuring instruments

Przemysław Zazula (Okręgowy Urząd Miar w Poznaniu)

W artykule omówiono możliwy wpływ braku oceny jednego z parametrów, traktowanych jako odniesienie podczas pomiarów, na sposób funkcjonowania systemu zapewniającego spójność pomiarową. W artykule ograniczono się do przyrządów mierzących energię elektryczną, zasilającą odbiorniki z różnych źródeł zewnętrznych, sieci energetycznej, przypadkowego UPS, zastępczego zasilacza sieciowego. Przedstawiono i oceniono wpływ zniekształceń wprowadzanych przez przykładowe źródła zasilania.

The article discusses the possible impact of the lack of evaluation of one of the parameters treated as a reference during measurements on the system that ensures metrological traceability. The article is limited to instruments measuring electricity supplying loads from various external sources, power grid, accidental UPS, replacement power supply. The impact of distortions introduced by sample power sources was presented and evaluated.

Słowa kluczowe: spójność pomiarowa, harmoniczne napięcia, zasilanie sieciowe.

Keywords: metrological traceability, voltage harmonics, power supply.

Skala problemu, ilość wzorcowań w kraju

Na podstawie danych z publikacji GUM „POLSKA ADMINISTRACJA MIAR – VADEMECUM” [1] skalę obszarów obejmowanych różnymi działami metrologii można ocenić analizując liczbę wzorcowanych przyrządów pomiarowych. Z uproszczonych szacunków wynika, że za pomocą każdego z około 30 000 wzorcowanych co roku w Głównym Urzędzie Miar dla laboratoriów przemysłu i terenowej administracji miar wzorców lub przyrządów pomiarowych wykonuje się w tychże laboratoriach rocznie od 100 do 500 kolejnych wzorcowań użytkowych przyrządów pomiarowych. Daje to $3 \div 15$ milionów wzorcowań. W tym samym okresie, za pomocą wyżej wymienionych przyrządów pomiarowych wykonuje się, we wszystkich działach gospodarki, średnio około 1000 pomiarów wyrobów końcowych, ich elementów lub podzespołów. W efekcie, w polskiej gospodarce wykonywanych jest rocznie od 3 do 15 miliardów różnego rodzaju pomiarów.

Postęp technologiczny i jego wpływ na dokładność pomiarów

Postęp technologiczny pociąga za sobą zmianę konstrukcji przyrządów pomiarowych praktycznie we wszystkich dziedzinach życia. Elementy metalowe w wagach,

chemiczne w czujkach dymu, elementy ruchome ustrojów pomiarowych mierników elektrycznych zastępuje zminiaturyzowana elektronika. W przyrządach zmienia się struktura wewnętrznych układów pomiarowych, wprowadza się nowe rodzaje przetworników. Zasilanie bateryjne zastępują zasilacze sieciowe, a te dalej modyfikowane w celu obniżenia ceny i zużycia energii elektrycznej – w zasilacze sieciowe „impulsowe”.

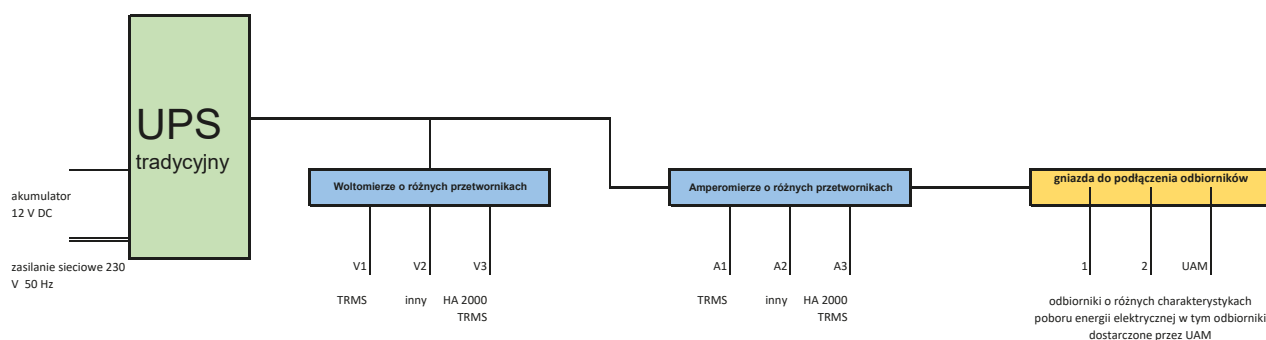
Analizując sytuację na rynku można przyjąć, że większość pomiarów przeprowadzono przy pomocy przyrządów zasilanych z sieci energetycznej, zasilacza sieciowego lub UPS.

Dokładność pomiaru w nowej elektronicznej rzeczywistości

Obok podstawowych parametrów odniesienia, takich jak temperatura, wilgotność, wysokość n.p.m., pole magnetyczne można wskazać również inne parametry odniesienia, w tym charakteryzujące odkształcenia sygnału zasilającego.

Część elektronicznych urządzeń, w sposób niezauważalny deformując sygnał zasilający, wpływa na obiekty podłączone do tej samej instalacji zasilającej. Powstają pytania: czy układy przyrządów pomiarowych są na takie zniekształcenia odporne, czy nie zmienia się wartość wielkości mierzonej, czy „elektronika” w zależności od

Schemat elektryczny układu pomiarowego

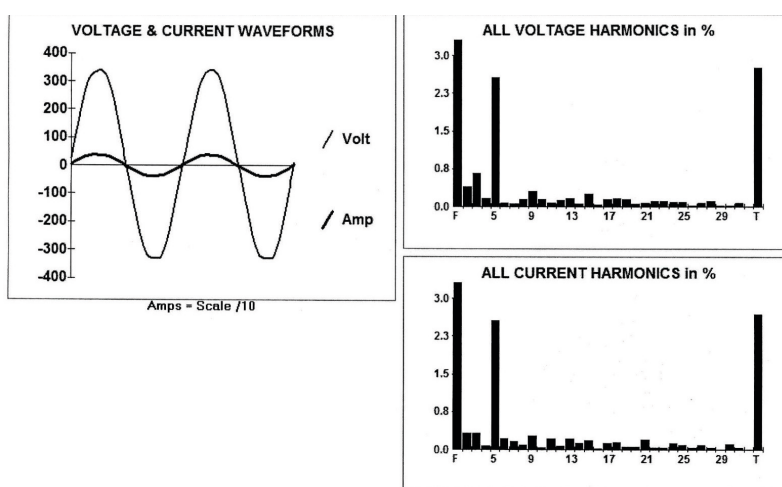


Rys. 1. Zasilanie przyrządów w laboratorium

zastosowania i potrzeb wyposażana w przetworniki, jest jednoznaczna. W celu odpowiedzi na powyższe pytania wybrano do oceny multimetry o różnych przetwornikach i dokonano kilku pomiarów zgodnie z poniższym schematem (rys. 1):

Przypadek 1

Zasilanie sieciowe w laboratorium. Odbiornik o rezystancyjnej charakterystyce obciążenia (tradycyjna żarówka). Analizy dokonano analizatorem firmy Amprobe HA 2000, stanowiącym własność OUM w Poznaniu, a wyniki przedstawiono na rys. 2 i w tab. 1.



Rys. 2. Analiza harmonicznego sygnału sieciowego w laboratorium

Tab. 1. Analiza harmonicznego sygnału sieciowego w laboratorium

VOLTAGE ODD HARMONICS				CURRENT ODD HARMONICS				TOTALS		
H	%	RMS	Angle	H	%	RMS	Angle	Voltage	Current	
1	100.0	242.83	+0	1	100.0	2.72	+0	Total	242.92	2.72 rms
3	0.7	1.60	+118	3	0.3	.01	-98	Peak	334.27	3.75
5	2.6	6.24	-159	5	2.6	.07	-162	Avg.	217.31	2.43
7	0	0		7	0.2	.00	+43	DC	2.68	.00
9	0.3	.76	-106	9	0.3	.01	-114	Crest	1.38	1.38
11	0	0		11	0.2	.01	+49	Form	1.12	1.12
13	0.2	.40	-140	13	0.2	.01	-126	F Freq	50.04	50.06 Hz
15	0.3	.63	-114	15	0.2	.00	-114	Fund.	242.83	2.72 rms
17	0.1	.34	-138	17	0.1	.00	-180	Harm.	6.70	.07 rms
19	0.1	.34	-149	19	0	0		THD %	2.76	2.7%
21	0	0		21	0.2	.01	-144	K Fctr	1.03	1.03
23	0.1	.27	-90	23	0	0				
25	0	0		25	0	0				
27	0	0		27	0	0				
29	0	0		29	0	0				
31	0	0		31	0	0				
Trip.	0.8	1.98		Trip.	0.6	.02				
Odd	2.7	6.56		Odd	2.6	.07				
Even	0.6	1.35		Even	0.5	.01				
THD	2.8	6.70		THD	2.69	.07				

Ocenie poddano napięcie. Wartości wskazane napięcia zasilającego zmierzono dwoma multimetrami produkowanymi przez firmę Brymen typu BM 859CF i BM805, stanowiącymi własność OUM w Poznaniu.

Poniżej wartości:

- BM 859CF 229,7 V, (TRMS)
- BM 805 229,8 V.

Z analizy wynika, że parametr charakteryzujący odkształcenie przebiegu napięcia przyjmuje wartość: THD% = 2,76.

Przypadek 2

Przy braku napięcia sieciowego, odbiornik zasilono z UPS. W tym przypadku odbiornikiem jest energooszczędna żarówka – wyposażona w przetwornicę.

Analizę przeprowadzono analizatorem firmy Amprobe HA 2000, stanowiącym własność OUM w Poznaniu, której wyniki przedstawiono na rys. 3 i w tab. 2.

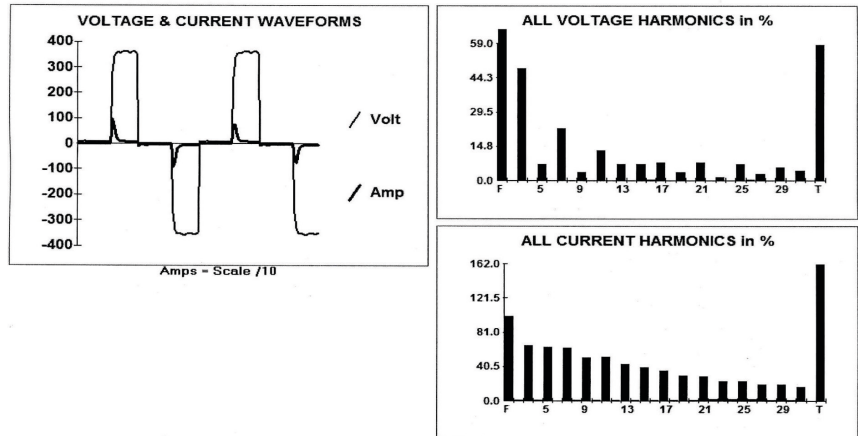
Ocenie dalszej poddano jeden z parametrów energii elektrycznej (mniej odkształcony) – napięcie. Wartości wskazane napięcia zasilającego zmierzono dwoma multimetrami j/w, poniżej wartości:

- BM 859CF 229,0 V, (TRMS)
- BM 805 176,7 V.

Z analizy wynika, że parametr charakteryzujący przebieg napięcia przyjmuje wartość: THD% = 58,41 %,

Wniosek z powyższych analiz

Charakterystyka pracy przetwornika, odpowiadającego za pomiary wykazaną aparaturą pomiarową, ma znaczący wpływ na wartość wskazaną. W tym przypadku przyrząd – multimetr – BM 859CF należał do grupy przyrządów wyposażonych w przetwornik TRMS. Wpływ



Rys. 3. Analiza harmonicznego sygnału z UPS

odkształcenia sygnału na wartość wskazaną napięcia sieciowego praktycznie nie był zauważalny.

W drugim przypadku przyrząd mierzy wartość średnią napięcia, a poprzez „aparat matematyczny” podaje wartość skuteczną. Odkształcenie sygnału może

Tab. 2. Analiza harmonicznego sygnału z UPS

VOLTAGE ODD HARMONICS				CURRENT ODD HARMONICS				TOTALS	Voltage	Current
H	%	RMS	Angle	H	%	RMS	Angle	Total		
1	100,0	198,36	+0	1	100,0	1,00	+0	Peak	229,72	1,91 rms
3	48,2	95,70	+81	3	65,5	,66	+145	Avg.	359,61	9,59
5	7,2	14,26	-6	5	63,4	,64	-48	DC	154,59	,79
7	22,6	44,74	+68	7	62,6	,63	+97	Crest	4,61	,05
9	3,7	7,24	+130	9	51,0	,51	-106	Form	1,57	5,03
11	13,1	25,99	+58	11	52,1	,52	+48	F Freq	1,49	2,40
13	7,2	14,22	+131	13	43,3	,43	-160	Fund.	49,83	49,86 Hz
15	7,0	13,81	+53	15	39,8	,40	+2	Harm.	198,36	1,00 rms
17	7,8	15,47	+122	17	36,0	,36	+153	THD %	115,87	1,62 rms
19	3,5	6,86	+61	19	29,7	,30	-44	K Fctr	58,41	161,7%
21	7,6	15,07	+115	21	29,2	,29	+112		16,93	113,32
23	1,4	2,71	+102	23	23,4	,23	-87			
25	7,0	13,86	+111	25	22,8	,23	+77			
27	2,8	5,47	+161	27	19,2	,19	-123			
29	5,6	11,15	+108	29	18,9	,19	+51			
31	4,3	8,44	+168	31	16,9	,17	-151			
Trip.	49,5	98,28		Trip.	98,5	,99				
Odd	58,4	115,86		Odd	161,6	1,62				
Even	0,6	1,24		Even	5,3	,05				
THD	58,4	115,87		THD	161,72	1,62				

doprowadzić do różnic zmierzonych wartości, w tym przypadku różnica wynosi około 50 V. Producenci nie ukrywają tego typu rozwiązań, nasuwa się jednak pytanie, czy mechanik, chemik, lub elektryk, wykorzystujący w swojej działalności przyrząd do pomiaru przykładowego napięcia sieciowego, potrafi to zinterpretować.

Należy rozróżnić dwa przypadki. Pierwszy, to wpływ jakości napięcia zasilającego na odbiornik. Drugi, to wpływ kształtu napięcia na wartość zmierzona przez przyrząd pomiarowy.

Przykłady informacji z instrukcji producentów przedstawiono w tab. 3.

Tab. 3. Informacje z instrukcji obsługi multimetru cyfrowego

B. Pomiar napięcia zmiennego AC

Zakres	Rozdzielczość	Błąd	Zabezpieczenie przeciążeniowe
6.600 V	1 mV	±(1.2 % + 5)	600 V DC/AC
66.00 V	10 mV	±(1.2 % + 5)	
600.0 V	100 mV	±(1.2 % + 5)	

Uwaga:

- Impedancja wejściowa: 10 MΩ.
- Zakres częstotliwości mierzonego prądu: 40 Hz–400 Hz.
- Metoda połączenia AC i True RMS; Jeśli mierzony prąd nie jest sinusoidalny, to przy odczycie należy zastosować korektę: Gdy współczynnik wartości szczytowej (pik) do wartości RMS wynosi:
 - 1.4–2.0, dodaj 1.0 % do błędów dla tego zakresu,
 - 2.0–2.5, dodaj 2.5 % do błędów dla tego zakresu,
 - 2.5–3.0, dodaj 4.0 % do błędów dla tego zakresu.

W przeprowadzonych analizach parametrem charakteryzującym sygnał (zasilający – sieciowy) był współczynnik zawartości harmonicznych.

Zaprezentowane pomiary i analizy wykonano miernikiem zniekształceń nieliniowych – analizatorem parametrów sieci zasilającej firmy AMPROBE, typ HA-2000 o numerze fabrycznym 422147, wraz z cęgamami HACT-2 przy współudziale komputera z programem HarmonaLink II Version 2. Poniżej przedstawiono algorytm, według którego analizowany jest sygnał, algorytm podawany przez producenta przyrządu:

$$THD_{\%} = \sqrt{\sum_{n=2}^{n=31} \left(\frac{X_n}{X_1}\right)^2} \times 100 \% \quad (1)$$

n – numer harmonicznej,
 X_1 – wartość skuteczna 1 harmonicznej (podstawowej),
 X_n – wartość skuteczna n -tej harmonicznej.

Przyrząd wykorzystuje zależności trygonometryczne szeregu Fouriera. Umożliwia rozłożenie dowolnej funkcji okresowej, na sumę funkcji trygonometrycznych. W przypadku sygnałów sieciowych są to składowe harmoniczne

o częstotliwości, będącej całkowitą krotnością częstotliwości podstawowej.

Obecnie występują różne algorytmy oceny współczynnika zawartości harmonicznych.

„Harmoniczne” mogą być charakteryzowane:

- przez ich względną amplitudę porównywaną do napięcia składowej podstawowej U_1 , gdzie n jest rzędem harmonicznej, oznaczona „F”,
- przez współczynnik odkształcenia wszystkimi harmonicznymi napięcia zasilającego THD, oznaczona „R”.

W każdym przypadku możliwa jest różna ilość ocenianych składowych harmonicznych.

Algorytmy obliczania:

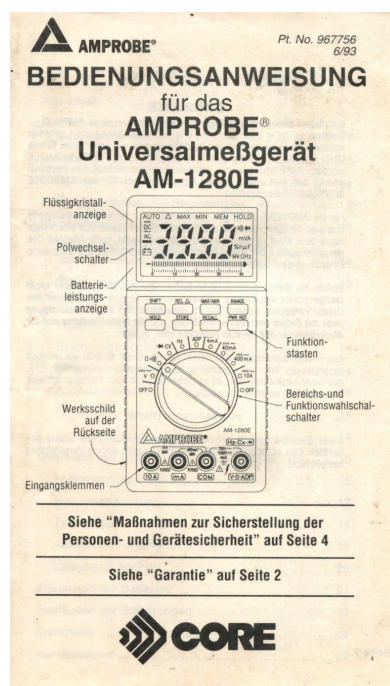
„F”

$$THD_{F\%} = \sqrt{\sum_{n=2}^{n=40} \left(\frac{X_n}{X_1}\right)^2} \times 100 \%, \text{ inne alg. } n = 19, 31, 50$$

„R”

$$THD_{R\%} = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{n=64} (X_n)^2}{\sum_{n=1}^{n=64} (X_n)^2}} \times 100 \%, \text{ inne alg. } n = 51 \quad (2)$$

n – numer harmonicznej,
 X_1 – wartość skuteczna 1 harmonicznej (podstawowej),
 X_n – wartość skuteczna n -tej harmonicznej.



Rys. 4. Instrukcja obsługi multimetru cyfrowego AMPROBE model AM-1280E

Zależności pomiędzy definicjami THD

$$\text{THD}_R = \frac{\text{THD}_F}{\sqrt{1 + \text{THD}_F^2}} \quad (3)$$

W celu uniknięcia nieporozumień przy interpretacji wyników, algorytm liczenia wartości THD przez przyrząd jest każdorazowo umieszczany w dokumentacji przyrządu lub świadectwie wzorcowania wraz z ilością składowych rozkładu.

Algorytm liczenia wartości THD występuje również „z drugiej strony” – w wymaganiach i przepisach, w tym przepisach metrologicznych. Np. podczas legalizacji liczników energii elektrycznej osoby pracujące w punktach legalizacyjnych dokonują stałej oceny tego parametru. W przypadku innych algorytmów powszechna powinna być praktyka przeliczenia wartości wskazanej przez przyrząd na przyjętą w konkretnych przepisach.

Podsumowanie

Część elektronicznych urządzeń w sposób niezauważalny „odkształca” sygnał zasilający. Ma to wpływ na podatne obiekty podłączone do tej samej instalacji zasilającej, w tym aparaturę pomiarową.

Na przykładzie wykazano, że część przyrządów pomiarowych na takie zniekształcenia nie jest odporna, zmienia się wartość wielkości mierzonej (U , I). Podobny przypadek może zaistnieć w sytuacji zmiany zasilacza zewnętrznego z analogowego na cyfrowy – impulsowy.

Aparatura pomiarowa, pracując w środowisku sygnałów innych niż przewidział producent, może zachowywać się nieprzewidywalnie. Odkształcony sygnał zasilający aparaturę może wpłynąć na wartość wskazaną wielkości elektrycznej, masy, ciśnienia i innych.

Z problemem tym spotkano się wielokrotnie, stwierdzono:

- przy ocenie uszkodzonego systemu informatycznego, podczas pomiaru wartości napięcia zasilającego multimetrem, wartość 230 V_{AC} , w rzeczywistości wynosiła 286 V_{AC} (pomiar TRMS);
- przy ocenie wyrobu dopuszczanego do dystrybucji, podczas badań „kwalifikujących” w laboratorium badawczym, błędy wskazań wielkości elektrycznych przekraczały 30 %. Pomiary dokonywane były w laboratorium przyrządami analogowymi w sytuacji, gdy przetwornice wprowadzały odkształcenie;
- przy pomiarze wartości natężenia prądu w sieci energetycznej, odpowiadającej za oświetlenie biurowca i domu handlowego, po zainstalowaniu energooszczędnego oświetlenia część instalacji energetycznej przy transformatorze zasilającym przepaliła się. Po naprawie, podczas pomiaru w przewodzie neutralnym, wartość natężenia prądu zmierzona wyniosła 100 A, w rzeczywistości wynosiła 280 A AC (pomiar TRMS).

Dla wykonywanych wzorcowań istotne znaczenie ma jakość parametrów sygnału ocenianego i sieci zasilającej. W celu jej monitorowania powinno się montować odpowiednie urządzenia sygnalizacyjne. Zminimalizowanie błędów wskazań uzyskujemy poprzez odpowiedni dobór przyrządów pomiarowych.

Literatura

- [1] POLSKA ADMINISTRACJA MIAR – VADEMECUM. Wydawnictwo GUM, 2015.

Wzorcowanie przyrządów do pomiaru parametrów instalacji elektrycznych

Calibration of the instruments for measuring electrical installation parameters

Piotr Kwiatkowski, Renata Płackiewicz (Okręgowy Urząd Miar w Bydgoszczy)

W artykule przedstawiono ogólne informacje na temat wzorcowanych w Laboratorium Elektryczności Okręgowego Urzędu Miar w Bydgoszczy rodzajów przyrządów pomiarowych stosowanych do sprawdzania, pomiarów lub monitorowania środków ochronnych, zapewniających bezpieczeństwo elektryczne w niskonapięciowych sieciach elektroenergetycznych. Opisano stosowane do wzorcowania tych przyrządów pomiarowych metody wzorcowania oraz wyposażenie pomiarowe. Przedstawiono również, zgodnie z aktualnym zakresem akredytacji, możliwości pomiarowe laboratorium w tym obszarze.

The article describes general information regarding types of measuring instruments, being calibrated in the Electricity Laboratory of the Regional Office of Measures in Bydgoszcz, used for verification, measuring or monitoring protective measures electrical safety in low voltage power grids. The article presents the calibration methods and measurement equipment used for calibration of these protective measures. Laboratory measuring capabilities, consistent with current scope of accreditation, are also presented.

Słowa kluczowe: przyrządy pomiarowe, wzorcowanie.

Keywords: measuring instruments, calibration.

Wstęp

Zgodnie z ustawą z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane [1] instalacje elektryczne i piorunochronne powinny być w czasie ich użytkowania poddawane badaniom sprawdzającym. Art. 62 p. 1. tej ustawy stanowi, że obiekty budowlane powinny być w czasie ich użytkowania poddawane przez właściciela lub zarządcę kontroli okresowej co najmniej raz na 5 lat. Kontrola taka polega między innymi na wykonaniu badania instalacji elektrycznej i piorunochronnej w zakresie stanu sprawności połączeń, osprzętu, zabezpieczeń i środków ochrony od porażeń, oporności izolacji przewodów oraz uziemień instalacji i aparatów.

Wymagania dotyczące wykonywania sprawdzania odbiorczego i sprawdzania okresowego instalacji elektrycznych określa norma PN-HD 60364-6:2016-07 Instalacje elektryczne niskiego napięcia Część 6: Sprawdzanie (Low-voltage electrical installations – Part 6: Verification).

Oferta rynkowa przyrządów pomiarowych, służących do wykonywania tych obowiązkowych sprawdzeń, jest dość obszerna i obejmuje mierniki dedykowane do pomiaru pojedynczych wielkości elektrycznych, jak i przyrządy wielofunkcyjne.

Ogólne wymagania dotyczące urządzeń pomiarowych i monitorujących, przeznaczonych do sprawdzania

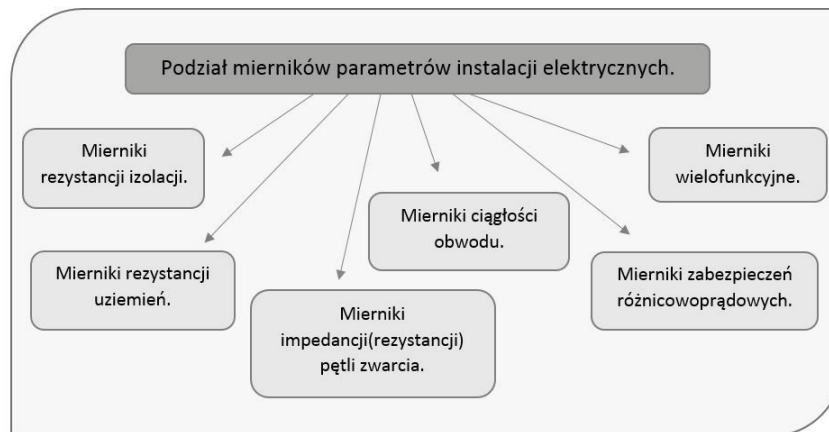
bezpieczeństwa elektrycznego w niskonapięciowych sieciach elektroenergetycznych o napięciach nominalnych przemiennych do 1000 V i stałych do 1500 V przedstawione są w normie PN-EN 61557-1:2009.

Ogólny podział stosowanych do tych pomiarów mierników, pod względem rodzajów mierzonych parametrów instalacji elektrycznych, przedstawiono na rys. 1.

Wielofunkcyjne mierniki instalacji elektrycznych umożliwiają wykonywanie pomiarów większej ilości różnych parametrów instalacji elektrycznych. Mierniki wielofunkcyjne mogą także posiadać funkcje pomiarowe i sprawdzające, jak np. funkcję sprawdzenia „prawidłowego wirowania faz”, pozwalającą na weryfikację właściwego podłączenia przewodów fazowych w instalacjach trójfazowych. Mierniki wielofunkcyjne, jak i mierniki dedykowane do pomiarów określonego parametru instalacji elektrycznej, często posiadają także funkcje pomiaru napięć i prądów, a także niskonapięciowego pomiaru rezystancji.

W opracowaniu nie odniesiono się do pokrewnych miernikom parametrów instalacji elektrycznych grup mierników, takich jak:

- mierniki bezpieczeństwa sprzętu elektrycznego (urządzeń elektrycznych),
- mierniki jakości zasilania.



Rys. 1. Podział mierników parametrów instalacji elektrycznych

Okręgowy Urząd Miar w Bydgoszczy specjalizuje się we wzorcowaniach różnego rodzaju mierników parametrów instalacji elektrycznych, takich jak:

- mierniki rezystancji izolacji,
- mierniki rezystancji pętli zwarcia,
- mierniki zabezpieczeń różnicowoprądowych,
- mierniki rezystancji uziemień i rezystywności gruntu,
- mierniki ciągłości obwodu,
- mierniki wielofunkcyjne.

Mierniki rezystancji izolacji

Wymagania dotyczące mierników do pomiaru rezystancji izolacji urządzeń i instalacji w stanie beznapięciowym określone zostały w normie PN-EN 61557-2:2007.

Izolacja jest jednym z najczęściej stosowanych elementów ochrony podstawowej (ochrony przed dotykiem bezpośrednim) i zapobiega przepływowi prądu rażącego w warunkach normalnej pracy instalacji elektrycznej przez uniemożliwienie dotknięcia części czynnych urządzeń elektrycznych, których napięcie robocze mogłoby wywołać zagrożenie porażeniowe.

Mierniki rezystancji izolacji możemy podzielić na dwie grupy:

- induktorowe,
- elektroniczne.

Mierniki induktorowe działają na zasadzie omiara szeregowego z magnetoelektrycznym ustrojem pomiarowym. Zasilanie prądem stałym układu pomiarowego odbywa się za pomocą wbudowanej prądnicy, która napędzana jest ręcznie, dzięki czemu miernik nie wymaga zasilania zewnętrznego.

Mierniki elektroniczne cechują się szerokim zakresem pomiaru rezystancji izolacji, osiągającym nawet 10 TΩ. Ważną cechą mierników nowej generacji jest

automatyczne rozładowanie sprawdzanych obiektów po zakończonym pomiarze.

Mierniki rezystancji pętli zwarcia

Wymagania, dotyczące mierników do pomiaru pętli zwarcia, określone zostały w normie PN-EN 61557-3:2007.

Skuteczną i najczęściej stosowaną metodą ochrony przeciwporażeniowej przy uszkodzeniu (ochrony przy dotyku pośrednim) jest stosowanie zabezpieczeń nadmiarowoprądowych. Głównym celem stosowania ochrony przy uszkodzeniu jest niedopuszczenie do porażenia prądem elektrycznym w przypadku uszkodzenia izolacji lub jej zniszczenia. Metoda ta polega na samoczynnym wyłączeniu zasilania w przypadku pojawienia się niebezpiecznego napięcia dotykowego na dostępnych elementach przewodzących urządzeń elektrycznych, połączonych z przewodem ochronnym sieci. W momencie pojawienia się na nich niebezpiecznego napięcia dotykowego, nastąpi przepływ prądu w obwodzie faza (L) – przewód ochronny (PE), zwanego prądem zwarciovym. Przepływ tego prądu o odpowiednio dużej wartości spowoduje zadziałanie wyłącznika nadmiarowoprądowego i wyłączenie zasilania. Warunkiem koniecznym zadziałania tego wyłącznika jest odpowiednio niska wartość impedancji (rezystancji) w obwodzie faza – przewód ochronny.

Podczas pomiaru pętli zwarcia metodą techniczną przyrząd pomiarowy robi „sztuczne zwarcie”, dokonując jednocześnie pomiaru napięcia bez obciążenia oraz podczas krótkotrwałego obciążenia rezystorem zwarciovym. Impedancja (rezystancja) pętli zwarcia jest wyliczona na podstawie różnicy zmierzonych napięć.

Niektóre modele mierników pozwalają również na precyzyjny pomiar impedancji (rezystancji) pętli zwarcia obwodów L-PE w sieciach zabezpieczonych dodatkowo wyłącznikami różnicowoprądowymi (RCD), nie

powodując zadziałania tych wyłączników dzięki odpowiednio niskiej wartości prądu zwarciovęgo.

Mierniki zabezpieczeń różnicowoprądowych

Wymagania dotyczące mierników stosowanych do sprawdzania skuteczności działania środków ochronnych, w postaci urządzeń zabezpieczenia różnicowo-prądowego (RCD), przez prawidłowe wyłączanie obwodów w sieciach TT, TN i IT, określone zostały w normie PN-EN 61557-6:2008.

Wyłączniki różnicowoprądowe stosowane są w instalacjach elektrycznych jako środek ochrony dodatkowej. Wyłącznik różnicowoprądowy zainstalowany jest w ten sposób, że przechodzą przez niego przewody fazowe (jeden w sieci jednofazowej, trzy w sieci trójfazowej) oraz przewód neutralny. Ponadto chroniony nim obwód odbiorczy ma wydzielony przewód ochronny PE. Gdy w zabezpieczanym obwodzie nie ma zakłóceń, to prąd w przewodzie fazowym jest równy prądowi w przewodzie neutralnym. W momencie wystąpienia różnicy tych prądów, co ma miejsce w przypadku np. przebicia izolacji przewodu fazowego do obudowy urządzenia, część prądu wpływa do przewodu ochronnego PE. W tym przypadku wystąpi różnica wartości między prądem płynącym w przewodzie fazowym a prądem płynącym w przewodzie neutralnym. Jeżeli różnica tych prądów osiągnie wartość progową, zależną od znamionowego prądu różnicowego $I_{\Delta n}$ wyłącznika, wówczas nastąpi zadziałanie wyłącznika i odłączenie zasilania od chronionego wyłącznikiem obwodu. Podstawowymi wielkościami mierzonymi przez mierniki zabezpieczeń różnicowoprądowych są czas oraz prąd zadziałania wyłącznika RCD.

Mierniki rezystancji uziemień

Wymagania, dotyczące mierników do pomiaru rezystancji uziemień prądem przemiennym, określone zostały w normie PN-EN 61557-5:2007.

Uziemienie jest jedną z podstawowych metod zabezpieczenia człowieka przed porażeniem elektrycznym. Wyróżnia się kilka rodzajów uziemień: uziemienia ochronne, robocze oraz odgromowe. Uziom to metalowa elektroda, którą umieszcza się w wilgotnej warstwie gruntu o możliwie małej rezystancji.

Przed wszystkim należy podkreślić znaczenie uziemienia ochronnego, zapewniającego galwaniczne połączenie dostępnych elementów przewodzących urządzeń elektrycznych z ziemią. W celu zapewnienia skutecznej ochrony przed porażeniem wartość rezystancji tego uziemienia powinna być skoordynowana z charakterystyką zabezpieczenia nadmiarowoprądowego obwodu zasilającego uziemione urządzenia.

Uziemienia robocze stosowane są dla zapewnienia prawidłowej pracy urządzeń elektrycznych, zarówno w warunkach zwykłych, jak i zakłóceńowych.

Osobną grupą uziemień są uziemienia odgromowe, służące do odprowadzenia do ziemi udarowych prądów wyładowań atmosferycznych. Do właściwego wykonywania pomiarów rezystancji uziemienia ochrony odgromowej konieczna jest znajomość zagadnień i wymagań przedstawionych w normach z serii PN-EN 62305, dotyczących ochrony odgromowej.

Pomiary rezystancji uziemienia dokonywane są prądem pomiarowym o częstotliwości zbliżonej do częstotliwości sieciowej. Pomiar rezystancji uziemień najczęściej jest przeprowadzany metodą techniczną 3-przewodową (3p) z wykorzystaniem elektrod: prądowej (H), napięciowej (S) i dodatkowo elektrody podłączanej pomiędzy badanym uziomem a zaciskiem (E) miernika. W celu wyeliminowania wpływu na wynik pomiaru rezystancji przewodu pomiarowego, łączącego miernik z uziemieniem, stosowana jest metoda 4-przewodowa (4p), zapewniająca wysoką dokładność pomiaru. Dodatkowy czwarty przewód łączy wówczas badany uziom z zaciskiem (ES) miernika. Przy pomocy sond pomocniczych pomiar można przeprowadzić do maksymalnie 50 k Ω .

Inną metodą pomiarową, umożliwiającą dokonanie pomiaru rezystancji uziemienia bez rozłączania złącza kontrolnego badanego uziomu, jest metoda 3-przewodowa z wykorzystaniem cęgów pomiarowych.

W przypadku gdy nie ma możliwości wbijania sond pomocniczych (np. w terenie mocno zurbanizowanym w centrum miasta) stosowana jest metoda dwucegowa. Niektóre modele mierników rezystancji uziemienia posiadają dodatkowo także funkcję pomiaru rezystywności gruntu. Wzorcowania dla tej funkcji pomiarowej w OUM w Bydgoszczy wykonywane są poza zakresem akredytacji PCA.

Mierniki ciągłości obwodu

Wymagania, dotyczące mierników rezystancji przewodów uziemiających i przewodów wyrównawczych (ciągłości obwodu), określone zostały w normie PN-EN 61557-4:2007.

Pomiar ciągłości elektrycznej dla przewodów ochronnych (uziemiających) i przewodów wyrównawczych powinien być wykonany prądem większym lub równym 200 mA. Dodatkowo, przy rozwartych zaciskach miernika, napięcie pomiarowe ma zawierać się w przedziale $(4 \div 24)$ V. Zakres pomiarowy mierników wynosi najczęściej od 0,12 Ω do 400 Ω . Ze względu na konieczność częstego stosowania przewodów pomiarowych o różnych długościach, niektóre modele mierników posiadają



funkcję AUTOZERO, pozwalającą na kalibrację przewodów pomiarowych.

Mierniki wielofunkcyjne

Wymagania, dotyczące mierników wielofunkcyjnych, określone zostały w normie PN-EN 61557-10:2013-11.

Wielofunkcyjne mierniki instalacji elektrycznych cieszą się wśród elektryków dużą popularnością, z uwagi na możliwość wykonywania jednym miernikiem, o niewielkich rozmiarach, pomiarów wielu podstawowych parametrów instalacji elektrycznych, takich jak: rezystancja izolacji, impedancja (rezystancja) pętli zwarcia, rezystancja uziemienia, rezystancja połączeń ochronnych i wyrównawczych, a także parametrów zabezpieczeń różnicowoprądowych (wyłączników RCD). Niektóre modele mierników wielofunkcyjnych posiadają także funkcje rejestrowania napięć przemiennych, pomiaru mocy, dokonania sprawdzenia właściwej kolejności faz itp.

Metody pomiarowe oraz wzorce odniesienia, stosowane w OUM w Bydgoszczy, do wzorcowania mierników parametrów instalacji elektrycznych

Ogólny widok stanowiska pomiarowego do wzorcowania mierników parametrów instalacji elektrycznych został przedstawiony na rys. 2.

Najważniejsze wzorce odniesienia, stosowane do wzorcowań poszczególnych rodzajów mierników instalacji elektrycznych, przedstawia rys. 3.

Wyznaczania błędów pomiaru wzorcowanych mierników parametrów instalacji elektrycznych dokonuje się przez bezpośrednie porównanie wskazań wzorcowanego miernika ze wskazaniami przyrządu pomiarowego, stosowanego do wzorcowania. Wielofunkcyjnymi



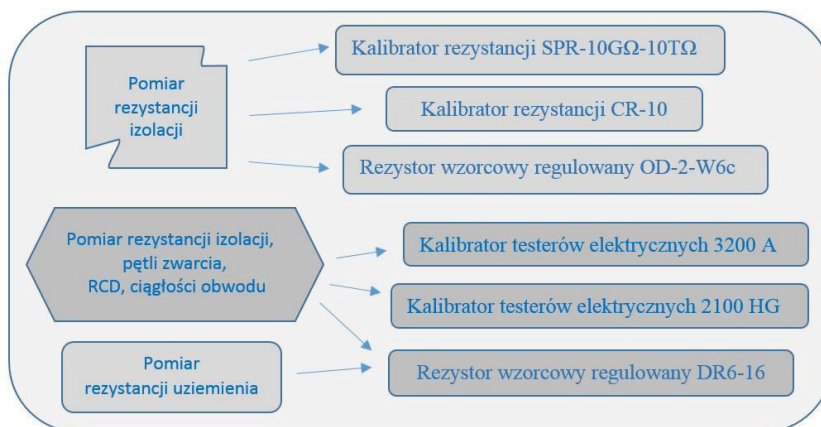
Rys. 2. Stanowisko do wzorcowania mierników parametrów instalacji elektrycznych

przyrządami pomiarowymi stosowanymi, jako wzorce do wzorcowania mierników instalacji elektrycznych, są dwa kalibratory testerów elektrycznych:

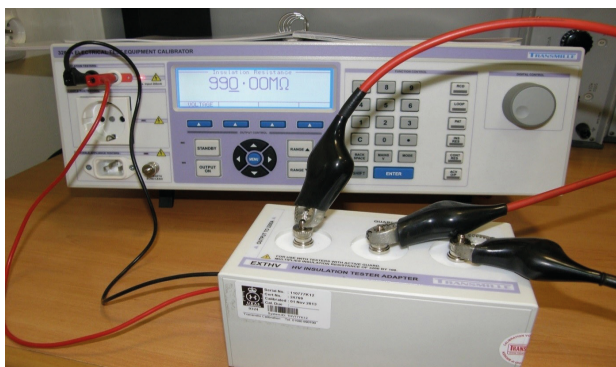
- kalibrator typ: 2100HG,
- kalibrator typ: 3200A.

Obydwa kalibratory są przyrządami wielofunkcyjnymi, dedykowanymi do wzorcowania mierników parametrów instalacji elektrycznych i umożliwiają dokonywanie wzorcowań: mierników zabezpieczeń różnicowoprądowych (RCD) (residual current devices), mierników rezystancji izolacji, mierników pętli zwarcia oraz mierników ciągłości obwodu, a także mierników bezpieczeństwa sprzętu elektrycznego (PAT) (portable appliance testers).

Stosowane kalibratory umożliwiają np. dokonywanie wzorcowań mierników zabezpieczeń różnicowoprądowych (RCD) zarówno dla pomiaru czasu, jak i prądu zadziałania wyłącznika różnicowoprądowego przy różnych wartościach znamionowego prądu różnicowego wyłącznika RCD. Kalibrator typ 3200A z przystawką EXTHV, rozszerzającą zakres dopuszczalnych napięć pomiarowych dla wzorcowania mierników rezystancji izolacji,



Rys. 3. Wzorce odniesienia OUM w Bydgoszczy stosowane do wzorcowania mierników instalacji elektrycznych



Rys. 4. Kalibrator 3200A wraz z przystawką EXTHV

przedstawiono na rys. 4. W celu umożliwienia automatyzacji wzorcowań kalibrator 3200A może współpracować z dedykowanym systemem kalibracji ProCal.

Do wzorcowania mierników rezystancji izolacji o zakresie pomiarowym do 10 TΩ, pracujących z dużymi napięciami pomiarowymi do 10 kV, stosowany jest kalibrator wysokich rezystancji typ SRP-10G0-10T0 (rys. 5).

Do wzorcowania silnoprądowych mierników rezystancji pętli zwarcia stosowany jest specjalistyczny, posiadający własny układ chłodzący, dekadowy regulowany rezystor wzorcowy typ OD-1 –E2. Przyrząd umożliwia wzorcowania mierników pętli zwarcia dokonujących,



Rys. 5. Kalibrator rezystancji SRP -10G0-10T0

w celu wykonania pomiaru, krótkiego impulsowego „sztucznego zwarcia” wewnętrznym rezystorem o wartości nie mniejszej niż 1,5 Ω (jak np. miernik typ MZC 310S). Do wykonania wzorcowań mierników rezystancji uziemienia stosowane są, zależnie od wzorcowanej funkcji pomiarowej, rezystancyjne układy pomiarowe, symulujące mierzoną rezystancję uziemienia oraz rezystancję elektrod pomocniczych.

Zakresy pomiarowe oraz zdolności pomiarowe CMC wzorcowań mierników instalacji elektrycznych w OUM w Bydgoszczy

W 2008 roku Okręgowy Urząd Miar w Bydgoszczy uzyskał akredytację PCA (Nr AP 088) na wzorcowania mierników parametrów instalacji elektrycznych. Wzorcowania poszczególnych rodzajów mierników wykonywane są w zakresach pomiarowych zgodnych z aktualizowanym na bieżąco zakresem akredytacji.

W tab. 1 przedstawiono aktualne zakresy pomiarowe poszczególnych wielkości mierzonych (wraz z wartościami CMC) dla akredytowanych wzorcowań funkcji pomiarowych charakterystycznych dla poszczególnych mierników. W tabeli nie ujęto zakresów wzorcowania funkcji pomiarowych typowych dla multimetrów cyfrowych, jak np. pomiar napięć AC/DC. Zdolność pomiarowa CMC to najmniejsza niepewność pomiaru, jaką laboratorium wzorcujące jest w stanie osiągnąć w trakcie rutynowo przeprowadzanego wzorcowania. Akredytowane laboratoria wzorcujące są zobligowane do szacowania niepewności pomiaru dla wszystkich wzorcowań i pomiarów objętych zakresem akredytacji. Podane w świadectwach wzorcowania wartości niepewności pomiaru nie mogą przekraczać ustalonych w zakresie akredytacji wartości CMC.

Tab. 1. Zakresy pomiarowe i wartości CMC wzorcowań mierników instalacji elektrycznych w akredytowanym laboratorium AP 088

Wielkości mierzone	Rodzaj obiektu wzorcowania	Zakres pomiarowy	CMC
Rezystancja DC	Mierniki parametrów instalacji elektrycznych:		
	mierniki rezystancji izolacji ¹⁾	10 kΩ ÷ 10 GΩ	0,13 %
Rezystancja AC	mierniki ciągłości obwodu	0,05 Ω ÷ 10 Ω 10 Ω ÷ 1 kΩ	0,09 % + 1 mΩ 0,09 % + 10 mΩ
	mierniki rezystancji pętli zwarcia	0,25 Ω ÷ 1000 Ω	0,58 % + 10 mΩ
Czas (przedział czasu)	mierniki rezystancji uziemienia	0,3 Ω ÷ 20 kΩ	0,1 % + 10 mΩ
	mierniki zabezpieczeń różnicowoprądowych	20 ms ÷ 200 ms 210 ms ÷ 400 ms 410 ms ÷ 1 s	1,1 ms 1,2 ms 8,2 ms
Prąd AC	mierniki zabezpieczeń różnicowoprądowych	50 Hz (10 ÷ 1000) mA	1,3 %

¹⁾ Wzorcowań mierników rezystancji izolacji dokonuje się dla napięć pomiarowych do 10 kV.

Świadectwo wzorcowania

Dokumentem potwierdzającym wykonanie wzorcowania jest świadectwo wzorcowania. Świadectwo wzorcowania, wydawane przez laboratorium akredytowane, jest dowodem zachowania spójności pomiarowej.

Wyposażenie pomiarowe, stosowane w OUM w Bydgoszczy do wzorcowania mierników parametrów instalacji elektrycznych, jest wzorcowane w Głównym Urzędzie Miar lub w innych laboratoriach akredytowanych, w tym w zagranicznym laboratorium producenta kalibratorów 2100HG i 3200A.

Przykładowe świadectwo wzorcowania, wykonanego w OUM w Bydgoszczy w zakresie pomiaru czasu zadziałania i prądu zadziałania wyłącznika różnicowoprądowego, wzorcowania własnego miernika zabezpieczeń (wyłączników) różnicowoprądowych typ MRP 200, przedstawiono na rys. 6.

Podsumowanie

Zgodnie z wymaganiami Prawa budowlanego (Dz. U. z 2019 r. poz. 1186) instalacje elektryczne i piorunochronne powinny być poddawane badaniom sprawdzającym co najmniej raz na 5 lat.

Okręgowy Urząd Miar w Bydgoszczy dokonuje akredytowanych wzorcowań szerokiego spektrum mierników

parametrów instalacji elektrycznych, służących do tych wymaganych prawem badań sprawdzających, dla klientów z różnych rejonów Polski.

Wymienione wyżej badania sprawdzające są przeprowadzane w celu sprawdzania pomiarów lub monitorowania środków ochronnych, stosowanych w ochronie przeciwporażeniowej i przeciwpożarowej.

Osobną sprawą jest występująca, zdaniem autorów niniejszego opracowania, potrzeba jednoznacznego ustalenia i upowszechnienia terminologii stosowanej dla tej grupy przyrządów. Obecnie dla tych samych przyrządów spotyka się różne określenia, takie jak: mierniki parametrów instalacji elektrycznych, mierniki parametrów sieci, mierniki parametrów sieci energetycznych. Taki sam problem dotyczy także mierników, służących do sprawdzania i pomiarów bezpieczeństwa sprzętu elektrycznego.

Literatura

- [1] Prawo budowlane. Dz. U. z 2019 r. poz. 1186.
- [2] Skrzynecki E., Przewodnik po normach PN-EN 60364-6, PN-EN 62305, Sonel S.A. 2018.
- [3] Polskie Normy z serii PN-EN 61557.
- [4] Profesjonalne przyrządy pomiarowe, Sonel 2018.
- [5] Informacje ze strony internetowej: www.fachowelektryk.pl



ŚWIADCTWO WZORCOWANIA wydane przez: LABORATORIUM AKREDYTOWANE Nr AP 088

Data wydania: 30 lipca 2019 Nr świadectwa: WUM-U.1158.02.2019 Strona 2/2

WYNIKI WZORCOWANIA
Tabela 1. Pomiar czasu zadziałania wyłącznika różnicowoprądowego (dla prądu pomiarowego I = 1 x I_n).

Nominalny prąd różnicowy I _n	W _s	W _w	Błąd pomiaru	Niepewność pomiaru
10 mA	30	30	0,0	1,2
	100	100	0,0	1,2
30 mA	20	20	0,0	1,2
	30	30	0,0	1,2
100 mA	30	30	0,0	1,2
	100	100	0,0	1,2
300 mA	30	30	0,0	1,2
	100	100	0,0	1,2
500 mA	30	30	0,0	1,2
	100	100	0,0	1,2

Tabela 2. Pomiar prądu zadziałania wyłącznika różnicowoprądowego.

Zakres	W _s	W _w	Błąd pomiaru	Niepewność pomiaru	
10 mA	30 ms	6,63	6,0	-0,6	0,2
	100 ms	6,63	6,0	-0,6	0,2
30 mA	20 ms	19,81	18,1	-1,7	0,4
	30 ms	19,78	18,1	-1,7	0,4
100 mA	30 ms	19,92	18,1	-1,8	0,4
	100 ms	19,83	18,1	-1,7	0,4
300 mA	30 ms	65,86	60	-5,9	1,0
	100 ms	65,85	60	-5,8	1,0
500 mA	30 ms	198,0	181	-17	3
	100 ms	198,1	181	-17	3

Objaśnienia:
W_w - wartość wielkości mierzonej wskazana (zmierzona) przez przyrząd pomiarowy wzorcowany.
W_s - wartość odniesienia wielkości mierzonej określona na podstawie wskazań przyrządu pomiarowego stosowanego do wzorcowania.
f - czystość.

Pomiary wykonał: *[Podpis]*
Słuszny inspektor
Rozumieli: *[Podpis]*

Autoryzował: *[Podpis]*
Kierownik Laboratorium
mgr inż. Piotr Kuciński

Rys. 6. Świadectwo wzorcowania miernika wyłączników różnicowoprądowych



Rozwój laboratoriów wzorcujących w OUM Szczecin

The development of calibration laboratories at the Regional Office of Measures in Szczecin

Krzysztof Skwark (Okręgowy Urząd Miar w Szczecinie)

Artykuł przedstawia rozwój laboratoriów wzorcujących w Okręgowym Urzędzie Miar w Szczecinie przez ostatnie 10 lat. Opisane są główne kierunki rozwoju oraz rodzaj zakupionego wyposażenia. Omówione zostały również aspekty związane z automatyzacją procesów pomiarowych, w oparciu o wykorzystanie zaawansowanych funkcji Excela oraz komunikację szeregową. W podsumowaniu przedstawiono efekty tych prac oraz priorytety na przyszłość.

The article presents the development of calibration laboratories at the Regional Office of Measures in Szczecin over the last 10 years. There are described the main directions of development and the type of equipment purchased. There is discussed the main aspect related to the automation of measurement processes based on the use of advanced Excel functions and serial communication as well. The summary presents the effects of this work and priorities for the future.

Do 2019 r. Okręgowy Urząd Miar w Szczecinie był najmłodszym i najmniejszym Okręgowym Urzędem Miar w Polsce. W ciągu ostatnich 10 lat Urząd mocno rozwinął zakres wykonywanych czynności – głównie jeśli chodzi o liczby i rodzaj wzorcowanych przyrządów pomiarowych. Jednym z ważniejszych impulsów było akredytowanie laboratoriów wzorcujących w OUM Szczecin w 2006 r. Drugim, nie mniej ważnym aspektem, była chęć zaspokojenia własnych potrzeb w zakresie wzorcowania wyposażenia użytkowanego przez obwodowe urzędy miar (obecny Wydział Legalizacji i wydziały zamiejscowe) oraz potrzeb lokalnych przedsiębiorców. W Zespole Laboratoriów Wzorcujących w Szczecinie funkcjonują dwa laboratoria wzorcujące: Laboratorium Masy, realizujące wzorcowania w zakresie masy, siły, momentu siły i twardości oraz Laboratorium Interdyscyplinarne, wykonujące pozostałe wzorcowania w dziedzinach: wielkości geometrycznych, elektrycznych, chemicznych, optycznych, czasu i częstotliwości (w tym parametry ruchu), ciśnienia, temperatury i wilgotności, objętości. W Laboratorium Interdyscyplinarnym, w którym pracują tylko 4 osoby, wykonuje się ok. 70% wszystkich wzorcowań dla ponad 50 różnych przyrządów pomiarowych. Tak duża różnorodność realizowanych zadań wynika w znacznej mierze ze specyfiki regionu północno-zachodniej Polski, gdzie przeważają usługi, a nie przemysł.

Rozwój laboratorium realizowany był stopniowo na trzech głównych płaszczyznach, obejmujących:

- poszerzenie możliwości oferowanych usług w dziedzinach już istniejących poprzez drobne zakupy uzupełniające wyposażenie, zmodernizowanie

kluczowego wyposażenia, tworzenie nowych stanowisk pomiarowych;

- zapewnienie jak największej automatyzacji działań (z uwagi na niewielką liczbę personelu) – głównie poprzez rejestrację pomiarów w plikach programowych Excela – z wykorzystaniem istniejących protokołów komunikacji;
- zwiększenie konkurencyjności oferowanych usług (w tym akredytowanych) poprzez ich kompleksowość oraz minimalizację czasów realizacji usług, co pośrednio wynika z powyższych zadań.

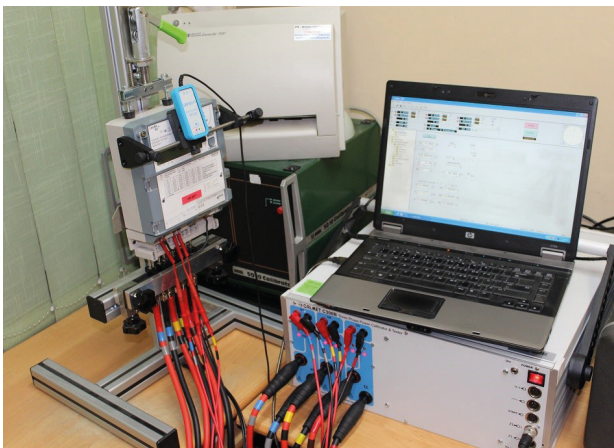
W latach 2011–2015, z uwagi na niewielkie środki, realizowano tylko niezbędne zakupy. Zakupiono m.in.:

- multimetr Transmille 8081A, który zastąpił wysłużony 30-letni multimetr Solarton 7071, co zapewniło ciągłość wykonywanych usług oraz pozwoliło zmniejszać poziom niepewności uzyskiwanych pomiarów;
- głowicę mikrometryczną Mitutoyo i długie płytki do 500 mm, co pozwoliło rozpocząć wzorcowania suwmiarek do 1000 mm, mikrometrów do 500 mm oraz czujników zegarowych. Zaopatrzone się również w kątownik walcowy i płytki kątowe, celem wzorcowania kątowników 90° i kątomierzy;
- filtry ciekłe, poszerzające zakres wzorcowania spektrofotometrów w zakresie poniżej 400 nm,
- przenośny kalibrator temperatury oraz termometr ASL, stanowiący zaczątek tworzenia pracowni pomiarów środowiskowych (temperatura i wilgotność).

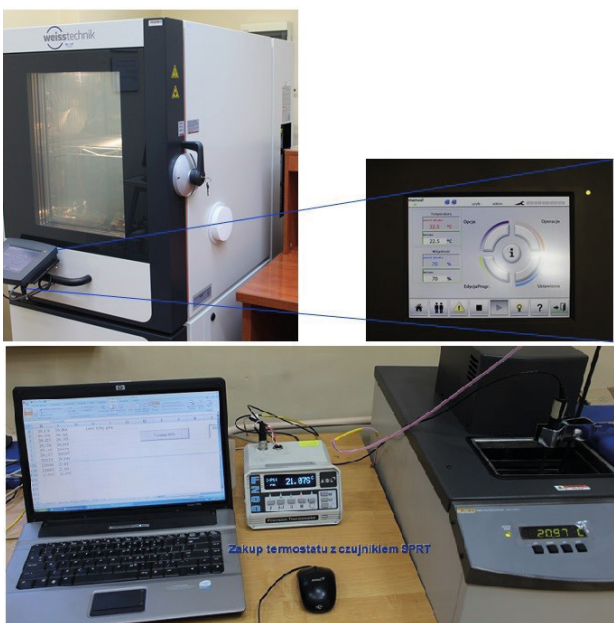


Natomiast w ostatnich 3 latach pozyskano znacznie większe środki na inwestycje, co pozwoliło na wyposażenie laboratoriów w stanowiska pomiarowe, tj.:

- stanowisko do legalizacji oraz wzorcowania liczników energii elektrycznej, zawierające kalibrator C300 wraz z osprzętem, co aktualnie umożliwia w pełni automatyczny proces pomiarowy. Na stanowisku wykonywane są pomiary dla wszystkich rodzajów liczników, łącznie z nowymi licznikami, posiadającymi na stałe zwarte tory napięciowo-prądowe. Przyrząd może również współpracować z innymi referencyjnymi licznikami kontrolnymi, takimi, jak Radian czy D3000;



- stanowisko do wzorcowania termohigrometrów, zawierające komorę klimatyczną wraz z referencyjnym higrometrem punktu rosy. W bieżącym roku planowana jest akredytacja wzorcowań termohigrometrów,



co stanowi początek procesu związanego z tworzeniem pracowni warunków środowiskowych (wilgotności i temperatury). W drugim etapie będą akredytowane pozostałe pomiary temperatury, z użyciem zakupionego termostatu Fluke, wraz z czujnikiem referencyjnym SPRT;

- stanowisko do wzorcowania kluczy dynamometrycznych w laboratorium masy, które umożliwia wzorcowania w nowym obszarze momentu siły.

Ponadto zmodernizowano stanowiska do wzorcowania ciśnieniomierzy poprzez zakup kalibratora (zadajnika) CPC6050 małych ciśnień do 200 mbar oraz ciśnieniomierza (prasy) obciążnikowo-tłokowego do 100 bar. Nowe wyposażenie umożliwiło zwiększenie możliwości pomiarowych oraz pozwala na wzorcowanie praktycznie wszystkich ciśnieniomierzy użytkowych i przetworników ciśnienia dostępnych na rynku. Dodatkowym atutem kalibratora (zadajnika) jest szybkość i prostota działania, co pozwala skrócić proces wzorcowania ciśnieniomierzy. Dalsze prace modernizacyjne będą zmierzały do zakupu kolejnych kalibratorów (zadajników) ciśnienia, tak aby umożliwić skrócenie czasu wzorcowania przy jednoczesnym zautomatyzowaniu procesu pomiarowego.



Oprócz zakupów w laboratorium, realizowano działania zmierzające do automatyzacji procesu wzorcowania w obszarze zbierania wyników pomiarów, ich obróbki oraz przedstawiania wyników końcowych – formularze protokołów i świadectw. Wszystkie akredytowane procedury pomiarowe realizowane są z wykorzystaniem plików Excel, zawierających zakładki, wprowadzające dane wejściowe, w tym pomiary, wyniki szacowania niepewności razem z ewentualnymi danymi z wzorców odniesienia, automatyczne protokoły i świadectwa wzorcowania. W wielu przypadkach dane pomiarowe są zbierane bezpośrednio do odpowiednich komórek Excela z naszych wzorców odniesienia, z pomocą komunikacji szeregowej RS232. Rozwiązanie to funkcjonuje z multimetrami Transmille, ciśnieniomierzami Crystal, głowicą Mitutoyo, miernikiem temperatury ASL czy komparatorami masy

Sartorius. Bieżące prace i zakupy każdorazowo biorą pod uwagę możliwości danego wyposażenia do częściowej lub pełnej automatyzacji danego procesu wzorcowania. Powyższe działania mają na celu podniesienie konkurencyjności laboratorium poprzez oferowanie kompleksowej obsługi w jak najkrótszym czasie.

Ponadto wykonano w ramach rozwoju laboratorium szereg innych działań, których efektem jest:

- wykorzystanie kalibratora temperatury przy wzorcowaniu pehametrów „na mokro” oraz wzorcowanie sond pehametrycznych,
- wzorcowanie przyrządów do pomiarów parametrów ruchu – testerów TT, tachotesterów, tachometrów itp. z wykorzystaniem przyrządów do pomiaru czasu i częstotliwości,
- współpraca w zakresie wzorcowania przekładników prądowych.

Powyższe działania w znaczący sposób zwiększyły możliwości wzorcowania oraz uzyskiwane z tego tytułu dochody. W chwili obecnej w OUM w Szczecinie realizowane są wzorcowania w 12 dziedzinach pomiarowych, z czego 10 realizuje Laboratorium Interdyscyplinarne. Średnia liczba wzorcowań przyrządów oraz dochodów (z wyłączeniem płytek wzorcowych i przekładników,

które mocno zniekształcają dane) zwiększyła się o około 100% w omawianym okresie. Dodatkowo należy zaznaczyć, że w województwach zachodniopomorskim i lubuskim nie powstało i nie działa żadne laboratorium wzorcujące, akredytowane przez PCA, co świadczy m.in. o tym, że potrzeby lokalnego przemysłu są zaspokajane. Jako jedyny OUM w Polsce wykonujemy akredytowane wzorcowania przetworników ciśnienia, łącząc dziedzinę ciśnienia i wielkości elektrycznych.

W najbliższych latach konieczne jest jednak wzmocnienie potencjału kadrowego laboratoriów, co sygnalizowane jest od wielu lat. Pozyskanie nowych, młodych pracowników technicznych, będących wzmocnieniem kadrowym, przy proponowanych wynagrodzeniach może być jednak zadaniem niezmiernie trudnym do realizacji. Dlatego priorytetem w najbliższym czasie powinno być dążenie do zwiększenia wynagrodzeń pracowników administracji miar. Brak kompetentnej kadry technicznej przełoży się na zaprzepaszczenie wieloletnich wysiłków, zmierzających do powstania profesjonalnego zespołu laboratoriów wzorcujących, wspierających działanie w zakresie czynności legalizacyjnych, kontrolnych każdego z OUM-ów i ich wydziałów zamiejscowych, czy będących partnerem wspierającym lokalny przemysł i usługi.

Podsumowanie 13. Zgromadzenia Ogólnego EURAMET

The summary of 13. EURAMET's General Assembly

Marcin Mikiel, Kamila Szulc (Główny Urząd Miar)



Projekt sieci metrologicznych, system zarządzania jakością, wzmocnienie stanowiska Rady Dyrektorów w Zgromadzeniu Ogólnym oraz wspieranie digitalizacji EURAMET – to tematy poruszane w trakcie spotkania w Boras (Szwecja), gdzie w dniach 21–23 maja 2019 r. odbyło się 13. Zgromadzenie Ogólne EURAMET.

The project of European Metrology Networks, quality management system, strengthening the position of the Board of Directors in the General Assembly and supporting the digitization of EURAMET – these were the main topics raised during the meeting in Boras (Sweden), where the 13th General Assembly of EURAMET was held on May 21–23, 2019.

Spotkanie rozpoczął Hans Arne Frøystein, przewodniczący EURAMET, który omówił zmiany kadrowe. Kolejnym punktem obrad było przyjęcie w poczet członków EURAMET NMI Mołdawii, która od 2 lat jest członkiem stowarzyszonym EURAMET i, zgodnie z procedurą, złożyła wniosek o pełne członkostwo, który przyjęto jednogłośnie.

Wolfgang Schmid, szef ds. obsługi państw członkowskich, poinformował o istotnych zmianach w państwach członkowskich EURAMET w ciągu ostatniego roku:

- chorwackie HMI przestało istnieć i zostało zastąpione przez „State Office for Metrology” (DZM), jako nowe NMI,
- Litwa: VTC przestało pełnić funkcję DI; normy krajowe i CMC zostały przeniesione do FTMC (masa i długość) i LEI (ciśnienie),
- JRC-Geel (Belgia) jw.

Projekt sieci metrologicznych (ESM)

Przedstawiono założenia projektu oraz istniejące już sieci (mathmet, smart grids, ocean and climate observation, energy gases, quantum metrology, laboratory in medicine). Odpowiedzialny za projekt sieci, Duncan Jarvis, poinformował, że sieci mają odgrywać istotną rolę w działaniu następcy programu EMPIR. Przedstawiono ideę powołania nowego składu grupy roboczej ds. sieci metrologicznych. Na przewodniczącego wybrano Beata Jeckelmann, w skład grupy weszli: Jorn Stenger, Maguelonne Chambon, Maria Luisa Rastello, Martti Heinonen oraz J. T. Janssen.

Osiągnięto postępy w odniesieniu do wszystkich 6 ESM zatwierdzonych na ostatnim GA, tj.:



- uruchomiono strony internetowe sieci: www.euramet.org/european-metrology-networks,
- zostali wybrani lub zostaną wkrótce wybrani przewodniczący sieci,
- rozpoczynają się spotkania uruchamiające działalność poszczególnych sieci metrologicznych (tzw. kick-off meetings).

Grupa koordynacyjna BoD (działająca na rzecz WG-ESM) dokonała przeglądu istniejących ESM i podpisała sprawozdanie z postępu prac, które zostało przygotowane na podstawie wkładu każdej ESM. Duncan Jarvis omówił kilka wspomnianych barier: brak zaangażowania we współpracę i inwestowanie środków krajowych na rzecz wspólnego dobra, brak strategicznego działania ze strony kierownictwa wyższego szczebla, niepewność dotycząca ról ESM i TC.

Ideę powołania grupy ds. digitalizacji zaprezentowała przedstawicielka Belgii, przewodnicząca komitetu EURAMET ds. metrologii interdyscyplinarnej, Miruna Dobre. Kwestia digitalizacji była omawiana na 37. posiedzeniu BoD, a w celu dalszego wsparcia digitalizacji



w EURAMET zostały przedstawione następujące propozycje:

- wspieranie dwóch projektów TC-IM, związanych z digitalizacją;
- wprowadzenie umów o współpracy dla projektów TC-IM, aby zapewnić zaangażowanie i zwiększyć postęp;
- utworzenie grupy ekspertów do analizy potrzeb i oczekiwań;
- organizacja warsztatów na temat digitalizacji, aby lepiej zrozumieć potrzeby, oczekiwania i rzeczywiste działania członków EURAMET.

Hans Arne Frøystein poinformował o inicjatywie TC-IM w sprawie monitorowania ESM z punktu widzenia krajowych interesariuszy. Zwrócił uwagę na oczekiwania i korzyści zapewniane przez ESM. Przewodnicząca TC-IM dodała, że celem jest szersze spojrzenie na ESM i wykorzystanie szerokiej reprezentacji członków EURAMET w TC-IM.

Strategia współpracy z WELMEC

Przewodniczący WELMEC przedstawił prezentację, w której omówił współpracę pomiędzy EURAMET i WELMEC w ciągu ostatnich dwóch lat. Utworzono wspólną grupę roboczą, która zajęła się możliwościami bliższej współpracy i opracowała wspólną strategię. Hans Arne Frøystein kontynuował wyjaśnianie niektórych aspektów praktycznych: WELMEC zdecydował o ustanowieniu w październiku 2019 r. zarejestrowanego stowarzyszenia na podstawie prawa niemieckiego (e.V.), analogicznie jak EURAMET, z siedzibą w Brunzshwiku, co umożliwi kolokowanemu sekretariatowi działanie na terenie PTB.

Propozycja Pavla Klenovskiego, przewodniczącego WELMEC, by rozszerzyć zakres współpracy, została jednogłośnie zatwierdzona przez delegatów.

Program EMPIR

Duncan Jarvis przedstawił działania związane z programem EMPIR, wraz z prezentacją koncepcji i statusu. Rozmowy z Komisją Europejską (KE) postępują i opublikowano „wspólne porozumienie” między Komisją, Radą

i Parlamentem – partnerstwo instytucjonalne w dziedzinie metrologii, jako część Horizon Europe. Oczekuje się, że ocena wpływu zostanie sporządzona do końca 2019 r., aby Komisja Europejska mogła w pierwszym kwartale 2020 r. przedłożyć Parlamentowi pierwszy wniosek dotyczący partnerstwa instytucjonalnego.

Status EURAMET QMS

Przewodniczący komitetu ds. jakości, Enver Sadikoglu, przedstawił przegląd prac związanych z systemem zarządzania jakością EURAMET. Omówiono raport dotyczący kluczowych wskaźników efektywności (KPI) 2019. Sekretarz generalny Duncan Jarvis zaprezentował zestawienie kluczowych wskaźników wydajności (KPI) z 2018 r.

Decyzja D13-D12: dokument dotyczący systemu zarządzania jakością

GA zatwierdziło wycofanie zakresu zadań (ToR) EURAMET Quality Manager (G-PRM-TOR-007). Jane Welch zaktualizowała prognozę budżetu EURAMET na 2019 r. i przekazała ją delegatom przed GA.

Tematem sesji otwartej (w dniach 22–23 maja br.) były prezentacje z prac komitetów technicznych EURAMET oraz innych ciał roboczych tej organizacji. Prezentacje są dostępne na stronie internetowej EURAMET w zakładce General Assembly.

Następne posiedzenie Zgromadzenia Ogólnego EURAMET 2020 odbędzie się w Wiedniu w dniach 25–28 maja 2020 r.

Projekt „ŚWITEŻ” – wdrożenie platformy elektronicznych usług publicznych w administracji miar

The “ŚWITEŻ” project – implementation of the electronic public services platform in the administration of measures

Michał Kolczyński (Główny Urząd Miar)

Dążąc do osiągnięcia wyznaczonych kierunków rozwoju administracji miar, określonych w dokumentach strategicznych, dotyczących dobrze zorganizowanej sieci wyspecjalizowanych placówek terenowych, Główny Urząd Miar podjął się realizacji projektu „ŚWITEŻ” – Systemu Wsparcia Informatycznego Usług Terenowej Administracji Miar. Zwiększenie dostępności i jakości usług świadczonych przez administrację miar to jeden z najważniejszych celów postawionych przed tym projektem.

Aiming at achieving the designated directions of development of the administration of measures specified in strategic documents regarding a well-organized network of specialized field facilities, the Central Office of Measures implements the project “ŚWITEŻ” – IT Support System for Local Administration of Measures.



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Wprowadzenie

Projekt „ŚWITEŻ” jest odpowiedzią na zgłaszane przez przedsiębiorców od wielu lat potrzeby i problemy w dotychczasowym sposobie korzystania z usług administracji miar. Funkcjonujące obecnie przestarzałe rozwiązania w obszarze infrastruktury informatycznej (w tym – sprzęt komputerowy, niezbędny do aktualizowania danych i realizacji nowoczesnych e-usług) uniemożliwiają świadczenie usług z wykorzystaniem współczesnych standardów technologicznych. Brak nowoczesnej infrastruktury informatycznej znacznie wydłuża czas pracy i obsługi klientów, m.in. ze względu na potrzebę bezpośredniego kontaktu pomiędzy urzędem administracji miar a klientem, korzystającym z usług oraz wykorzystania tradycyjnych metod komunikacji.

Projekt realizuje wytyczne Rady Unii Europejskiej w sprawie krajowego programu reform Polski na rok 2014 (CSR – *Country Specific Recommendation* – Zalecenia Rady UE), wskazane w Programie Operacyjnym Polska Cyfrowa: „Poprawa warunków otoczenia biznesu poprzez redukcję kosztów rozpoczynania i prowadzenia działalności gospodarczej”.

Informacje o projekcie

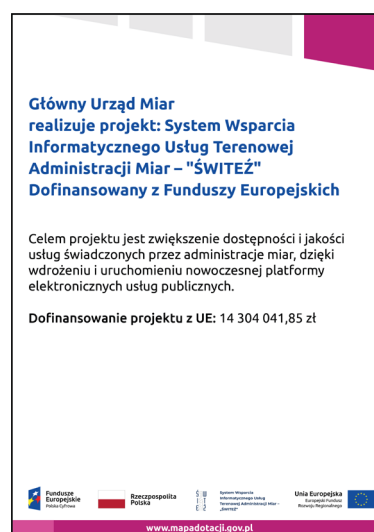
Nazwa projektu „ŚWITEŻ” stanowi anagram od słów – **S**ystem **W**sparcia **I**nformatycznego **T**aryfikacji i **E**widencji **Z**głoszeń **T**erenowej **A**ministracji **M**iar.

Porozumienie w sprawie dofinansowania ze środków europejskich realizacji projektu „ŚWITEŻ” zostało podpisane w dniu 11 maja 2018 r.

Jest to pierwszy projekt Głównego Urzędu Miar, którego realizacja jest w głównej mierze (84,63%) finansowana z funduszu środków europejskich (Program Operacyjny Polska Cyfrowa). Całkowita wartość projektu wynosi 14 304 041,85 zł (brutto).

Początek realizacji projektu to 1 sierpnia 2018 r., natomiast zakończenie ma nastąpić 31 lipca 2021 r.

Projekt „ŚWITEŻ” swoim zakresem obejmuje całą strukturę administracji miar w Polsce, składającą się



z Głównego Urzędu Miar z siedzibą w Warszawie oraz 10 okręgowych urzędów miar z siedzibami w: Warszawie, Krakowie, Wrocławiu, Poznaniu, Katowicach, Gdańsku, Łodzi, Białymstoku, Bydgoszczy i Szczecinie, włączając podległe wydziały zamiejscowe w 58 mniejszych miastach.

W celu realizacji projektu „ŚWITEŻ” powołano Zespół Projektowy, składający się z:

- Komitetu Sterującego,
- Kierownika Projektu,
- Kierowników Zespołów Zadaniowych,
- Członków Zespołów Zadaniowych.

W ramach Zespołu Projektowego działają następujące Zespoły Zadaniowe:

- Zespół do spraw procesów i usług,
- Zespół do spraw organizacji struktur, personelu i kompetencji,
- Zespół do spraw infrastruktury terenowej,
- Zespół do spraw prawnych,
- Zespół do spraw raportowania i sprawozdawczości,
- Zespół do spraw IT.


„ŚWITEŻ” jest systemem scentralizowanym i będzie udostępniał swoje usługi klientom zewnętrznym za pośrednictwem zdefiniowanego i udokumentowanego API, czyli dedykowanej platformy usługowej dostępnej przez Internet.

Infrastruktura techniczno-systemowa, na której zostanie uruchomiony system, będzie ulokowana na zasobach zewnętrznego dostawcy chmury publicznej. Usługi systemu „ŚWITEŻ” będą dostępne dla klientów oraz pracowników administracji miar za pośrednictwem sieci Internet (24/7/365) przy wykorzystaniu powszechnie dostępnych przeglądarek sieci Web: Firefox, Internet Explorer, Safari, Edge, Chrome.

Cele projektu

Główny cel projektu realizowany jest poprzez następujące cele szczegółowe:

- uruchomienie wysokopoziomowych usług elektronicznych realizowanych przez instytucje administracji miar na rzecz klientów, przyczyniające się do zmniejszenia formalności po stronie klienta. W ramach realizacji projektu powstaną usługi typu A2B;
- modernizacja rejestrów i baz danych prowadzonych przez GUM i ich łatwiejsza dostępność dla klientów;
- zwiększenie kompetencji pracowników urzędu poprzez ich przeszkolenie;
- wdrożenie nowoczesnych technologii (systemu, oprogramowania i sprzętu komputerowego), wspomagających wykonywanie czynności urzędowych przez pracowników administracji miar;



System Wsparcia Informatycznego Usług Terenowej Administracji Miast – "ŚWITEŻ"

Cel projektu: zwiększenie dostępności i jakości usług świadczonych przez administrację miar, dzięki wdrożeniu i uruchomieniu nowoczesnej platformy elektronicznych usług publicznych.

Beneficjent: Główny Urząd Miar

www.mapadotacji.gov.pl

- wdrożenie elektronicznej wymiany dokumentów pomiędzy Urzędem a Klientem;
- optymalizacja procesu płatności za usługi poprzez wdrożenie funkcji elektronicznych płatności;
- zastosowanie elektronicznej formy uwierzytelniania Klientów w ramach realizacji spraw;
- redukcja kosztów zarówno po stronie Urzędu, jak i Klienta, wynikająca z wdrożenia elektronicznych usług świadczonych przez administrację miar.

e-Usługi projektu

e-Usługi zostały zdefiniowane w oparciu o wyznaczone cele projektu, zaistniałe problemy oraz zidentyfikowane potrzeby przyszłych użytkowników projektu. W ramach projektowania rozwiązań zaangażowani zostali użytkownicy końcowi, w celu dodefiniowania funkcjonalności implementowanych e-usług. Zaangażowanie użytkowników końcowych ma na celu podjęcie optymalnych działań, służących rozwiązaniu wskazanych wcześniej problemów. Użytkownicy końcowi bezpośrednio i poprzez koordynatorów usług uzyskują możliwość kształtowania ich zakresu oraz przyszłych cech.

Dla realizacji tych celów zbudowany zostanie rejestr usług, utrzymywany przez GUM. Będą to usługi:

- wytworzenia certyfikowanych materiałów odniesienia (CRM),
- przeprowadzenia oceny zgodności,
- legalizacji przyrządów pomiarowych,
- wzorcowania przyrządów pomiarowych, zgodnie z art. 6a ustawy – Prawo o miarach,
- przeprowadzenia ekspertyzy przyrządów pomiarowych,
- rejestrowania podmiotu w rejestrze producentów i importerów towarów paczkowanych lub butelek miarowych,
- monitorowania ważności certyfikatów.

Postęp technologiczny wymusza przed usługodawcami stałe reagowanie na pojawiające się nowe potrzeby

rynku. Dostarczanie usług ze wsparciem platform internetowych staje się dziś standardem również w administracji państwowej. Oczekujemy, że wdrożenie ww. usług usprawni funkcjonowanie i realizowanie ustawowych zadań Głównego Urzędu Miar oraz całej administracji miar. Elektroniczny charakter usług oraz optymalizacja procesów przyczynią się do oszczędności czasu i kosztów, związanych z realizacją usług, zarówno po stronie urzędu, jak i po stronie klienta.

Tradycyjny sposób wymiany dokumentów pomiędzy klientem a instytucją publiczną jest zwykle procesem czasochłonnym i wskazywany jest przez przedsiębiorców, jako podstawowe utrudnienie w dostępie do usług administracji miar.

Wdrożenie funkcji elektronicznych płatności jest kolejnym, wskazywanym przez środowisko przedsiębiorców ułatwieniem w procesie zarządzania płatnościami za poszczególne usługi. Taka forma płatności to zdecydowana oszczędność czasu (dokument potwierdzający dokonanie płatności generowany jest natychmiast po jej zatwierdzeniu) i pieniędzy – przelewy elektroniczne są zazwyczaj bezpłatne. Jest to również wyjście naprzeciw potrzebom, związanym z obrotem bezgotówkowym.

System „ŚWITEŻ” to także nowe narzędzie do prowadzenia ewidencji oraz monitorowania statusu usług, prowadzenie ewidencji własnego wyposażenia pomiarowego oraz harmonogramu jego sprawdzeń. System powiadomień będzie automatycznie informował w zadanych okresach czasu o konieczności poddania kontroli własnego wyposażenia oraz informowania o ważności legalizacji wszystkich posiadanych przez przedsiębiorców przyrządów pomiarowych. Dodatkową funkcją systemu będzie archiwizacja wszystkich dokumentów, zgromadzonych w konkretnej sprawie.

Zaletą powyższej funkcjonalności jest wsparcie użytkownika w planowaniu wykonywanych zadań, czy też ograniczenie stosowania wzorców, dla których zakończyła się ważność okresu kontroli metrologicznej. W zależności od posiadanych uprawnień, użytkownik będzie posiadać stały dostęp do wszystkich swoich dokumentów (np. świadectw legalizacji), co dodatkowo pozwoli mu ograniczyć niezbędne czynności sprawdzające i każdorazową konieczność osobistego kontaktu z urzędem.

Dzięki wdrożeniu funkcjonalności centralnej archiwizacji spraw i dokumentów, oczekuje się również znaczącego usprawnienia pracy w administracji miar w kontakcie z przedsiębiorcami.

Dzięki funkcji systemu, związanej z monitorowaniem aktualności aktów prawnych obowiązujących w Polsce, ograniczona zostanie możliwość wystąpienia potencjalnych pomyłek – jedna zmiana w słowniku spowoduje zmiany we wszystkich miejscach, gdzie dany akt prawny występuje.

Jednym z podstawowych zadań Prezesa Głównego Urzędu Miar jest sprawowanie nadzoru nad organami administracji miar, w tym zapewnienie prawidłowości ich działania. Jednym z narzędzi, które służą realizacji tego celu, jest wiarygodna i możliwie automatyczna sprawozdawczość zadań, wykonywanych przez administrację miar.

Raportowanie wskaźników jest bardzo istotne dla sprawnego zarządzania każdą organizacją oraz stanowi niezbędne narzędzie, służące ocenie stopnia realizacji zadań, zaangażowania środków i ludzi czy też szeroko rozumianego planowania wykonywanych zadań.

Wdrażana w systemie „ŚWITEŻ” automatyczna sprawozdawczość umożliwi szybkie oraz dowolne konfigurowanie istniejących zagregowanych danych (wyszukiwanie i zestawianie danych według określonych parametrów).

„ŚWITEŻ” to także możliwość dopasowania i optymalizowania terminów oraz miejsca wykonania usługi wedle potrzeb klienta. System zawiera bazy danych dotyczące:

- urzędów miar i ich lokalizacji,
- zakresu świadczonych przez nie usług,
- okresu oczekiwania na wykonanie danej usługi,
- dostępności własnych wzorców odniesienia,
- aktualnych możliwości kadrowych urzędu.

System zapewni informację o miejscu i czasie realizacji usługi dla każdego przyrządu pomiarowego, dzięki wbudowanej bazie danych dotyczącej m.in. rodzajów przyrządów pomiarowych, rodzajów usług wykonywanych dla poszczególnych przyrządów pomiarowych, możliwości pomiarowych poszczególnych laboratoriów, czy też właściwości terytorialnej poszczególnych okręgowych urzędów miar. To unikalna na rynku funkcjonalność, służąca uelastycznieniu oferowanych możliwości oraz usług.

Na podstawie uzyskanych danych, użytkownik będzie miał wybór najkorzystniejszej dla siebie możliwości wykonania usługi.

Szczególnie ważne dla użytkownika są jasne i spójne procedury postępowania przy zamawianiu usług, niezależne od konkretnej placówki urzędu. Podstawowym założeniem projektu „ŚWITEŻ” jest wdrożenie jednolitego sposobu postępowania podczas wykonywanych usług w całej administracji miar. Cel ten osiągnięty zostanie poprzez wdrożenie:

- spójnych i jednakowych procedur przy załatwianiu sprawy w całym kraju,
- jednolitej interpretacji wszystkich przepisów prawa,
- jednakowych wzorów dokumentów,
- ujednoczone oferty cenowe.

Obok procesów merytorycznych – usług, w systemie realizowana będzie obsługa następujących procesów wspomagających:

- obsługa finansowa,
- obsługa ochrony praw konsumenta,
- obsługa sprawy,
- realizacja i monitorowanie płatności,
- uwierzytelnianie;
oraz procesy inne pominięte w modelu, w tym:
- obsługa powiadomień,
- obsługa delegacji pracowników,
- wycena usług metrologicznych,
- harmonogramowanie użycia i utrzymania wyposażenia pomiarowego,
- obsługa kalendarzy zasobów,
- rezerwacja hoteli,
- rezerwacja samochodów,
- edukacja, z wykorzystaniem platformy e-learningowej.

Procesy merytoryczne, jak i wspomagające realizację projektu, opisują zasadnicze funkcjonalności systemu „ŚWITEŻ”.



Logo programu „ŚWITEŻ” to synteza topografii z elementem graficznym, która nawiązuje do układu scalonego. Logo jest symbolem cyfryzacji procesów zwiększających dostępność usług świadczonych przez administrację miar.

Podsumowanie

Skuteczne wdrożenie projektu „ŚWITEŻ” zdecydowanie wpłynie na osiągnięcie długofalowych korzyści, zarówno dla klientów, jak i po stronie administracji miar. Udostępnienie elektronicznych usług publicznych przyczyni się do oszczędności czasu oraz optymalizacji kosztów, zarówno po stronie przedsiębiorców, jak i administracji miar.

Poprzez doposażenie jednostek terenowych w mobilny sprzęt komputerowy będzie możliwe realizowanie usługi na miejscu, w tym wydawanie dokumentów potwierdzających zgodność urządzeń z istniejącym prawem i wymaganiami. Ponadto, w ramach projektu przewiduje się uruchomienie nowej, dotychczas nieświadczonej usługi, jaką jest powiadamianie usługobiorców o końcu ważności poświadczeń, co zmniejszy ryzyko związane z otrzymaniem kar administracyjnych za użytkowanie przyrządów pomiarowych bez aktualnego certyfikatu.

Znaczenie i zasady certyfikacji w obszarze przyrządów pomiarowych

Importance and rules of certification in the field of measuring instruments

Aleksandra Lewicka, Jerzy Brennejzen, Andrzej Lewicki (Główny Urząd Miar)

Artykuł dotyczy ogólnych zagadnień, związanych z certyfikacją, w odniesieniu do przyrządów pomiarowych. Podaje cele i sposoby przeprowadzania oceny zgodności oraz prawnej kontroli metrologicznej, na podstawie określonych przepisów unijnych i krajowych.

The paper presents the basic issues of certification with relations to measuring instruments. It describes the purposes and methods of performing of conformity assessment and legal metrological control based on the relevant EU and national regulations.

Słowa kluczowe: przyrządy pomiarowe, certyfikacja.

Keywords: measuring instruments, certification.

Wstęp

Certyfikacja to postępowanie, w którym niezależna strona trzecia poświadcza za pomocą certyfikatu, że wyrób (produkt, osoba, usługa) spełnia określone wymagania.

Potwierdzenie zgodności z wybranymi wymaganiami, wynikające z porozumienia między stronami, np. na podstawie umowy cywilnoprawnej, to tzw. certyfikacja dobrowolna, której dokonanie nie wynika z przepisów prawa, jest działaniem dobrowolnym, a w szczególności np. nie jest niezbędne do wprowadzenia certyfikowanego produktu do obrotu.

Konieczność potwierdzenia spełniania stosownych wymagań, wynikająca z przepisów prawa, to tzw. certyfikacja obowiązkowa. Zastosowanie mają tu odpowiednie dyrektywy europejskie, rozporządzenia, normy, które regulują przedmiot i zakres podejmowanych czynności oraz uprawnienia strony trzeciej, np. jednostki notyfikowanej.

Certyfikacja dobrowolna

Do certyfikacji dobrowolnej należą np. wymienione w ustawie z dnia 11 maja 2001 r. Prawo o miarach wzorcowania i ekspertyzy przyrządów pomiarowych, które organy administracji miar mogą wykonywać na wniosek zainteresowanych podmiotów. Wynik wzorcowania, pozwalający na wyznaczenie błędów oraz poprawek wskazań przyrządu pomiarowego, jest poświadczany przez organ administracji miar w świadectwie wzorcowania.

Świadectwo wzorcowania stanowi więc swego rodzaju certyfikat poświadczający pewne własności przyrządu, dla którego zostało wystawione.

Innym przykładem certyfikacji dobrowolnej jest tzw. nowy system certyfikacji OIML-CS, w ramach Międzynarodowej Organizacji Metrologii Prawnej, utworzonej na podstawie umowy międzynarodowej (Konwencji, ustanawiającej Międzynarodową Organizację Metrologii Prawnej, podpisanej w Paryżu dnia 12 października 1955 r.) Opisuje on zasady wydawania, rejestrowania i używania certyfikatów i raportów z testów wydawanych dla przyrządów pomiarowych, uwzględniając wymagania zaleceń technicznych OIML. System OIML-CS jest systemem dobrowolnym, w którym mogą uczestniczyć państwa, będące członkami OIML, wybierając status jednostki wydającej certyfikaty IA (Issuing Authorities – może być więcej niż jedna jednostka IA w danym państwie), albo uznającej certyfikaty wydane w ramach nowego systemu (Utilizers). System ma na celu stosowanie jednolitych wymagań prawnych w krajach członkowskich, dzięki czemu proces zatwierdzenia typu będzie sprawniejszy i mniej uciążliwy dla podmiotów gospodarczych, wprowadzających do obrotu lub użytkowania na terenie danego kraju przyrządy pomiarowe.

Certyfikacja obowiązkowa

W ramach obowiązków, określonych przepisami prawa, wyróżnić możemy różne zasady prawne wprowadzania przyrządu do obrotu lub oddawania do użytku: ocenę zgodności, opartą o unijne prawodawstwo harmoni-

zacyjne i prawną kontrolę metrologiczną, opartą na przepisach prawa krajowego (tj. ustawy z dnia 11 maja 2001 r. – Prawo o miarach).

Ocena zgodności

Unijne prawodawstwo harmonizacyjne ma zastosowanie w przypadku produktu w chwili wprowadzenia go do obrotu i podczas późniejszych działań, aż do momentu, gdy produkt dotrze do użytkownika końcowego. Dyrektywy harmonizacyjne służą nie tylko eliminacji barier w swobodnym przepływie towarów w ramach jednolitego rynku, ale wynikają z kompleksowej polityki, która ma na celu zagwarantowanie, że na rynku dostępne będą tylko bezpieczne produkty, spełniające odpowiednie wymagania prawne, tj. nie stwarzające zagrożeń dla użytkowników. Pojęcie zagrożeń należy w tym wypadku rozumieć możliwie szeroko, np. zagrożenie nadmiernym błędem pomiaru. Daje to różnym podmiotom gospodarczym możliwość uczciwej konkurencji, a użytkownikom i konsumentom ochronę na odpowiednim poziomie. W szczególności, w prawodawstwie harmonizacyjnym wprowadzona została kwestia odpowiedzialności za produkt i jego identyfikowalność, czyli możliwość prześledzenia historii produktu oraz umożliwienie organom nadzoru rynku dotarcie do właściwych podmiotów gospodarczych.

Zgodnie z obecnymi wymaganiami producenci muszą podawać na przyrządzie: swoją nazwę, zarejestrowaną nazwę handlową lub zarejestrowany znak towarowy i adres kontaktowy (lub jeśli nie jest to możliwe na opakowaniu i/lub dołączonej dokumentacji).

W przypadku niektórych przyrządów pomiarowych (np. wodomierze, gazomierze, odmierzacze paliw) przed wprowadzeniem ich do obrotu niezbędne jest dokonanie oceny zgodności z wymaganiami dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/32/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku przyrządów pomiarowych. W przypadku wag nieautomatycznych obowiązkowe jest dokonanie oceny zgodności z przepisami dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/31/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku wag nieautomatycznych.

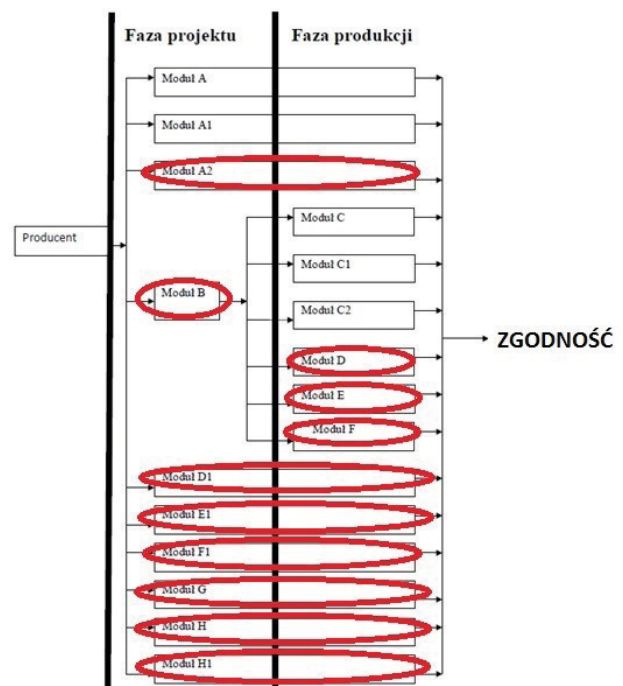
Dyrektywy ograniczają się do określenia zasadniczych wymagań, które nie utrudniają postępu technicznego, najlepiej wymagań dotyczących działania. Zasadnicze wymagania zostały stworzone w celu zapewnienia wysokiego poziomu ochrony, ale nie zawierają one szczegółowych rozwiązań technicznych, tylko wskazują wyniki, jakie należy otrzymać, np. „urządzenia

dotąd podłączone bezpośrednio albo zdalnie do przyrządu nie mogą wpływać na jego charakterystyki metrologiczne”. Producent, wykazując zgodność z ww. dyrektywami, w celu ułatwienia przeprowadzenia procesu oceny zgodności z wymaganiami, może skorzystać z tzw. domniemania zgodności i zastosować normy zharmonizowane lub dokumenty normatywne.

Zastosowanie dokumentów normatywnych uzgodnionych międzynarodowo powinno być dozwolone jako alternatywa w stosunku do zastosowania norm zharmonizowanych oraz, przy spełnieniu szczególnych warunków, pozwalać na domniemanie zgodności. Normy zharmonizowane i dokumenty normatywne nigdy nie zastępują prawnie wiążących zasadniczych wymagań. Specyfikacja podana w ww. dokumentach nie stanowi alternatywy dla odpowiedniego zasadniczego lub innego wymagania prawnego, a jedynie możliwy, dostępny środek techniczny, który pozwoli je spełnić.

Przyrząd jest poddawany ocenie zgodności w czasie fazy projektowej i w fazie produkcji. Odbывается to w ramach odpowiednich procedur oceny zgodności, tzw. modułów. Moduły dostępne dla przyrządów pomiarowych przedstawia rys. 1. Większość procedur wymaga udziału strony trzeciej, tzw. jednostki oceniającej zgodność. Jednostkami oceniającymi zgodność, które zostały oficjalnie wyznaczone przez swoje organy krajowe do przeprowadzania procedur oceny zgodności, są tzw. jednostki notyfikowane.

Po pozytywnym przeprowadzeniu oceny zgodności producent ma obowiązek, w ramach odpowiedniej



Rys. 1. Moduły dostępne dla przyrządów pomiarowych

procedury oceny zgodności, sporządzić deklarację zgodności UE oraz nanieść na przyrząd oznakowanie CE oraz dodatkowe oznakowanie metrologiczne. Oznacza to, że przyrząd spełnia wymagania określone w unijnym prawodawstwie harmonizacyjnym, w tym wymagania metrologiczne.

Oprócz oceny zgodności, dyrektywy odnoszą się do kwestii nadzoru rynku, który realizowany jest m.in. poprzez kontrole przeprowadzane przez krajowe organy po wprowadzeniu produktu do obrotu.

Modyfikacja przyrządu w użytkowaniu

Wyrób, w którym po oddaniu do użytku dokonano poważnych zmian lub napraw, w celu zmodyfikowania oryginalnego działania, zastosowania lub typu, mających istotny wpływ na jego zgodność z unijnym prawodawstwem harmonizacyjnym, powinien zostać uznany za nowy produkt.

Podmioty, które dokonują poważnych zmian w produkcie, mają obowiązek zweryfikować, czy taki produkt należy uznać za nowy w odniesieniu do stosownego unijnego prawodawstwa harmonizacyjnego. Osoba, dokonująca istotnych zmian, wchodzi w rolę producenta i ma związane z tym obowiązki, tzn. musi poddać wyrób pełnej ocenie zgodności, zanim zostanie on udostępniony na rynku: przygotować dokumentację produktu, sporządzić deklarację zgodności UE oraz umieścić stosowne oznakowanie CE. Dokumentacja produktu musi zostać zaktualizowana w zakresie, w jakim zmiana wywarła wpływ na wymogi stosownych przepisów prawa. Nie jest konieczne powtarzanie testów i tworzenie nowej dokumentacji w odniesieniu do aspektów, na które zmiana nie miała wpływu, pod warunkiem, że producent posiada kopie (lub dostęp do nich) oryginalnych sprawozdań z badań dotyczących niezmiennych kwestii.

Prawna kontrola metrologiczna na podstawie ustawy Prawo o miarach i aktów wykonawczych do niej

Co do zasady, z jednym wyjątkiem, na gruncie przepisów ustawy Prawo o miarach wprowadzane są do obrotu przyrządy nie objęte unijnym prawodawstwem harmonizacyjnym. Ustawa ta wprowadza pojęcie prawnej kontroli metrologicznej, czyli działania zmierzającego do wykazania, że przyrząd pomiarowy spełnia wymagania określone we właściwych przepisach. Jej zakres w odniesieniu do poszczególnych przyrządów oraz sposób wykonywania regulują akty wykonawcze do ww. ustawy. Przyrządy, które mogą być stosowane w określonych dziedzinach (w ochronie bezpieczeństwa, zdrowia, życia i środowiska, w obrocie oraz przy pobieraniu opłat) i są wymienione we

właściwym rozporządzeniu, podlegają prawnej kontroli metrologicznej w różnym zakresie, np.: zatwierdzeniu typu lub legalizacji pierwotnej (przed wprowadzeniem do obrotu) lub legalizacji ponownej (już w użytkowaniu).

Na uwagę zasługuje fakt, że zakres tej kontroli (certyfikacji) dobierany jest, albo powinien być, z uwzględnieniem charakterystyki nie tylko samego urządzenia (przyrządu pomiarowego), ale również z uwzględnieniem potencjalnych wpływów i zagrożeń środowiskowych. Zgodnie z przepisami ustawy Prawo o miarach, minister właściwy do spraw gospodarki określi, w drodze rozporządzenia, rodzaje przyrządów pomiarowych podlegających prawnej kontroli metrologicznej oraz jej zakres, biorąc pod uwagę niezbędność, z punktu widzenia obszarów zastosowań, zakres ilościowy tych zastosowań, dziedziny pomiarowe w których są stosowane, a także zobowiązania, wynikające z wiążących RP umów międzynarodowych.

Co do zasady prawna kontrola metrologiczna jest również formą certyfikacji w odniesieniu do przyrządów pomiarowych.

Rola certyfikacji – publikacje międzynarodowe

Publikacje międzynarodowe poruszają kwestię konieczności stosowania obowiązkowej certyfikacji, prawnej kontroli metrologicznej, np. OIML D1 “Considerations for a Law on Metrology” (2012), OIML D16 “Principles of assurance of metrological control” (2011). Podkreślają, że system kontroli metrologicznej powinien być dostosowany do celów, które chce się osiągnąć (system, który ma na celu eliminację oszustw, będzie inny niż system, który przede wszystkim ma zapewnić prawidłowość pomiarów – D16, pkt 3, zasada 1), a koszty działań zmierzających do zapewnienia rzetelności pomiarów powinny być zawsze porównywane ze spodziewanymi korzyściami (D16, pkt 3, zasada 6).

Konieczny jest odpowiedni dobór zakresu prawnej kontroli metrologicznej do specyfiki danego rodzaju przyrządu pomiarowego (D16, pkt 4.6). Zgodnie z ww. dokumentem OIML, istnieją złożone procesy pomiarowe, dla których zatwierdzenie typu z częstą późniejszą weryfikacją danego przyrządu nie zapewnia odpowiednich własności pomiarowych w użytkowaniu. Może to mieć miejsce np. w przypadku procesu pomiarowego, którego dokładność jest mocno zależna od osoby przeprowadzającej pomiar.

Dokument OIML D1 – e:2012 w pkt 2.5 wyróżnia cztery główne działania, składające się na metrologię prawną:

- sformułowanie wymagań prawnych,

- kontrola metrologiczna (ocena zgodności) przyrządów, objętych regulacjami prawnymi i działalności ujętej w tych regulacjach,
- nadzór nad przyrządami poddanymi kontroli metrologicznej oraz nad działalnością regulowaną,
- zapewnienie niezbędnej infrastruktury do prawidłowych pomiarów.

Dodatkowym aspektem, związanym z zakresem prawnej kontroli metrologicznej, jest dobór właściwych badań i poziomów narażeń dla danego rodzaju przyrządu pomiarowego. Wynika to najczęściej z obszarów jego zastosowania, np. przyrządy montowane na samochodach, zasilane z instalacji samochodowych, wymagają przeprowadzenia dodatkowych testów związanych z odpornością na zaburzenia zasilania, np. klasa E3 (wynikająca z przepisów dyrektyw nowego podejścia oraz z dokumentu OIML D11).

Tytułem uzupełnienia warto przywołać dostępny na stronie Międzynarodowej Organizacji Metrologii Prawnej raport “Benefit of Legal metrology for the Economy and Society”, który wskazuje konieczność stosowania prawnej kontroli metrologicznej w takich dziedzinach jak: ochrona zdrowia i bezpieczeństwa publicznego, ochrona środowiska, ochrona usług medycznych i gospodarka. Autor raportu zauważa następujące korzyści ze stosowania w gospodarce przyrządów pomiarowych, podlegających prawnej kontroli metrologicznej (rozumianej jako szeroko pojęta obowiązkowa certyfikacja):

- obniżenie sporów i kosztów transakcji handlowych,
- ochrona konsumenta,
- umożliwienie uczciwej konkurencji,
- efektywna kontrola zapasów,
- zapobieganie oszustwom,
- poprawność poboru opłat (np. akcyza).

Podsumowanie

W większości dziedzin życia, np. w ochronie bezpieczeństwa i porządku publicznego, w handlu, ochronie praw konsumenta czy przy pobieraniu kar, niezbędne wydaje się ustanowienie wymagań prawnych i technicznych, które muszą spełniać użytkowane przyrządy pomiarowe, w celu zapewnienia należytej dokładności pomiarów. Mając na uwadze uwarunkowania na rynku przyrządów pomiarowych, prawodawstwo zwykle podzielone jest na regulacje dotyczące etapu wprowadzania przyrządu do obrotu oraz etapu użytkowania. W niektórych przypadkach zakres prawnej kontroli pozostawiony jest do decyzji państw członkowskich UE, w innych certyfikacja opiera się na przepisach unijnego prawodawstwa harmonizacyjnego. W każdym przypadku objęcie certyfikacją danego rodzaju przyrządu jest decyzją polityczną, która powinna być podjęta po dokonaniu szczegółowej analizy sytuacji prawnej, uwarunkowań gospodarczych, a także wpływu tego typu działań legislacyjnych na podmioty gospodarcze i inne zainteresowane strony.

Literatura

- [1] Ustawa z dnia 11 maja 2001 r. – Prawo o miarach, Dz. U. z 2019 r. poz. 541, 675 i 1123.
- [2] Ustawa z dnia 13 kwietnia 2016 r. o systemach oceny zgodności i nadzoru rynku, Dz. U. z 2019 r. poz. 544.
- [3] Zawiadomienie Komisji – Niebieski przewodnik – wdrażanie unijnych przepisów dotyczących produktów 2016, Dz. Urz. UE z dn. 26.07.2016, 2016/C 272/01.
- [4] OIML D1 Considerations for a Law on Metrology (editions 2012).
- [5] OIML D16 Principles of assurance of metrological control (editions 2011).
- [6] OIML Report J. Birch: Benefit of Legal metrology for the Economy and Society.
- [7] OIML D11 General requirements for measuring instruments – Environmental conditions (edition 2013).



Ocena zgodności przyrządów do pomiaru długości w Jednostce Notyfikowanej 1442

Conformity assessment of length measuring instruments in Notified Body 1442

Karolina Chrzan-Skóra (Okręgowy Urząd Miar w Bydgoszczy)

Tematem artykułu jest procedura oceny zgodności przyrządów do pomiaru długości, realizowana w Jednostce Notyfikowanej 1442 na nowym stanowisku utworzonym w Wydziale Zamiejscowym w Brodnicy Okręgowego Urzędu Miar w Bydgoszczy.

The subject of the article is procedure of conformity assessment of length measuring instruments carried out in Notified Body 1442 at the new measurement stand in Local Branch in Brodnica of Regional Office of Measures in Bydgoszcz.

Słowa kluczowe: przyrządy pomiarowe, ocena zgodności.

Keywords: measuring instruments, conformity assessment.

Wprowadzenie

Definicję oceny zgodności określa Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/32/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich, odnoszących się do udostępniania na rynku przyrządów pomiarowych, zwana dalej Dyrektywą MID [1]. Zgodnie z zapisami w niej zawartymi „ocena zgodności oznacza proces wykazujący, czy zostały spełnione zasadnicze wymagania dotyczące przyrządu pomiarowego, zawarte w niniejszej dyrektywie”. W praktyce, to producent (upoważniony przedstawiciel) realizuje powyższe zadanie przed wprowadzeniem wyrobu o określonych wymaganiach na rynek.

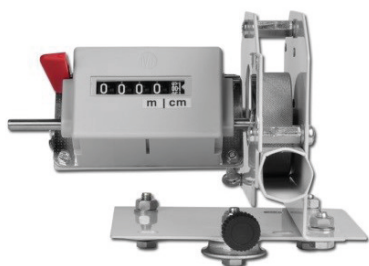
Niniejszy artykuł dotyczy przyrządów do pomiaru długości, które stanowią jedną z trzech grup przyrządów pomiarowych (poza przyrządami do pomiaru pola powierzchni oraz przyrządami do pomiarów wielu wymiarów), wymienionych w załączniku MI-009 Dyrektywy MID „Przyrządy do pomiaru wymiarów”.

Przyrząd do pomiaru długości

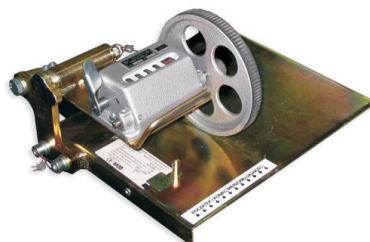
Zgodnie z ww. dokumentem „przyrząd do pomiaru długości służy do wyznaczania długości materiałów typu lina (na przykład materiały włókiennicze, taśmy, kable) podczas ruchu posuwowego produktu mierzonego”. Wśród przyrządów do pomiaru długości można wymienić:

- przyrządy do pomiaru długości drutu i kabla,
- przyrządy do pomiaru długości materiałów taśmowych, papierowych i opatrunkowych,
- przyrządy do pomiaru długości tkanin.

Mogą być one wykonane, jako przyrządy służące do pomiaru materiałów o dowolnej długości lub odmierzania odcinków o określonej długości. Zasada działania przyrządów do pomiaru długości opiera się na zamianie ruchu posuwistego mierzonego materiału na ruch obrotowy (bez poślizgu) elementu mierzącego (np. koła, walca, przetworznika). Liczba obrotów elementu mierzącego jest



Rys. 1. Przyrząd do pomiaru długości drutu i kabla



Rys. 2. Przyrząd do pomiaru długości materiałów taśmowych



Rys. 3. Przyrząd do pomiaru długości tkanin

proporcjonalna do mierzonej długości materiału, a zmierzona wartość długości wskazuje licznik długości (rys. 1-3).

Procedury oceny zgodności przyrządów do pomiaru długości

Przyrządy do pomiaru długości wykonywane są jako:

- 1) mechaniczne, elektromechaniczne, na podstawie § 32 pkt 10 Rozporządzenia Ministra Rozwoju z dnia 2 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla przyrządów pomiarowych [2]. Rozporządzenie to w zakresie swojej regulacji wdraża Dyrektywę MID. Ocena zgodności tych przyrządów pomiarowych i ich podzespołów dokonywana jest na podstawie następujących procedur oceny zgodności:
 - badania typu UE (moduł B) połączonego z zapewnieniem jakości procesu produkcji (moduł D),
 - badania typu UE (moduł B) połączonego z zapewnieniem jakości wyrobu (moduł E),
 - badania typu UE (moduł B) połączonego z weryfikacją wyrobu (moduł F),
 - zapewnienia jakości procesu produkcji (moduł D1),
 - zapewnienia jakości kontroli i badania wyrobu (moduł E1),
 - weryfikacji wyrobu (moduł F1),
 - weryfikacji jednostkowej (moduł G),
 - pełnego zapewnienia jakości (moduł H),
 - pełnego zapewnienia jakości i badania projektu (moduł H1).
- 2) przyrządy elektroniczne lub zawierające oprogramowanie, dla których ocena zgodności dokonywana jest na podstawie następujących procedur oceny zgodności:
 - badania typu UE (moduł B) połączonego z zapewnieniem jakości procesu produkcji (moduł D),
 - badania typu UE (moduł B) połączonego z weryfikacją wyrobu (moduł F),
 - weryfikacji jednostkowej (moduł G),
 - pełnego zapewnienia jakości i badania projektu (moduł H1).

Podstawą przeprowadzania oceny zgodności przyrządu do pomiaru długości, w większości przypadków jest certyfikat badania typu przyrządu pomiarowego, wydany przez jednostkę notyfikowaną (moduł B+F) lub dokumentacja techniczna producenta (weryfikacja według modułu F1), przy czym moduł B realizowany jest jedynie poza granicami naszego kraju.

Podczas oceny zgodności przyrządów do pomiaru długości weryfikuje się, czy przyrząd ten spełnia

wymagania określone w Rozporządzeniu Ministra Rozwoju z dnia 2 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla przyrządów pomiarowych [2].

Wymagania dla przyrządów do pomiaru długości

Szczegółowe wymagania dla przyrządów do pomiaru długości określa załącznik nr 9 do wspomnianego rozporządzenia. Załącznik ten w części „Przepisy ogólne” odwołuje się do wymagań zawartych w rozdziale 2 ww. rozporządzenia oraz określa skutek oddziaływania zaburzenia elektromagnetycznego na przyrządy pomiarowe, natomiast w części „Wymagania dla przyrządów do pomiaru długości” załącznik nr 9 ustala klasy dokładności tych przyrządów oraz największe błędy dopuszczalne (MPE). Szczegółowe informacje w tym zakresie przedstawia tab. 1.

Tab. 1. Największy błąd dopuszczalny

Klasa dokładności	Największy błąd dopuszczalny (MPE)
I	0,125 %, ale nie mniej niż 0,005 L_m
II	0,25 %, ale nie mniej niż 0,01 L_m
III	0,5 %, ale nie mniej niż 0,02 L_m

L_m oznacza najmniejszą, dającą się zmierzyć długość określoną przez producenta, dla której dany przyrząd do pomiaru długości został przewidziany do użytku

Załącznik nr 9 w części „Wymagania dla przyrządów do pomiaru długości” zawiera również wymaganie, aby „przyrządy do pomiaru długości zapewniały pomiar produktu rozłożonego prosto na odpowiednim podłożu, w stanie nierozciągniętym, zgodnie z przewidzianą rozciągliwością, dla której przyrządy te zostały zaprojektowane”. Dodatkowo, w załączniku tym, dla produktów włókienniczych został określony właściwy współczynnik K , uwzględniający rozciągliwość produktu i siłę obciążenia na jednostkę powierzchni produktu mierzonego. Współczynnik K oblicza się według następującego wzoru:

$$K = \varepsilon \cdot (GA + 2,2 \text{ N/m}^2) \quad (1)$$

gdzie:

- ε – wydłużenie względne próbki produktu o szerokości 1 m pod działaniem siły rozciągającej 10 N,
- GA – siła obciążenia na jednostkę powierzchni próbki produktu w N/m^2 .

Wymiary mierzone i współczynnik K , jeżeli ma on zastosowanie, zawierają się w zakresie pomiarowym określonym przez producenta dla danego przyrządu do

Tab. 2. Zakres współczynnika K

Grupa	Zakres współczynnika K	Produkt włókienniczy
I	$0 < K < 2 \times 10^{-2} \text{ N/m}^2$	niskiej rozciągliwości
II	$2 \times 10^{-2} \text{ N/m}^2 < K < 8 \times 10^{-2} \text{ N/m}^2$	średniej rozciągliwości
III	$8 \times 10^{-2} \text{ N/m}^2 < K < 24 \times 10^{-2} \text{ N/m}^2$	wysokiej rozciągliwości
IV	$24 \times 10^{-2} \text{ N/m}^2 < K$	bardzo wysokiej rozciągliwości

pomiaru długości. Zakresy współczynnika K , w zależności od rozciągliwości produktu włókienniczego, określa tab. 2.

Jednocześnie, załącznik nr 9 ustala wymagania dla producentów przyrządów do pomiaru długości, którzy muszą określić:

- zakres jego prędkości, w którym musi mieścić się prędkość mierzonego produktu, gdy nie jest on transportowany przez ten przyrząd;
- ograniczenia ze względu na grubość, stan powierzchni i sposób podawania mierzonego produktu, jeżeli jest to istotne dla wykonywania pomiarów.

Procedura pomiarowa

Ocena zgodności przyrządów do pomiaru długości drutu, kabla, materiałów taśmowych, opatrunkowych i papierowych oraz tkanin odbywa się w warunkach gwarantujących rzetelność przeprowadzanych pomiarów oraz w temperaturze określonej przez producenta i/lub podanej w certyfikacie badania typu UE. Monitorowanie warunków środowiskowych odbywa się przy pomocy termohigrometru.

Sprawdzenie przyrządów do pomiaru długości obejmuje:

- oględziny zewnętrzne,
- wyznaczenie błędów pomiaru,
- dokumentowanie wyników sprawdzenia.

Oględziny zewnętrzne

Podczas oględzin zewnętrznych przyrządów do pomiaru długości drutu, kabla, materiałów taśmowych, opatrunkowych i papierowych sprawdza się, czy:

- znajdują się na nich wymagane oznaczenia, wynikające z Rozporządzenia Ministra Rozwoju z dnia 2 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla przyrządów pomiarowych [2] oraz wskaz lub wskazy do oznaczania punktu początkowego i końcowego mierzonej długości,

- koło lub walec mierzący uniemożliwia występowanie poślizgu między mierzonym materiałem a elementem mierzącym,
- mierzony materiał przesuwa się bez poślizgu, równomiernie i płynnie, bez rozciągnięcia i zniekształcenia,
- w przyrządach do pomiaru długości z urządzeniami znakującymi długość:
 - a) oznakowanie na całym odcinku kabla jest dokładne, wyraźne i czytelne,
 - b) występuje symbol legalnej jednostki długości przy wartościach długości oznakowanego kabla.

Podczas oględzin zewnętrznych przyrządów do pomiaru długości tkanin sprawdza się, czy:

- znajdują się na nich wymagane oznaczenia, wynikające z Rozporządzenia Ministra Rozwoju [2] oraz wskaz lub wskazy do oznaczania punktu początkowego i końcowego mierzonej długości,
- koło lub walec mierzący uniemożliwia występowanie poślizgu między mierzonym materiałem a elementem mierzącym,
- mierzony materiał przesuwa się bez poślizgu, równomiernie i płynnie, bez rozciągnięcia i zniekształcenia,
- przyrząd ma urządzenie odpężające,
- tkanina przesuwa się równomiernie i płynnie,
- producent podał wartość współczynnika K , określającego rozciągliwość produktu i siłę obciążenia na jednostkę powierzchni mierzonego materiału.

Wyznaczanie błędów pomiaru

Do sprawdzenia dokładności przyrządów stosuje się takie materiały (druty, kable, materiały taśmowe, opatrunkowe, papierowe, tkaniny), jakie będą mierzone w warunkach normalnego użytkowania przyrządu do pomiaru długości. Jeżeli przy pomocy ww. przyrządu będą mierzone materiały różniące się między sobą grubością, własnościami powierzchni czy rozciągliwością, wówczas do



jego sprawdzenia używa się przynajmniej trzech różnego rodzaju materiałów. Błędy pomiaru przyrządu wyznacza się dla dwóch odcinków materiałów o różnych długościach, z których jeden ma długość co najmniej 20 m, a w przypadku przyrządów do pomiaru długości tkanin przynajmniej 10 m. Pomiar wykonuje się dwukrotnie dla każdego rodzaju oraz długości materiału. Błędy pomiaru przyrządu wyznacza się (według wzorów przedstawionych poniżej), jako różnicę pomiędzy średnimi arytmetycznymi dla wykonanych pomiarów za pomocą przyrządu do pomiaru długości i przymiaru kontrolnego.

Do wyznaczania błędów pomiaru przyrządu do pomiaru długości stosuje się poniższe wzory:

- a) błąd bezwzględny:

$$\Delta L = W_{S_{sr}} - W_{P_{sr}} \quad (2)$$

- b) błąd względny:

$$\delta = \frac{W_{S_{sr}} - W_{P_{sr}}}{W_{P_{sr}}} 100 \% \quad (3)$$

gdzie:

$W_{S_{sr}}$ – wartość średnia wskazania przyrządu,

$W_{P_{sr}}$ – wartość odniesienia średnia,

oraz dodatkowo, dla przyrządów układających do pomiaru długości tkanin, przy pomiarach długości warstwy mierzonej tkaniny:

- c) błąd bezwzględny:

$$\Delta L = L_n - W_{P_{sr}} \quad (4)$$

- d) błąd względny

$$\delta = \frac{L_n - W_{P_{sr}}}{W_{P_{sr}}} 100 \% \quad (5)$$

gdzie:

L_n – długość warstwy mierzonej tkaniny,

$W_{P_{sr}}$ – wartość odniesienia średnia.

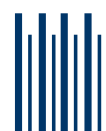
Dokumentowanie wyników sprawdzenia

Wyniki oceny zgodności dokumentowane są w zapisach sprawdzenia przyrządów do pomiaru długości, opracowanych w Jednostce Notyfikowanej JN 1442. W wyniku stwierdzenia, że przyrząd spełnia wymagania określone w załączniku nr 9 do ww. rozporządzenia [2], wystawia się dla niego certyfikat zgodności oraz umieszcza na nim cechy zabezpieczające w miejscach określonych w certyfikacie badania typu UE lub przewidzianych przez producenta (w przypadku przyrządów mechanicznych lub elektromechanicznych).

Realizacja oceny zgodności przyrządów do pomiaru długości w praktyce

Wydawałoby się, że przeprowadzenie oceny zgodności przyrządu do pomiaru długości nie jest skomplikowane. Zmierzenie określonej długości materiału (druetu, kabla, materiałów taśmowych, opatrunkowych, papierowych czy tkanin) przy wykorzystaniu sprawdzanego przyrządu, a następnie zweryfikowanie uzyskanego wyniku przy użyciu przymiaru kontrolnego nie powinno sprawiać trudności. Nic bardziej mylnego. Problemem nie są same pomiary, a logistyka z nimi związana.

Oceny zgodności przyrządów do pomiaru długości przeprowadzane są w siedzibie producenta (upoważnionego przedstawiciela) lub w miejscu ich zainstalowania. Sprawdzenia przeprowadzane w siedzibie producenta zazwyczaj przebiegają sprawnie. Niestety w przypadku ocen zgodności, wykonywanych w miejscu zainstalowania przyrządu do pomiaru długości, tego komfortu już nie ma. Większość przyrządów do pomiaru długości, zgłaszanych do oceny zgodności w Jednostce Notyfikowanej JN 1442, ze względu na swoje przeznaczenie instalowana jest w marketach budowlanych zlokalizowanych na terenie całego kraju. Należy pamiętać, że podczas sprawdzenia tych przyrządów pomiarowych wykonywanych jest kilkanaście pomiarów około dwudziestometrowych odcinków materiałów, które po zmierzeniu przez przyrząd do pomiaru długości muszą być ponownie zmierzone przy użyciu przymiaru kontrolnego. Znalezienie miejsca o wystarczającej długości, nie uczęszczanego przez klientów, gdzie można by rozłożyć zmierzony materiał i przymiar wstęgowy, w rzeczywistości jest bardzo trudne. Dlatego, często, pomiary wykonywane są w obecności klientów, co niestety obarczone jest ryzykiem uszkodzenia przymiaru kontrolnego. Sytuacja taka może mieć miejsce, kiedy zainteresowany asortymentem marketu klient nadejście lub najedzie wózkami sklepowymi na przymiar kontrolny, w momencie, gdy ten jest rozwinięty w celu dokonania pomiarów. Biorąc pod uwagę to ryzyko oraz starając się je minimalizować, pracownicy, wykonujący ocenę zgodności, przeprowadzają pomiary w miejscach, gdzie w danym momencie klientów nie ma. Niestety takie postępowanie sprawia, że cały proces pomiarów ulega znacznemu wydłużeniu. W idealnych warunkach, procedura pomiarowa powinna zakończyć się w ciągu 45 minut. W praktyce zdarza się, że sprawdzenie jednego przyrządu może trwać nawet trzy godziny. Sytuacja staje się jeszcze bardziej skomplikowana w przypadku ocen zgodności wykonywanych w innych miastach niż siedziba Jednostki Notyfikowanej JN 1442. Powszechną praktyką stosowaną przez producentów (upoważnionych przedstawicieli) jest łączenie zainstalowania przyrządu do pomiaru długości w markecie z jego (tj. przyrządu) jednoczesną oceną



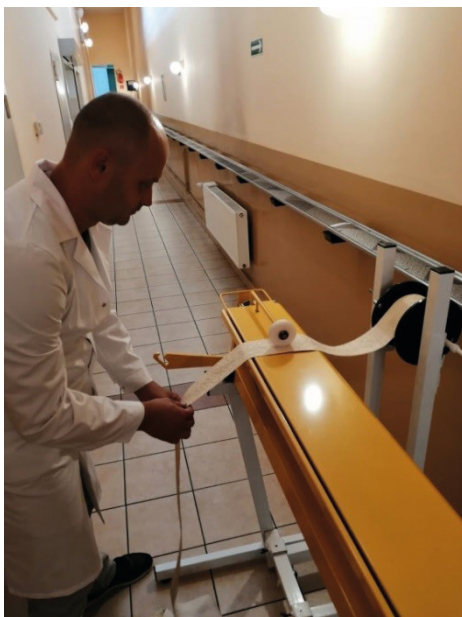
zgodności. Oznacza to, że pracownicy oddelegowani do przeprowadzenia oceny zgodności muszą czekać na jego przygotowanie do sprawdzenia. W konsekwencji czas ich pracy nie jest efektywnie wykorzystany.

Uruchomienie stanowiska pomiarowego do oceny zgodności przyrządów do pomiaru długości w Wydziale Zamiejscowym w Brodnicy Okręgowego Urzędu Miar w Bydgoszczy

Motorem do podjęcia działań związanych z uruchomieniem stanowiska pomiarowego do oceny zgodności przyrządów do pomiaru długości w Wydziale Zamiejscowym w Brodnicy było wpłynięcie zapytania producenta, dotyczącego możliwości przeprowadzenia oceny zgodności ponad 80 przyrządów do pomiaru długości, rozlokowanych w 29 miejscowościach na terenie całego kraju. Wśród zgłoszonych lokalizacji były między innymi Rumia, Cieszyń, Jelenia Góra czy Chełm. W skrajnym przypadku potencjalne miejsce przeprowadzenia oceny zgodności było oddalone od siedziby Jednostki Notyfikowanej 1442 o ponad 530 km. Niemniej jednak Jednostka Notyfikowana 1442 podjęła próbę ustalenia warunków przeprowadzenia oceny zgodności przyrządów do pomiaru długości, zgodnie z zapytaniem producenta. W wyniku przeprowadzonej analizy ustalono, że jej przeprowadzenie wiązałoby się ze zorganizowaniem kilkunastu dwudniowych wyjazdów dla dwóch pracowników, działających w ramach Jednostki Notyfikowanej 1442. Podsumowując, zauważono, że potencjalne koszty podróży służbowych oddelegowanych pracowników byłyby

znacznie wyższe niż uzyskane dochody z przeprowadzonych czynności. Biorąc pod uwagę fakt, że wszystkie te koszty ostatecznie pokrywałby producent zgłaszanych przyrządów pomiarowych, starano się je maksymalnie zminimalizować, planując wyjazdy w taki sposób, aby grupować miejscowości znajdujące się niedaleko od siebie. Niemniej jednak, opłata za samą ocenę zgodności przyrządu pomiarowego stanowiłaby niewielką część wszystkich poniesionych przez producenta opłat. Nie bez znaczenia był również fakt, że zarówno pracownicy Jednostki Notyfikowanej 1442, oddelegowani do oceny zgodności, jak i pracownicy producenta byłiby ponad miesiąc poza stałym miejscem pracy. Natomiast, biorąc pod uwagę możliwość rozłożenia wszystkich wyjazdów w czasie, zgłoszenie mogłoby być zrealizowane w ciągu trzech lub czterech miesięcy. Dlatego konieczne było znalezienie alternatywy dla tego trybu postępowania.

Pierwsze pytanie, jakie padło, to: czy istnieje sposób na jeszcze większą minimalizację kosztów podróży służbowych, oddelegowanych do oceny zgodności pracowników Jednostki Notyfikowanej 1442? Czy dla producenta nie byłoby bardziej korzystne przywiezienie przyrządów w jedno miejsce, gdzie przeprowadzona byłaby ocena zgodności? Ale gdzie? Szybki przegląd infrastruktury Okręgowego Urzędu Miar w Bydgoszczy dał odpowiedź na to pytanie. Jedyne miejsce, gdzie można w sposób komfortowy dokonać pomiaru dwudziestometrowego odcinka mierzonego materiału jest Wydział Zamiejscowy w Brodnicy. Znajduje się tam stanowisko do wzorcowania materialnych miar długości, w skład którego wchodzi 25-metrowy komparator oraz przymiar kontrolny.



Rys. 4. Stanowisko do oceny zgodności przyrządów do pomiaru długości w Wydziale Zamiejscowym w Brodnicy Okręgowego Urzędu Miar w Bydgoszczy

Kolejne pytanie, jakie padło, to jak? Przyrządy do pomiaru długości często są składowymi większych konstrukcji (np. stojaki na wykładowiny), które posiadają specjalne przyłącze dla takiego przyrządu. W tej kwestii pomógł producent, który również był zainteresowany zmniejszeniem kosztów oceny zgodności oraz skróceniem czasu jej przeprowadzenia. W wyniku wzajemnych ustaleń Wydział Zamiejscowy w Brodnicy został wyposażony w specjalne mocowania, które umożliwiły sprawdzanie przyrządów do pomiaru długości w warunkach zbliżonych do codziennej eksploatacji. Kwestia różnego rodzaju materiałów, niezbędnych do przeprowadzenia sprawdzenia, nie stanowiła problemu. Koszt ich zakupu był niewielki.

Pozostało pytanie: kto? Wydawało się oczywiste, że ocenę zgodności powinien docelowo przeprowadzać pracownik zatrudniony w Wydziale Zamiejscowym w Brodnicy. Jednak w czasie powstawania stanowiska do oceny zgodności przyrządów do pomiaru długości nikt z Wydziału nie posiadał wystarczających kompetencji w tym zakresie. Dlatego pierwsze oceny zgodności na nowouruchomionym stanowisku były wykonywane przez Kierownika Technicznego Jednostki Notyfikowanej 1442, z jednoczesnym szkoleniem wyznaczonego pracownika Wydziału Zamiejscowego w Brodnicy. Ze względu na dużą ilość zgłoszonych do oceny zgodności przyrządów pomiarowych, proces ten przebiegł bardzo sprawnie i w niedługim czasie wspomniany pracownik uzyskał uprawnienia do wykonywania ocen zgodności przyrządów do pomiaru długości.

W ciągu roku funkcjonowania stanowiska przeprowadzonych zostało ponad 120 ocen zgodności przyrządów do pomiaru długości, a producent ww. przyrządów pomiarowych deklaruje chęć dalszej współpracy.

Podsumowanie

Uruchomienie stanowiska w Wydziale Zamiejscowym w Brodnicy wpisuje się w realizację aż czterech celów głównych, wymienionych w „Czteroletnim strategicznym planie działania Głównego Urzędu Miar 2018–2021” tj.:

- Cel 3. Pogłębiona współpraca oraz transfer wiedzy i technologii, wynikające z rosnących potrzeb polskiego przemysłu i społeczeństwa;
- Cel 4. Szeroka oferta i wysoka jakość usług;
- Cel 5. Kompetentny, nastawiony na rozwój, dobrze zmotywowany personel, przygotowany do realizacji zadań na rzecz innowacyjnej i konkurencyjnej gospodarki;

Cel 6. Dobrze zorganizowana sieć wyspecjalizowanych placówek terenowych, posiadająca odpowiednie do zadań zaplecze techniczne i kadrowe.

Jednocześnie, uruchomienie stanowiska rozwiązało problemy logistyczne związane z oceną zgodności przyrządów do pomiaru długości, realizowaną w miejscu ich zainstalowania. W tym przypadku klienci marketów nie utrudniają wykonywania pomiarów, więc przymiar kontrolny jest na stałe rozłożony podczas sprawdzenia. Wykorzystanie komparatora umożliwiło wykonywanie pomiarów w bardziej komfortowych warunkach, dzięki czemu procedura pomiarowa uległa skróceniu do 30 minut. Nie bez znaczenia jest również fakt, że możliwość realizacji oceny zgodności w siedzibie urzędu zmniejszyła opłaty za jej przeprowadzenie o koszty podróży służbowych delegowanych pracowników.

Sprawdzenie tych przyrządów może być przeprowadzone w oparciu o różne procedury oceny zgodności. Dla przyrządów mechanicznych lub elektromechanicznych producenci najczęściej wybierają moduł F1 – weryfikacja wyrobu w oparciu o dokumentację techniczną. W przypadku przyrządów elektronicznych lub zawierających oprogramowanie, najchętniej wybieraną formą jest badanie typu UE (moduł B), połączone z weryfikacją wyrobu (moduł F). Podstawą przeprowadzania oceny zgodności w tym przypadku jest certyfikat badania typu przyrządu pomiarowego, wydany przez jednostkę notyfikowaną.

Literatura

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/32/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku przyrządów pomiarowych (wersja przekształcona). Dz. Urz. UE L 96/149 z dnia 29 marca 2014 r.
- [2] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 2 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla przyrządów pomiarowych. Dz. U. z 2016 r. poz. 815.
- [3] Ustawa z dnia 13 kwietnia 2016 r. o systemach oceny zgodności i nadzoru rynku. Dz. U. z 2019 r. poz. 544.
- [4] Dokument OIML R 66 Length Measuring instruments.
- [5] Przewodnik dotyczący nadzoru rynku i kontroli poszczególnych rodzajów przyrządów pomiarowych przeznaczony dla pracowników administracji miar. Główny Urząd Miar, wrzesień 2016 r.



Opracowanie w Okręgowym Urzędzie Probiernym w Krakowie zminiaturyzowanych wizerunków cech probiernych, stosowanych do oznaczania wyrobów jubilerskich metodą laserową

Development of miniaturized images of hallmarks used for marking jewellery by the laser method at the Regional Assay Office in Cracow

Robert Wójtowicz, Paweł Kowalówka (Okręgowy Urząd Probierny w Krakowie)

Niniejszy artykuł stanowi informację o przygotowaniu i wdrożeniu w Okręgowym Urzędzie Probiernym w Krakowie procesu zminiaturyzacji wizerunków cech probiernych dla wszystkich prób złota i srebra oraz oznaczenia „MET”, stosowanych do oznaczania wyrobów jubilerskich metodą laserową, w związku z koniecznością zapewnienia jakości oznaczeń na wyrobach o małej masie i skomplikowanych kształtach.

This article provides information about the preparation and implementation at the Regional Assay Office in Cracow of the miniaturization process of hallmarks images for all gold and silver standards of fineness and the “MET” mark, used for laser marking of jewellery products, due to the need to ensure quality marking for low-weight and complicated shapes articles.

Zmieniające się wzornictwo wyrobów jubilerskich, ich niewielkie gabaryty oraz masa, zaobserwowane w ostatnich latach, głównie w importowanej biżuterii zgłaszanej do badania i oznaczania w Okręgowych Urzędach Probiernych w Krakowie oraz w Warszawie, stały się powodem poszukiwania rozwiązań godzących interes branży złotniczej, w szczególności importerów, z wymaganiami stawianymi przez regulacje prawne. Problem dotyczy wyrobów, których nie można oznaczyć tradycyjną metodą mechaniczną, a jedynie przy użyciu urządzenia do laserowego oznaczania.

Przyczyną opisanej wyżej zminiaturyzacji wyrobów jest wzrost cen kruszców, szczególnie złota (rys. 1), powodujący znaczące obniżenie masy stopu użytego

przez producentów biżuterii w wyrobach z metali szlachetnych.

Krajowi producenci, doskonale znający polskie prawo probiercze, w większości przypadków, przy wytwarzaniu wyrobów, uwzględniają miejsce na umieszczenie cechy probierczej. Mniej komfortowa jest sytuacja importerów, którzy – kupując gotowe wyroby – nie mają wpływu na ich konstrukcję i kształt. Ponadto, importerzy bardzo często nie korzystają z przywileju ustawowego zwolnienia z obowiązku badania i oznaczania wyrobów w urzędach probiernych z uwagi na masę stopu w wyrobie (<1 g dla wyrobu ze stopu Au i <5 g dla wyrobu ze stopu Ag). Zgłaszają oni wyroby w urzędach probiernych argumentując, że wyroby oznaczone polską cechą



Rys. 1. Cena uncji złota w latach 1994–2019 (1 k = 1000 zł)
Opracowano na podstawie danych zamieszczonych na www.goldenmark.com

probierczą „lepiej się sprzedają”. Jest to jednak tylko część prawdy. W przypadku wyrobów pochodzących z zagranicy, w których masa stopu z metalu szlachetnego jest mniejsza niż obowiązujące ustawowe progi zwalniające, na importerze spoczywa obowiązek umieszczenia na wprowadzanych do obrotu wyrobach znaku importera, a na dołączonych do wyrobów metkach – informacji o ich próbie i masie (np. 0,925 Ag, masa < 5 g). Powoduje to sytuację, w której odium odpowiedzialności za próbę spoczywa na importerze. Poza tym generuje to dodatkowe koszty w działalności: występuje konieczność wykonania imiennika, a w przypadku jednoosobowej działalności – zachodzi często potrzeba zatrudnienia dodatkowych osób do umieszczania znaków importera. Ponadto, przy delikatnych wyrobach, o skomplikowanej konstrukcji, już w trakcie umieszczania znaku imiennego, wyroby mogą ulec uszkodzeniu.

Z tych przyczyn importerom opłaca się zgłaszać do badania i oznaczania w urzędach probierczych wszystkie wyroby, niezależnie od masy elementów ze stopu metalu szlachetnego. Opłaty ponoszone za czynności probiercze nie są wysokie, a odpowiedzialność, zarówno za próbę, jak również za stan techniczny oznaczanych wyrobów, spoczywa na urzędzie.

Zarówno badanie, jak również końcowy etap pracy w urzędach probierczych, polegający na oznaczeniu takich wyrobów, po podjęciu decyzji o próbie, jest obciążony dużym ryzykiem ich uszkodzenia. Dodatkowo na przedmiotach o małej masie i gabarytach, nie ma wystarczająco dużo miejsca, przeznaczonego do prawidłowego i czytelnego umieszczenia cechy probierczej (rys. 2–3).



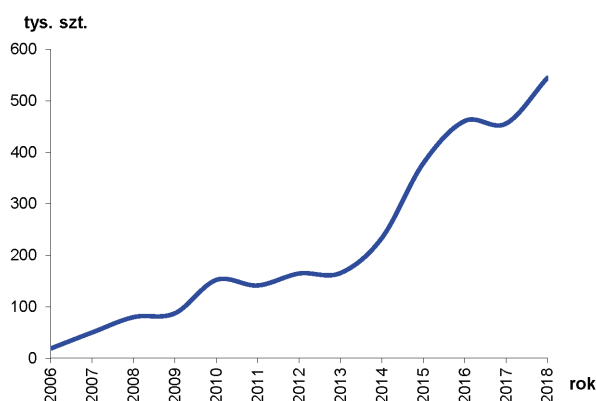
Rys. 2. Pierścionek, w którym kamienie – gęsto rozmieszczone wzdłuż szyny – utrudniają i zawężają dostęp do powierzchni oznaczania

Stosowane od 15 lat w Okręgowych Urzędach Probierczych w Krakowie i w Warszawie urządzenia do oznaczania laserowego, pozwalają na umieszczenie cech na wyrobach „dętych” (pustych w środku), jak również o nietypowych kształtach oraz w miejscach, gdzie umieszczenie cechy metodą tradycyjną może doprowadzić do odkształcenia, a nawet uszkodzenia wyrobu. Metoda



Rys. 3. Zapięcie naszyjnika, w którym oznaczenia producenta zawężają dostęp do powierzchni

oznaczania wyrobów przy użyciu urządzenia laserowego nadal zyskuje coraz większą popularność wśród klientów zgłaszających wyroby do urzędów probierczych, co przejawia się znaczącym wzrostem liczby umieszczanych cech laserowych (rys. 4), pomimo pobierania przez urząd dodatkowej opłaty za oznaczanie tą metodą (w wysokości 1,20 zł za oznaczenie).



Rys. 4. Łączna liczba wykonanych oznaczeń laserowych w Okręgowych Urzędach Probierczych w Krakowie i w Warszawie

Ograniczenia związane z niewielkimi rozmiarami elementów w wyrobach, na których ma być naniesiona cecha probiercza o dotychczas stosowanych wymiarach sprawiają, że często oznaczenie jest technicznie niemożliwe i zamiast cechy probierczej, podmiot zgłaszający otrzymuje w zastępstwie świadectwo badania. Rosnąca liczba wydawanych przez urzędy probiercze świadectw badania dla wyrobów, trudności i koszty towarzyszące ich wystawieniu, problemy, jakie zdarzają się podczas transportu (obrotu) tych wyrobów (możliwość ich zniszczenia, zagubienia, odłączenia od właściwego wyrobu), a także odmowa ich honorowania przez urzędy probiercze krajów członkowskich UE, stały się przyczyną poszukiwań nowych rozwiązań.

Potrzebę rozpoczęcia prac nad pomniejszonymi cechami probierczymi dla najczęściej pojawiających się stopów złotych i srebrnych zasygnalizowano w trakcie spotkania naczelników wydziałów technicznych

i zamiejscowych Okręgowych Urzędów Probierczych w Krakowie i w Warszawie, na wspólnej naradzie, w marcu 2019 roku, w Gdańsku.

Miniaturyzacja cech probierczych jest możliwa bez potrzeby zmiany przepisów prawnych. Zarówno bowiem w ustawie z dnia 1 kwietnia 2011 roku Prawo probiercze (t.j. Dz. U. z 2019 r., poz. 129), jak również w pakiecie rozporządzeń do niej, nie ma informacji i zaleceń odnośnie wymiarów obowiązujących cech.

Głównym problemem podczas ustalania nowego rozmiaru miniaturyzowanych cech probierczych, zarówno dla stopów złota, jak też srebra, była czytelność nanoszonego na stopy metali szlachetnych pomniejszonego wizerunku cechy oraz jego trwałość w trakcie użytkowania.

Pierwsze prowadzone próby potwierdziły, że jest to możliwe jedynie w przypadku wizerunków liniowych, gdyż wizerunki plastyczne były mało czytelne.

Przy laserowym, liniowym wizerunku cechy probierczej, gęsto przebiegające linie tworzą, trudny do powielenia dla „niewtajemniczonego”, wzór (rys. 5). Powierzchnia znakowania dla pojedynczego znaku lub cechy probierczej nie przekracza 2 mm².

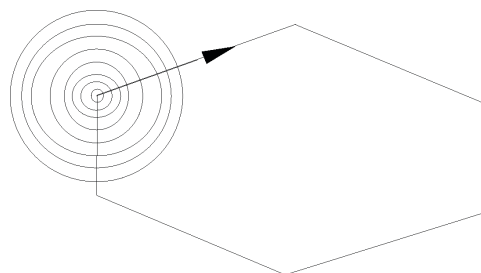


Rys. 5. Wizerunek cechy dodatkowej stosowanej do wyrobów ze stopów złota po zmniejszeniu ma rozmiar 0,93 mm × 0,93 mm

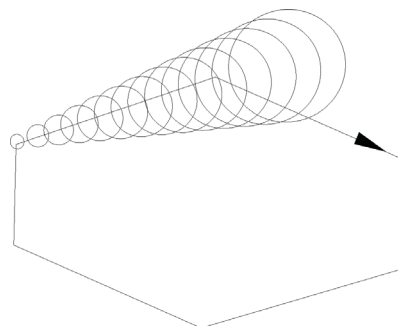
Zanim ustalono optymalny rozmiar cechy spełniającej wymagania w zakresie czytelności i trwałości znaku na poziomie akceptowalnym przez Wydział Nadzoru Okręgowego Urzędu Probierczego w Krakowie, konieczne było przygotowanie nowych wartości parametrów wykorzystywanych przez urządzenie do laserowego oznaczania. Wytworzenie widocznego znaku na stopie metalu szlachetnego wymaga:

- użycia dużej mocy,
- wysokiej częstości powtarzania impulsów,
- niewielkiej szybkości, aby uzyskać utlenienie powierzchni materiału.

Stosowane do tej pory opóźnienie włączenia lasera miało zatem na celu koncentrację ciepła w materiale, co ułatwi rozpoczęcie procesu znakowania przez urządzenie. Takie rozwiązanie jest korektą szerokości linii na początku oraz na końcu śladu. Im mniejsza powierzchnia znaku,

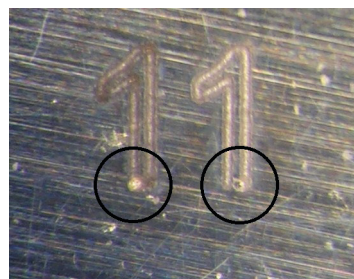


Rys. 6. Duża koncentracja mocy na początku pracy lasera, skutkująca większym śladem początkowym



Rys. 7. Praca lasera bez opóźnienia o rosnącym natężeniu

tym bardziej widoczny staje się ślad (punkt), będący efektem opisywanej koncentracji ciepła, związanej z rozpoczęciem cyklu pracy przez urządzenie (rys. 6 i 8). Zmniejszenie opóźnienia włączenia i wyłączenia lasera, czyli ustalenie opisywanych prędkości na poziomie zbliżonym do zera, dało dużo lepsze rezultaty w pracy z pomniejszonymi cechami (rys. 7 i 8). Korekcie uległ ponadto



Rys. 8. Wpływ opóźnienia na jakość znakowania (stop złota). Po lewej stronie opóźnione rozpoczęcie znakowania z mocnym śladem, po prawej widoczny jest efekt korekty.



Rys. 9. Wzrost prędkości przesuwania wiązki lasera po znakowanej powierzchni. Niskie prędkości (z lewej strony) zwiększają ryzyko nadpalenia znakowanej powierzchni. Wysokie wartości (z prawej strony) obniżają jakość znaku w postaci rozproszonego śladu, czego efektem jest znakowanie „kropkowane”. Optymalna wartość uzyskana została w środkowej próbie.

parametr prędkości (rys. 9), który określa szybkość przesuwania się wiązki laserowej po materiale podczas znakowania oraz druga z prędkości – szybkość przeskoku wiązki z jednego punktu do drugiego.

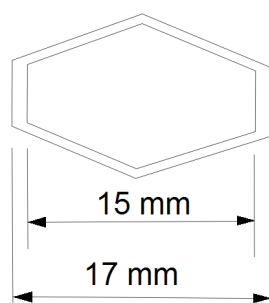
Próby pomniejszenia cech probierczych o wizerunku liniowym, z uwzględnieniem powyższych modyfikacji, związanych z dostosowaniem nowych parametrów pracy, dały satysfakcjonujące efekty końcowe (rys. 10).



Rys. 10. Zmniejszona cecha probiercza o wizerunku liniowym dla stopów złota próby 0,585 Au

Ślad wytworzony przez wiązkę lasera jest ciągły i jednorodny w każdym fragmencie cechy probierczej. Tak naniesiona na stopy z metali szlachetnych cecha jest identyfikowana z każdym zawartym w obrębie jej wizerunku szczegółem w trakcie mikroskopowej identyfikacji i obserwacji, będącej kluczowym narzędziem do oceny autentyczności cechy probierczej.

Możliwe jest obecnie wykonanie laserem cech probierczych dla złotych i srebrnych stopów, których szerokość jest mniejsza o 0,2 mm od dotychczas stosowanych (rys. 11). W przypadku oznaczenia „MET”, szerokość oznaczenia zmniejszono o 0,5 mm.



Rys. 11. Porównanie szerokości cech probierczych dla wyrobów ze stopów złota przed i po zmniejszeniu

Zmniejszenie pozostałych oznaczeń nanoszonych przez urząd probierczy przy użyciu lasera (np. oznaczenia liczbowego, znaku „MET” lub znaku imiennego) nie stanowi problemu, z uwagi na fakt, iż gęstość oraz liczba linii, które tworzą opisywany znak, jest niewielka.



Rys. 12. Fragment wąskiej szyny pierścionka. Wymiary cechy probierczej ogranicza krawędź szyny.



Rys. 13. Zmniejszona cecha probiercza na niewielkiej plakietce naszyjnika

Na rys. 12 i 13 przedstawiono zmniejszone cechy probiercze umieszczone na wyrobach, na których – ze względu na brak miejsca – nie byłoby możliwości oznaczenia, zarówno tradycyjną metodą mechaniczną, jak również laserową – przy zastosowaniu cechy probierczej przed jej miniaturyzacją. Ograniczona liczba fotografii cech probierczych wynika z konieczności nieupubliczniania wizerunków cech, z uwagi na możliwość ich podrobienia.

Podobne, jak opisane powyżej działania, dotyczące cech dla wyrobów złotych, przeprowadzono przy miniaturyzacji cech podstawowych dla wszystkich prób srebra, jak również cechy dodatkowej, tzw. „godła”, z pozytywnym rezultatem.

Zestawienie wymiarów laserowych cech probierczych, stosowanych w urządach probierczych przed i po miniaturyzacji, zamieszczono w tabeli 1. Przeprowadzone działania pozwoliły na znaczące zmniejszenie wymiarów cech probierczych, co ułatwia pracę i ogranicza liczbę wydawanych świadectw badania.

I tak:

- dla stopów złota szerokość cechy podstawowej zmniejszono o 0,2 mm, a wysokość o 0,13 mm, natomiast dla cechy dodatkowej (tzw. „godła”), zarówno szerokość, jak też wysokość zmniejszono o 0,13 mm;
- dla stopów srebra szerokość cechy podstawowej zmniejszono również o 0,2 mm, a wysokość

Tab. 1. Obowiązujące rozmiary cech probierczych nanoszonych przy użyciu laserowego urządzenia w Okręgowym Urzędzie Probierczym w Krakowie

Cecha laserowa liniowa	Stopy złota (mm)				Stopy srebra (mm)				Oznaczenie MET (mm)	
	Przed miniaturyzacją		Po zminiaturyzowaniu		Przed miniaturyzacją		Po zminiaturyzowaniu		Przed miniaturyzacją	Po zminiaturyzowaniu
	podstawowa	dodatkowa	podstawowa	dodatkowa	podstawowa	dodatkowa	podstawowa	dodatkowa		
Szerokość	1,70	1,06	1,50	0,93	1,60	0,96	1,40	0,84	2,00	1,50
Wysokość	1,06	1,06	0,93	0,93	0,96	0,96	0,84	0,84	1,00	0,75

o 0,12 mm, natomiast dla cechy dodatkowej zarówno wysokość, jak i szerokość zmniejszono o 0,12 mm;

- dla oznaczenia „MET” szerokość zmniejszono o 0,5 mm, a wysokość o 0,25 mm.

Dodatkowo, przeprowadzono również próby trwałości zminiaturyzowanych cech, poprzez poddanie wyrobów ze zminiaturyzowanymi cechami procesowi ściernia, które miało symulować zużycie cechy w procesie użytkowania wyrobów przez ich posiadacza. Szczególnie narażone na uszkodzenia są pierścionki, obrączki i sygnety. Próby wypadły pomyślnie, potwierdzając trwałość umieszczanych cech.

Opracowane w OUP w Krakowie pliki wizerunków zminiaturyzowanych cech probierczych zostały przekazane do Wydziału Technicznego i wydziałów zamiejscowych, w których zostały przeprowadzone próby umieszczenia cech na użytkowanych w tych jednostkach urządzeniach do laserowego oznaczania.

Od 1 września 2019 roku, na podstawie zarządzenia wydanego przez Dyrektora OUP w Krakowie, zminiaturyzowane cechy probiercze o wizerunkach liniowych dla wszystkich prób stopów złota, srebra oraz pomniejszone oznaczenie „MET”, mogą być stosowane w wydziałach zamiejscowych i w Wydziale Technicznym Urzędu. W zależności od gabarytów oznaczanych wyrobów, jak również rozmiaru tego elementu wyrobu, na którym ma być umieszczony znak lub cecha probiercza, każdorazowo dokonywana jest ocena celowości zastosowania zminiaturyzowanej wersji.

Podsumowanie oraz podstawowe zasady oznaczania

- Zminiaturyzowanie podstawowych cech probierczych dla wszystkich prób złota i srebra oraz cech dodatkowych, przy laserowej metodzie oznaczania, powinno wyraźnie obniżyć liczbę świadectw badania, wystawianych dotychczas dla wyrobów o małych gabarytach i skomplikowanych kształtach, na których nie ma miejsca na umieszczenie cech probierczych o wymiarach sprzed miniaturyzacji.
- O umieszczeniu na zbadanych wyrobach zminiaturyzowanych cech probierczych winna decydować osoba posiadająca uprawnienia do oznaczania wyrobów metodą laserową, w porozumieniu z naczelnikiem wydziału, w którym dokonywane jest oznaczanie.
- Za zabezpieczenie wizerunków cech laserowych odpowiedzialni są naczelnicy wydziałów.
- Kontrolę przestrzegania obowiązującej procedury zabezpieczenia wizerunków laserowych cech probierczych w poszczególnych wydziałach OUP sprawują Naczelnik Wydziału Nadzoru lub jego zastępca.

Równolegle miniaturyzacja cech została dokonana w OUP w Warszawie, co – podobnie jak we wszystkich sferach działalności obydwu urzędów – pozwala na zapewnienie jednolitych procedur obsługi klientów i jednokowych standardów.

Ogólnopolskie Warsztaty Złotnicze dla Muzealników okiem uczestnika

Poland-wide Goldsmith Seminary for the Museologists by the participant's look

Marta Żuber (Okręgowy Urząd Probierny w Warszawie)

Artykuł przybliży ideę Ogólnopolskich Warsztatów Złotniczych dla Muzealników, organizowanych w Muzeum Sztuki Złotniczej w Kazimierzu Dolnym. Pokrótkę przedstawia ich historię, omawia najważniejsze elementy zrekonstruowanego dawnego warsztatu złotniczego oraz towarzyszącą mu wystawę, zorganizowaną z okazji 100-lecia odzyskania przez Polskę niepodległości. Główna część artykułu dotyczy edycji Warsztatów z 2018 r., w których autorka niniejszego opracowania uczestniczyła.

The article introduces the idea of Poland-wide Goldsmith Seminary for Museologists organized in the Goldsmith's Art Museum in Kazimierz Dolny. It also briefly presents its history, discusses the most important elements of the reconstructed old goldsmith workshop and accompanying exhibition, that was organized on the occasion of a Centenary of Poland's Regained Independence. The main part of the article concerns the 2018 seminary edition, in which the author participated.

Wstęp

Ogólnopolskie Warsztaty Złotnicze dla Muzealników, organizowane nieprzerwanie od 2009 r. w Muzeum Sztuki Złotniczej (Oddział Muzeum Nadwiślańskiego w Kazimierzu Dolnym), na stałe wpisały się w jego misję edukacyjną. Ich główną inicjatorką i organizatorką jest pani Aniela Ryndziewicz, Kierownik Oddziału Muzeum Sztuki Złotniczej. Od lat, z dużym zaangażowaniem dba o merytoryczną stronę warsztatów, ich wysoki poziom oraz dobór najlepszych wykładowców. Aniela Ryndziewicz koordynuje również wszelkie sprawy formalne i umiejętnie zdobywa fundusze, które pozwalają na ograniczenie kosztów uczestników.

Warsztaty prowadzone są w formie seminarium naukowego popartego działaniami i pokazami, co roku licznie przyciągając muzealników oraz osoby zajmujące się zawodowo i hobbystycznie zabytkami złotnictwa. Umożliwiają one poszerzenie i zweryfikowanie wiedzy, dotyczącej technik warsztatowych dawnego złotnictwa – stosowanych materiałów oraz technologii, przy jednoczesnym obserwowaniu demonstracji dawnych technik złotniczych. Nieodłącznym elementem warsztatów są dyskusje i konsultacje pomiędzy uczestnikami. Umożliwiają one wymianę doświadczeń w pracy nad zabytkami złotnictwa.

Warsztaty Złotnicze skupiają nie tylko muzealników i konserwatorów na co dzień mających styczność z dawnym złotnictwem, ale także osoby zawodowo zajmujące się pokrewnymi zagadnieniami. W kilku edycjach Warsztatów brali udział pracownicy okręgowych urzędów

probiernych. Osoby delegowane z OUP w Warszawie od lat uczestniczą w Warsztatach w podwójnej roli: uczestników i wykładowców. Przybliżają zagadnienia prawa probierczego obowiązującego w Polsce, omawiają metody badania i oznaczania wyrobów z metali szlachetnych oraz prezentują w formie praktycznej sposób badania metodą przybliżoną na kamieniu probierczym i wymieniają się swoimi doświadczeniami zawodowymi z resztą uczestników.

Rys historyczny

Od pierwszej edycji Warsztatów w 2009 r. prowadzili je: zmarły w 2014 r. pan Michał Gradowski, współzałożyciel i opiekun naukowy zbiorów Oddziału Muzeum Sztuki Złotniczej – historyk sztuki, wybitny znawca dawnej sztuki złotniczej, autor licznych publikacji naukowych, głównie o wspomnianej tematyce oraz pan Jacek Rochacki – współzałożyciel Oddziału Muzeum Sztuki Złotniczej, znawca dawnych technik złotniczych, artysta rzeźbiarz, złotnik, autor specjalistycznych tekstów z zakresu teorii i praktyki dawnej sztuki złotniczej. Po kilku latach dołączył do nich pan Marian Klabisz – złotnik, znawca dawnych technik złotniczych i konserwator zabytków dawnego złotnictwa [1].

Wykłady historyczne, prowadzone są obecnie przez specjalistów muzealników, reprezentujących muzea z wielu regionów Polski. Do ich grona należą: pani Joanna Paprocka z Muzeum Pałacu Króla Jana III w Wilanowie, pani Małgorzata Gorczyca z Muzeum Okręgowego w Koninie, pan Dariusz Nowacki z Zamku Królewskiego



na Wawelu, pani Anna Saratowicz-Dudyńska z Zamku Królewskiego w Warszawie i pan Ryszard Bobrow z Muzeum Narodowego w Warszawie.

Zajęcia w ramach Warsztatów prowadzono głównie z wykorzystaniem wyposażenia dawnej pracowni złotniczej, które trafiło do Oddziału Muzeum Sztuki Złotniczej w 2004 r. Ten niezwykle cenny nabytek, składający się z około 300 narzędzi, maszyn i urządzeń, udało się pozyskać dla Muzeum na drodze zakupu (i częściowej darowizny) z pracowni złotniczej, funkcjonującej nieprzerwanie przy Rynku w Krakowie od 1858 r., aż do lat 80. XX wieku. Jej założycielem i pierwszym właścicielem był złotnik, pan Waław Głowacki, a ostatnim – pan Piotr Chmieliński. Warsztat przechodził z rąk do rąk przez cztery pokolenia w obrębie jednej rodziny, co czyni cały zbiór jeszcze cenniejszym – jednorodnym.

Edycja Ogólnopolskich Warsztatów Złotniczych dla Muzealników z 2018 r.

W 2018 r. Ogólnopolskie Warsztaty Złotnicze dla Muzealników zorganizowano na jesieni, w dniach 22–24 października. Zajęcia praktyczne w zrekonstruowanym warsztacie złotniczym odbywały się w Gmachu Głównym Muzeum Nadwiślańskiego przy kazimierskim Rynku. Tam też miały miejsce wykłady otwarte dla publiczności, dotyczące biżuterii patriotycznej oraz warsztatów i technik złotniczych. Zajęcia teoretyczne i teoretyczno-praktyczne dla uczestników warsztatów prowadzono w tzw. „Rejchertówce” – Domu Pracy Twórczej Katolickiego Uniwersytetu Lubelskiego.

Zajęcia praktyczne w zrekonstruowanym dawnym warsztacie złotniczym

Zrekonstruowanie dawnego warsztatu złotniczego (fot. 1), o którym wspomniano wcześniej, było możliwe dzięki dofinansowaniu ze środków Ministra Kultury



Fot. 1. Wnętrze zrekonstruowanego dawnego warsztatu złotniczego

i Dziedzictwa Narodowego, w ramach programu Wspieranie Działań Muzealnych 2018. Oficjalne otwarcie ekspozycji dla zwiedzających miało miejsce 21 października 2018 r., a więc w przeddzień zeszłorocznej edycji Warsztatów.

Zajęcia praktyczne, prowadzone przez mistrza złotniczego, pana Mariana Klabisza, obejmowały omówienie poszczególnych elementów warsztatu – przeznaczenia, sposobów i technik użytkowania rozlicznych narzędzi, urządzeń i maszyn oraz prezentacji dawnych technik złotniczych (fot. 2).



Fot. 2. Wycinanie elementów ze srebrnej blachy do dalszej obróbki

Przez ręce uczestników przechodziły młotki, pilniki, nożyce i ryłce. Z żywym zainteresowaniem oglądano tygły i cęgi do ich przenoszenia oraz wlewaki – formy do wlewania stopionego metalu, w celu uzyskania wlewka (metal u pożądanym kształcie). Pan Klabisz omawiał zasady eksploatacji zrekonstruowanego pieca opalanego węglem drzewnym i dmuchawy mechanicznej, wspomagającej jego prawidłową pracę. Pokazywał, jak działa agregat benzynowy i wymagająca dużo wprawy letroarka, czyli fajfka (ustna dmuchawka) – mosiężna, zakrzywiona na końcu rurka wykorzystywana przy obróbce termicznej małych przedmiotów. Fajfkę wkładano do lampki spirytusowej i dmuchając w nią umiejętnie, uzyskiwano równomierny płomień roboczy.

W centralnej części zrekonstruowanego warsztatu ustawiono jednostanowiskowy stół złotniczy z charakterystycznym głębokim wcięciem. Błat takiego stołu zwany jest werkbłatem, a pośrodku wcięcia zamocowany jest fajnagel – klin z twardego drewna do drobnej obróbki mechanicznej. Przy stole złotniczym pan Klabisz prezentował między innymi metodę cięcia metalu za pomocą piłki ramowej, zwanej gesztelką (fot. 3). Jest to czynność dość trudna, wymagająca przede wszystkim bardzo pewnej ręki, o czym przekonali się liczni uczestnicy warsztatów, którzy próbowali swych sił w tym zadaniu.



Fot. 3. Cięcie blachy za pomocą gesztelki



Fot. 4. Cyzelowanie za pomocą puncyn i młotków cyzellerskich

Na chętnych czekało również rozkuwanie blachy na pniu z osadzonym kowadłem i walcowanie na walczarce ręcznej oraz przeciąganie drutu przez cjazyn, czyli płytkę ze zmniejszającymi się otworami o lejkowatych profilach. Ostatnia z wymienionych czynności nastroczała uczestnikom sporo trudności, wymagając przede wszystkim użycia dużej siły.

Z ogromnym zainteresowaniem przyjęto omówienie narzędzi i technik grawerskich (grawerowanie – „wycinanie” linii tworzących grawerowaną dekorację) oraz repuserskich (repusowanie – wykuwanie przedstawień lub ornamentów reliefowych). Wszyscy uczestnicy Warsztatów próbowali swoich sił w technice zdobniczej zwanej cyzelowaniem, polegającej na wybijaniu puncynami wklęsło-wypukłych wzorów na blasze przy pomocy młotków cyzellerskich (fot. 4).

Zajęcia teoretyczne Warsztatów Złotniczych

Większość uczestników Warsztatów stanowili wybitni znawcy złotnictwa: muzealnicy – kuratorzy działów złotnictwa z całej Polski, konserwatorzy, historycy sztuki, osoby mające zawodowo do czynienia z wyrobami złotniczymi i jubilerskimi. Dzielili się oni swoją wiedzą i doświadczeniem w otwartych referatach, wygłaszanych dla wszystkich chętnych w Muzeum Nadwiślańskim, a także podczas wieczornych spotkań uczestników Warsztatów. Wygłaszane referaty stawały się doskonałą okazją do wymiany spostrzeżeń na temat badań naukowych nad dawnym złotnictwem, wyzwań konserwatorskich, właściwej organizacji i prezentacji zbiorów złotniczych.

Zrekonstruowanemu warsztatowi złotniczemu towarzyszyła wystawa w ramach projektu „Dawny warsztat złotniczy. Historia polskiej biżuterii patriotycznej”, wpisująca się w obchody 100-lecia Odzyskania przez Polskę Niepodległości. Jej główną częścią był zbiór 80 sztanc złotniczych, w większości służących do wyrobu polskiej biżuterii patriotycznej. Na wystawie zaprezentowano również wiele przykładów takiej biżuterii, a liczne plansze informacyjne opisywały historię i sposób ich wytwarzania.

Zwiedzanie wystawy ułatwiała publikacja pana Jacka A. Rochackiego, zatytułowana „Przewodnik po dawnym warsztacie złotniczym”, stanowiąca opis dawnych technik złotniczych i sposobów wykorzystywania poszczególnych narzędzi warsztatowych. Pozycja ta jest wartościowa, nie tylko w kontekście opisywanych wydarzeń i zbiorów muzealnych. Zawiera ona obszerny, dobrze zdefiniowany zbiór przedmiotów i czynności wykonywanych w warsztatach złotniczych, poparty trafnie dobranymi ilustracjami. Poprzedzona krótkim wstępem na temat dawnego złotnictwa i pracowni tego rzemiosła, publikacja dostarcza podstawowych, usystematyzowanych wiadomości.

Znaczenie Ogólnopolskich Warsztatów Złotniczych dla pracowników urzędów probierczych

Udział w Warsztatach Złotniczych znacznie przyczynia się do rozwoju zawodowego pracowników urzędów probierczych. Zapoznanie się z dawnymi technikami złotniczymi omawianymi oraz prezentowanymi podczas zajęć pozwala lepiej rozumieć procesy produkcyjne, jakim

były i są poddawane wyroby trafiające do naszych urzędów. Dla probierzy – osób badających zawartość metali szlachetnych w wyrobach, wiedza pozyskiwana podczas Warsztatów jest pomocna w codziennej pracy, zwłaszcza gdy mają oni do czynienia z wyrobami dawnego pochodzenia.

Przedmioty dawnego pochodzenia (starsze niż 60 lat) stanowią dość liczną grupę przedmiotów trafiających do urzędów probierczych. Obowiązujące prawo zwalnia je z obowiązkowego badania i oznaczania, ale jeśli pojawia się próba wprowadzenia ich do obrotu – właściciele komisów i antykwariatów, a także przyszli nabywcy, czują się bezpieczniej, w sytuacji, gdy taki przedmiot został sprawdzony w urzędzie i opisany w świadectwie badania. Z tych przyczyn bardzo istotną sprawą jest szkolenie pracowników OUP w dziedzinie historii sztuki złotnictwa i w dziedzinie praktycznej znajomości warsztatu złotniczego.

Zazwyczaj technologia wykonania starszych wyrobów istotnie różni się od stosowanej współcześnie, a dawne techniki zdobnicze odeszły w zapomnienie lub zostały zastąpione prostszymi formami, co bez fachowej wiedzy i doświadczenia w obcowaniu z tego typu wyrobami stanowi barierę w ich prawidłowym rozumieniu i badaniu. Informacje pozyskiwane na Warsztatach znajdują zastosowanie również przy wystawianiu świadectw badania, na których często koniecznym jest zamieszczanie opisu poszczególnych elementów lub zdobień wyrobów.

Ważnym aspektem Warsztatów jest zapoznanie się, dzięki specjalistom w tej dziedzinie, z dawnymi znakami imiennymi poszczególnych wytwórców i oznaczeniami miejskimi stosowanymi na wyrobach, a także z ich falsyfikatami. Pomaga to pracownikom urzędów probierczych w późniejszej pracy, przy szybkiej identyfikacji oznaczeń albo w odpowiednim doborze fachowej literatury przedmiotu.



Fot. 5. Uczestnicy Edycji Warsztatów Złotniczych dla Muzealników z 2018 roku

Należy wyraźnie podkreślić, że najistotniejszym aspektem Warsztatów, który potem przekłada się na wyżej opisane zadania pracowników urzędów probierczych, jest ich element praktyczny. Możliwość własnoręcznego wykonania prostych elementów zdobniczych albo elementów składowych wyrobów, uzmysławia cały proces technologiczny. Oglądanie z bliska pracy mistrza złotniczego odtworzonego dawne techniki, ukazuje kolejność i znaczenie każdej czynności. Prezentowane przez uczestników warsztatów zbiory złotnicze i jubilerskie przedstawiają mnogość form konkretnych wyrobów oraz ich zmienność w ciągu wieków. Możliwość wzięcia dawnych wyrobów złotniczych do ręki i przyjrzenie im się z bliska posiada niebywałą wartość edukacyjną dla osób związanych zawodowo z probiernictwem.

Zakończenie

Ogólnopolskie Warsztaty Złotnicze dla Muzealników, pomimo swojej ukierunkowanej nazwy, znajdują uznanie wśród kręgów zawodowo lub hobbystycznie związanych ze złotnictwem. Stanowią jedyną w Polsce, mocno naukową, teoretyczno-praktyczną formę edukacyjną dotyczącą dawnego złotnictwa, wypełniając lukę i zapotrzebowanie w tym zakresie. Coroczne duże zainteresowanie Warsztatami to poświadcza (fot. 5).

Warsztaty Złotnicze na stałe wpisały się w działalność urzędów probierczych, umożliwiając ich pracownikom zdobywanie wiedzy, wymianę doświadczeń z wybitnymi znawcami sztuki złotniczej i jubilerskiej, nawiązywanie kontaktów zawodowych, ale także dzielenie się swoimi umiejętnościami i informacjami na temat probiernictwa.

Literatura

- [1] Rochacki J.A., 2018, Przewodnik po dawnym warsztacie złotniczym, Kazimierz Dolny.
- [2] Źródła internetowe:
<https://www.mnkd.pl/ogolnopolskie-warsztaty-zlotnicze-dla-muzealnikow> (dostęp: 17.08.2019 r.)
<https://www.mnkd.pl/rekonstrukcja-wnetrza-dawnego-warsztatu-zlotniczego> (dostęp: 16.08.2019 r.)
<https://www.mnkd.pl/dawny-warsztat-zlotniczy-historia-polskiej-bizuterii-patriotycznej-w-r> (dostęp: 16.08.2019 r.)

Objaśnienie terminów, odnoszących się do warsztatu złotniczego oraz jego wyposażenia, podano za „Przewodnikiem po dawnym warsztacie złotniczym” autorstwa pana Jacka A. Rochackiego.

Fotografie pochodzą z prywatnych archiwów uczestników warsztatów i zostały udostępnione OUP w Warszawie do wykorzystania w tej publikacji.

Światło w służbie jednostek miar

Light at the service of measurement units

Paweł Fotowicz (Główny Urząd Miar)

Światło odegrało istotną rolę w kształtowaniu się definicji i sposobu odtwarzania jednej z podstawowych jednostek miar SI, a mianowicie metra, gdy porzucono jego definicję w oparciu o wzorzec materialny. Redefinicje spowodowane były potrzebą zwiększenia dokładności odtwarzania jednostki miary.

The light played an important role in definition and reproducing one of the basic SI units, namely the metre, when the definition based on a material standard was abandoned. The redefinitions were caused by the need to increase the accuracy of the measurement unit reproduction.

Słowa kluczowe: metr, światło, jednostka miary.

Keywords: metre, light, measurement unit.

Kariera światła

Kariera światła w dziedzinie miar zaczyna się wraz z eksperymentem Michelsona-Morleya, którego wynik został ogłoszony w 1887 roku. Mówi on, że prędkość światła jest stała i niezależna od szybkości jego źródła. Eksperyment został przeprowadzony w układzie interferometru Michelsona. Sam pomysłodawca tego układu optycznego, Albert Michelson, postanowił wykorzystać go do odtwarzania jednostki miary długości, czyli metra.

Urządzenie wykorzystuje zjawisko interferencji światła. Polega ono na nakładaniu się dwóch fal optycznych o tej samej długości, gdyż pochodzącej z tego samego źródła promieniowania. Wiązka emitowana przez to źródło jest rozdzielana na dwie równe części i odbijana powrotnie przez dwa zwierciadła, dzięki czemu mogą się spotkać fale o tej samej częstotliwości. Gdy jedno ze zwierciadeł zmienia swoje położenie, to jedna z fal przesuwa się względem drugiej, jak jedna sinusoida względem drugiej. W obrazie nazywanym prążkami interferencyjnymi powstają naprzemiennie strefy rozjaśnienia, gdy fale pokrywają się i ściemnienia, gdy fale są przesunięte o pół ich okresu. Przejście od strefy jasnej do ciemnej spowodowane jest przesunięciem jednego ze zwierciadeł o pół długości fali światła. Są to bardzo małe odległości, rzędu dziesiątek części mikrometra. Michelson zdawał sobie sprawę z jak precyzyjnym urządzeniem ma do czynienia i dlatego zaproponował wykorzystanie go do odtwarzania jednostki miary długości. W latach dziewięćdziesiątych XIX stulecia sprowadził ze Stanów Zjednoczonych Ameryki do Paryża, zbudowany przez siebie, interferometr i tam w laboratorium Międzynarodowego Biura

Miar, w latach 1892–1893, wykonywał porównania długości wzorca metra z wielokrotnością długości fali linii widmowej kadmu. Wynik porównań dał rezultat, że metr to 1 553 163,5 wielokrotności długości linii widmowej kadmu, której wartość wynosi $\lambda_{\text{Cd}} = 643,847\,22 \text{ nm}$ [1]. Pozwoliło to na zwiększenie odtwarzalności metra stukrotnie, w stosunku do precyzji jego odtwarzania przez wzorzec materialny.

Przełom w fizyce

Początek XX wieku przynosi przełom w fizyce, za sprawą teorii kwantów Maxa Plancka. Teoria ta zakłada, że każdej emisji promieniowania towarzyszy określona jej skończona porcja E , zależna od częstotliwości kwantu ν :

$$E = h \cdot \nu \quad (1)$$

gdzie h to stała kwantowa, zwana stałą Plancka.

Podejście Plancka wspierał Albert Einstein, tworząc teorię kwantową światła. Teoria ta zakłada m.in. że istnieje możliwość wyemitowania bliźniaczych, co do częstotliwości, kwantów, w procesie nazywanym emisją wymuszoną. Einstein kwanty o częstotliwościach z zakresu częstotliwości widma optycznego nazywa fotonami. Fotony emitowane są przy stałych przejściach pomiędzy dozwolonymi poziomami energetycznymi w atomie. Każdemu takiemu przejściu ze stanu wyższego energetycznie do niższego, zgodnie z zasadą zachowania energii, musi towarzyszyć emisja pojedynczego fotonu o częstotliwości wynikającej ze wzoru Plancka (1). Jeżeli atom zostanie odpowiednio wzbudzony energią zewnętrzną, to emisje odbywać się będą w postaci strumienia fotonów

o tej samej lub bardzo bliskiej częstotliwości. Zatem widmo promieniowania takiego strumienia optycznego będzie niezwykle wąskie. Oznacza to możliwość budowy interferometrów o dużych zakresach pomiarowych, jak i niezwykłej precyzji odtwarzania długości. Miarą tej precyzji jest bowiem szerokość linii widma promieniowania, im węższa tym mniejsza niepewność pomiaru. Niestety, Einstein nie doczekał się realizacji technicznej swojego teoretycznego pomysłu.

Przełomowy laser

Laser pojawił się dopiero w latach sześćdziesiątych ubiegłego stulecia. Jego nazwa wywodzi się od słów *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, czyli wzmocnienie światła (generowanego) poprzez wymuszoną emisję promieniowania. Urządzenie składa się z dwóch zespołów: emitującego światło i jego wzmacniacza. Wzmacniacz zbudowany jest z dwóch naprzeciwległych zwierciadeł, z których jedno jest częściowo przepuszczalne. Zwierciadła te tworzą rezonator, którego zadaniem jest wielokrotne poosiowe odbijanie fotonów emisji wymuszonej. Dzięki temu eliminowane są fotony, rozchodzące się w innych kierunkach niż poosiowy. Laser zatem emituje prostoliniową wiązkę promieniowania, ale co ważne z metrologicznego punktu widzenia, o bardzo wąskich liniach widmowych. Niestety jest ich na ogół wiele w widmie promieniowania. Ze zbioru tego należy wyizolować pojedynczą linię zwaną modelem podłużnym. Wykorzystuje się do tego celu specjalne materiały absorpcyjne, umożliwiające również stabilizację częstotliwości lasera.

Pierwsze lasery do zastosowań metrologicznych powstały już na początku lat sześćdziesiątych. Ośrodkiem czynnym, czyli tym, w którym zachodziła emisja wymuszona, była mieszanina gazów helu i neonu (He-Ne). Energia do ośrodka czynnego lasera dostarczana jest przy użyciu prądu wysokonapięciowego. Lasery takie powstawały w wielu ośrodkach naukowych, również w Polsce. Warto w tym miejscu wspomnieć o pierwszym laserze He-Ne, uruchomionym w 1963 roku, w pracowni prof. Zbigniewa Puzewicza z Wojskowej Akademii Technicznej. Ale prawdziwy przełom w tym względzie nastąpił w Stanach Zjednoczonych w JILA [2].

Rola JILA

JILA to akronim od nazwy Joint Institute for Laboratory Astrophysics, instytutu naukowego, będącego wspólnym przedsięwzięciem krajowej instytucji metrologicznej USA i Uniwersytetu Kolorado, funkcjonującym od 1962 roku. W tym to instytucji powstał pierwszy na świecie laser He-Ne stabilizowany metanem, jako źródło

promieniowania wykorzystywane w 30-metrowym interferometrze. Uruchomienie tak czułego urządzenia było możliwe dzięki lokalizacji JILA u podnóża Gór Skalistych, w starych sztolniach dawnych kopalni złota, zapewniających wyjątkową stabilność podłoża, niezbędną dla działania tak niezwykle precyzyjnego układu pomiarowego. Prace te były wykonywane pod kierunkiem późniejszego laureata nagrody Nobla, prof. Johna Halla. Hall, będący profesjonalnym metrologiem, gdyż zaczynał swoją karierę zawodową w NBS (National Bureau of Standards), użył interferometru do porównania długości fali lasera stabilizowanego metanem z długością promieniowania lampy kryptonowej, wykorzystywanej przy definicyjnej realizacji metra. Jednocześnie zdefiniowanie w 1967 roku jednostki czasu – sekundy, w oparciu o częstotliwość cezową, umożliwiło precyzyjny i niezależny pomiar częstotliwości linii widmowej tego lasera, poprzez jej porównanie z częstotliwością zegara atomowego. Te dwa niezależne pomiary, długości fali i częstotliwości promieniowania lasera w JILA, doprowadziły do rewelacyjnego wyniku wyznaczenia prędkości światła w próżni c , obliczonego ze wzoru:

$$c = \lambda \cdot \nu \quad (2)$$

gdzie λ to długość fali światła, a ν to jego częstotliwość. Wynik ten wynosił: $c = 299\,792\,456,2(1,1)$ m/s [3] i był ponad tysiącrotnie precyzyjniejszy od pomiarów tej prędkości, wykonanej jeszcze w latach dwudziestych przez Michelsona: $c = (299\,796 \pm 4)$ km/s [1], metodą pomiaru bezpośredniego. Rezultat powyższy został osiągnięty w 1972 roku i otworzył drogę do zdefiniowania jednostki długości, po raz pierwszy w historii miar SI, w oparciu o niezmienną i uniwersalną stałą fizyczną, jaką jest prędkość światła w próżni. Tak zdefiniowany metr pozwalał na jego realizację, przy użyciu lasera stabilizowanego ze 100-krotnie większą precyzją, niż wynikało to z przyjętej definicji w roku 1960, w oparciu o wielokrotność długości światła lampy kryptonowej. Największym problemem, jaki napotkał zespół Halla, była odkryta asymetria linii widmowej tej lampy, z którą porównywano stabilizowaną linię lasera He-Ne. Innym problemem była też duża różnica pomiędzy długością podczerwonej linii absorpcyjnej metanu $\lambda = 3,39$ μm [4] a wzorcową pomarańczową linię kryptonu, choć z drugiej strony dawało to znacznie niższą częstotliwość (ok. 88 THz) niż optyczna (widzialna), do porównania z częstotliwością mikrofalową cezu (ok. 9 GHz), co miało pozytywny wpływ na dokładność ich porównania. Dlatego, przyjmując nową definicję metra w 1983 roku, zdecydowano się na niewielką korektę wartości światła w próżni do jej obecnej definiującej postaci: $c = 299\,792\,458$ m/s, co różni ją od wyniku doświadczalnego zespołu Halla o niecałe 2 m/s.



Jednak John Hall zdawał sobie sprawę, że posługiwanie się laserem He-Ne promieniującym w podczerwieni (niewidocznym dla ludzkiego oka) może być kłopotliwe, dlatego zaproponował stabilizację jego promieniowania molekułami jodu, co umożliwiło wykorzystanie linii czerwonej o długości optycznej $\lambda = 0,63 \mu\text{m}$, zbliżonej do barwy pomarańczowej lampy kryptonowej. Z punktu widzenia metrologicznego niewątpliwą jednak wadą tego typu lasera, jak i innych podobnych źródeł promieniowania jest to, że wytwarzają na ogół jedną, ściśle określoną wzorcową linię widmową. To nasunęło Hallowi myśl, by zrealizować teoretyczny pomysł fizyka niemieckiego Theodora Hanscha, polegający na stworzeniu lasera o promieniowaniu, którego widmo charakteryzuje się regularnymi, znajdującymi się w stałych odstępach liniach częstotliwości, o kształcie kojarzącym się z zębami grzebienia. W zakresie widma optycznego, ze względu na odstęp częstotliwościowy pomiędzy kolejnymi, bardzo wąskimi zębami grzebienia, linii tych byłyby miliony, jak miliony barw (każda linia to inna barwa). Dodatkową zaletą takiego urządzenia byłaby możliwość synchronizacji jego częstotliwości optycznych bezpośrednio za pomocą częstotliwości zegara atomowego, zgodnie z zależnością:

$$\nu_n = \nu_0 + n \cdot \Delta\nu \quad (3)$$

gdzie: ν_n to częstotliwość n -tego zęba grzebienia (pojedynczej linii widmowej), ν_0 to częstotliwość zsynchronizowana częstotliwością zegara atomowego (wzorca czasu), $\Delta\nu$ to odstęp częstotliwościowy pomiędzy jego zębami, przy czym n to bardzo duża liczba naturalna. Laser taki zespołowi Halla udało się uruchomić w 1999 roku. Jego działanie można porównać do linijki (widmowej) z milionami dokładnie naniesionych wskazów, wyznaczających stałą, równą odległość. Precyzja odtwarzania jednostki miary przy użyciu takiego urządzenia w stosunku do klasycznych już laserów stabilizowanych wzrosła o kolejne 100 razy. Za to osiągnięcie, w 2005 roku Komitet Noblowski przyznał obu fizykom: J. Hallowi i T. Hanschowi nagrodę.

Stworzony w 1999 roku optyczny grzebień częstotliwości można porównać do wzorca metra, z precyzyjnie naniesionymi wskazami w stałych odległościach, którego nośnikiem jest światło.

Ewolucja dokładności

Pierwszy wzorzec materialny metra (Konwencji Metrycznej) odtwarzał jednostkę miary z niepewnością względną 10^{-7} . Wzorzec ten został ustanowiony decyzją pierwszej Generalnej Konferencji Miar w 1889 roku. Niepewność odtwarzania jednostki długości w układzie interferometru Michelsona z wykorzystaniem lampy kryptonowej, jako źródła promieniowania, wynosiła już 10^{-9} . Zastosowanie lasera stabilizowanego umożliwia odtwarzanie długości ze stabilnością 10^{-11} [5]. Natomiast optyczny grzebień częstotliwości pozwala osiągnąć niepewność rzędu 10^{-13} [6].

Tak oto w ciągu 110 lat niepewność odtwarzania jednostki miary długości poprawiła się aż milionkrotnie. Było to możliwe za sprawą doskonalenia samej definicji metra i ostatecznie oparcie jej na niezmienną stałej fizycznej, dzięki wyjątkowej własności samego światła, odkrytej przez Michelsona, zanim jeszcze metr w postaci materialnej wszedł do służby. Światło najbardziej przyczyniło się do rewolucji w miarach, gdyż obecnie wszystkie jednostki miar definiowane są w oparciu o stałe podstawowe [7, 8].

Literatura

- [1] Albert Abraham Michelson noblista z Kujaw. Studia i materiały pod redakcją D. Kurzawy, Strzelno 2007.
- [2] Phillips J.: JILA: The First 50 Years, 2012.
- [3] Evenson K. M., Wells J. S., Peterson F. R., Danielson B. L., Day G. W., Barger R. L., Hall J. L.: Speed of Light from Direct Frequency and Wavelength Measurements of the Methane-Stabilized Laser. *Physical Review Letters* 29 (1972), 1346-1349.
- [4] Barger R. L., Hall J. L.: Wavelength of the 3.39- μm laser-saturated absorption line of methane. *Applied Physics Letters* 22 (1973), 196-199.
- [5] Gliwa-Gliwiński J.: Realizacja międzynarodowej definicji metra w Głównym Urzędzie Miar, *Biuletyn GUM* nr 2 (1996), s. 1-4.
- [6] Szumski R., Czulek D.: Modernizacja państwowego wzorca jednostki długości poprzez zastosowanie syntezera częstotliwości, *PAK*, nr 12 (2010), s. 1561-1564.
- [7] Fotowicz P.: Dlaczego zmieniają się definicje jednostek miar? *Biuletyn GUM* nr 2 (2016), s. 17-20.
- [8] Fotowicz P.: Od metra dawnego do współczesnego, *Biuletyn GUM* nr 1 (2019), s. 71-73.



Państwowy wzorzec gęstości w GUM

National standard of density in GUM

O historii i rozwoju dziedziny gęstości w Głównym Urzędzie Miar, o pomiarach związanych z państwowym wzorcem gęstości, wykonywanych w Pracowni Fizykochemii, a także o udziale GUM w projektach międzynarodowych rozmawiamy z p. Elżbietą Lenard, Kierownikiem Pracowni Fizykochemii w Samodzielnym Laboratorium Masy.

The Bulletin GUM talks to Elżbieta Lenard (Head of the Physicochemistry Section at the Independent Mass Laboratory) about the history and development of the field of density at the Central Office of Measures. The interview is about measurements related to the national density standard, performed at the Physicochemistry Section and the participation of GUM in international metrology projects as well.

Adam Żeberkiewicz (WPMiP, Biuletyn GUM)
– Jak wygląda historia dziedziny gęstości na świecie?

Elżbieta Lenard (Pracownia Fizykochemii, Samodzielne Laboratorium Masy GUM) – Gęstość, obok masy i długości, jest jedną z najstarszych dziedzin pomiarowych. Pomiary gęstości wykonuje się od ponad 2 tysięcy lat. Legenda głosi, że Archimedes (III w. p.n.e.) odkrył swoje słynne prawo zażywając kąpieli. Następnie uradowany wybiegł na ulicę rodzinnych Syrakuz, wołając „eureka, eureka!”. Inna legenda opowiada, jak Archimedes zastosował to prawo w praktyce. Król Syrakuz Hieron II podejrzewał, że w zamówionej przez niego koronie nieuczciwy artysta zastąpił część złota srebrem. Wykonując serię ważeń w powietrzu i w wodzie Archimedes dowiódł, że podejrzania władcy były słuszne. W IV wieku pomiarami gęstości zajmowała się Hypatia z Aleksandrii, słynna uczona biegła w matematyce, astronomii, naukach fizycznych, filozofii i literaturze. Najstarszy znany opis areometru znajduje się w liście jej ucznia Synezyjusza z Cyreny. Kolejne opisy i konstrukcje areometrów pojawiły się dopiero w XVII wieku (Galileusz, Robert Boyle) i w XVIII wieku (Clarke, Baumé, Nicholson, Sikes), i aż do dzisiejszych czasów przyrządy te są wciąż niezastąpione.

– **To dość odległa historia. A jakie są dzieje pomiarów gęstości w Polsce?**

– Początki areometrii i alkoholometrii w Głównym Urzędzie Miar to lata trzydzieste XX wieku. W Wydziale I GUM, a następnie w Sekcji 7 GUM – Termometrii i Areometrii działały pracownie, zajmujące się densymetrią (z wyłączeniem densymetrii zbóż w stanie zsypanym), badaniami areometrów oraz przepływomierzy spirytusu. Legalizowano tam cukromierze i areometry, w tym do olejów mineralnych. Uwierzytelniano alkoholomierze



oraz termoalkoholomierze wagowe i objętościowe, solomierze. W 1931 roku opracowano i wydano tablice gęstości olejów mineralnych i poprawek do wskazań areometrów, a w 1934 roku tablice gęstości roztworów wodno-alkoholowych oraz praktyczne tablice alkoholometryczne (1936–1937). W ten oto sposób zapoczątkowane zostały tradycje alkoholometrii polskiej – stworzeniem najnowocześniejszych na owe czasy tablic (osiem kolejno wychodzących książek i broszur tablic obliczonych dla temperatury odniesienia 15 °C), opracowanych pod kierunkiem zasłużonego pracownika Służby Miar, prof. dr inż. Józefa Rolińskiego. Tablice te spełniły wówczas poważną rolę gospodarczą, ich wprowadzenie przyczyniło się do likwidacji na terenie państwa różnych nielegalnych i wzajemnie sprzecznych skal.

Wiosną 1945 roku, w jedynym niezniszczonym budynku G powstało, jako pierwsze, Laboratorium Areometrii, które od lat pięćdziesiątych działało na III piętrze budynku F. Do wyznaczania gęstości cieczy wzorcowych, kilka lat później, została zastosowana metoda hydrostatycznego ważenia przy użyciu wzorcowych

pływaków szklanych, a następnie kwarcowych. Metodą ważenia hydrostatycznego wyznaczono poprawki dla kompletów areometrów wzorcowych (alkoholomierzy, uniwersalnych, do olejów mineralnych itp.) obciążanych rtęcią, o temperaturze odniesienia 15 °C. Napięcie powierzchniowe cieczy mierzyło się za pomocą tensjometru du Nouy'a.

W latach 1965–1971, pod kierunkiem prof. dr. Tomasza Plebańskiego opracowano nowoczesne tablice alkoholometryczne dla temperatury odniesienia 20 °C (1967), stanowiące podstawę międzynarodowych dokumentów (dyrektywy UE, zalecenia OIML).

W latach 1972–1977, pod kierunkiem dr. inż. Andrzeja Koźdonia powstały nowoczesne, prototypowe stanowiska hydrostatyczne do wzorcowania areometrów I i II klasy oraz do pomiarów gęstości ciał stałych. Opracowano dokładne metody pomiarów piknometrycznych i wytworzono komplety wzorcowych piknometrów kwarcowych. W latach 1979–1980 zbudowano stanowiska: do pomiarów gęstości wody metodą flotacyjną, gęstościomierza oscylacyjnego, do pomiarów dylatometrycznych cieczy. W katalogu certyfikowanych materiałów odniesienia umieszczono osiem ciekłych wzorców densymetrycznych.

W latach 1980–1982 ustanowiono państwowe wzorce jednostki gęstości cieczy i jednostki gęstości ciała stałego, wraz z innymi wzorcami fizykochemicznymi: jednostki pH, jednostki współczynnika załamania światła, jednostki kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji, jednostki transmitancji w zakresie promieniowania IR.

– **Przejdźmy teraz do państwowego wzorca gęstości. Jakie są jego początki w GUM?**

– **Etalon jednostki gęstości cieczy uzyskał status wzorca państwowego w 1983 roku.** Unikalne stanowisko, opracowane pod kierunkiem dr. inż. Andrzeja Koźdonia, działało w oparciu o zjawisko maksymalnej gęstości wody w temperaturze ok. 4 °C. Składało się ono z: urządzenia do porównań gęstości wody metodą flotacyjną w temperaturze 4 °C oraz zestawów destylacyjnych do otrzymywania wody metodą Coxa, pozbawionej powietrza, o przewodności elektrycznej właściwej nie większej niż 1 mS/cm, o stałym składzie izotopowym w odniesieniu do tzw. wody oceanicznej (SMOW – standard mean ocean water), potwierdzanym przez AGH w Krakowie.

Etalon jednostki gęstości ciała stałego uzyskał status wzorca państwowego również w 1983 roku. Obejmował on zestaw monokrystalicznych wzorców krzemowych o masie ok. 5 g, gęstości wyznaczonej metodą **ważenia hydrostatycznego** i potwierdzonej metodą różnicowych pomiarów flotacyjnych oraz **stanowisko do**

hydrostatycznych pomiarów gęstości, złożone z dwóch wag analitycznych, kompletu termometrów immersyjnych oraz wody densymetrycznej.

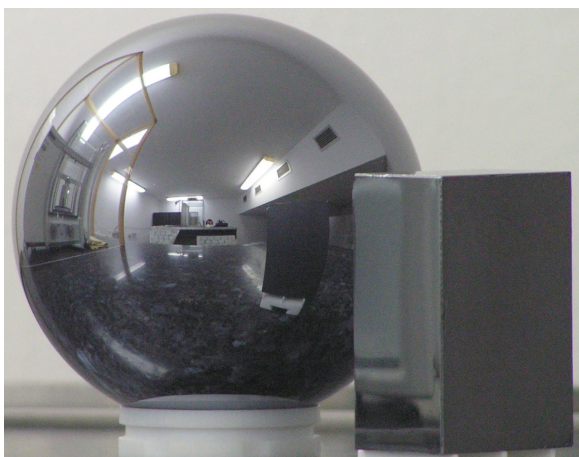
Dr inż. Andrzej Koźdoń, pracownik laboratorium gęstości w latach 1962–1992, w latach 1983–1992 prowadził w PTB ultraprecyzyjne badania gęstości krzemu monokrystalicznego, w ramach projektu mającego na celu podniesienie dokładności stałej Avogadra. Uczestniczył też w budowie stanowisk pomiarowych o najwyższej dokładności: ważenia hydrostatycznego do absolutnych pomiarów gęstości ciał stałych o niepewności względnej 8×10^{-7} , do różnicowych pomiarów gęstości krzemu metodą temperatury flotacji o niepewności względnej 3×10^{-7} ; która posłużyła m.in. do wzorcowania krzemowego wzorca gęstości WASO 9.2 dla GUM, do różnicowych pomiarów gęstości krzemu metodą ciśnienia flotacji o niepewności względnej 10^{-7} i rozdzielczości 3×10^{-8} .

Krzemowy wzorzec gęstości WASO 9.2 został wprowadzony do stosowania w latach dziewięćdziesiątych XX wieku. Jego gęstość wyznaczana była dwukrotnie wobec wzorców PTB: metodą ważenia hydrostatycznego wobec sześcianów z zeroduru C1 i C2 w 1985 roku oraz metodą flotacji ciśnieniowej wobec kuli krzemowej Si-1 (wzorca pierwotnego) w 1998 roku. W 2003 roku GUM zakupił wykonaną z monokryształu krzemu kulę SILO2, o masie ok. 1 kg, która została wywzorcowana dwukrotnie, w 2003 roku i w 2013 roku, metodą flotacji ciśnieniowej wobec wzorców pierwotnych PTB. Sześć lat temu GUM zakupił również mniejszą, wykonaną z monokryształu krzemu, kulę o masie 200 g.

W 1998 roku wzorcowe stanowiska ważenia hydrostatycznego zostały przeniesione do nowego pomieszczenia w podziemiach gmachu GUM. W kolejnych latach, dzięki środkom uzyskanym przed wstąpieniem Polski do Unii Europejskiej, nastąpiła gruntowna modernizacja stanowiska (zakup wagi-komparatora masy, mostka termometrycznego, termostatów itp.) Kolejne modernizacje nastąpiły w ostatnich kilkunastu latach: zakup kolejnego komparatora i 1 kg wzorca krzemowego, termostatów, budowa prototypowego podnośnika, a przede wszystkim adaptacja kolejnego pomieszczenia, rozdzielenie stanowisk ważenia hydrostatycznego ciał stałych i cieczy oraz zainstalowanie nowoczesnego systemu klimatyzacji, pozwoliły na ustabilizowanie dobrej pozycji laboratorium na poziomie międzynarodowym.

W dziedzinie, o której rozmawiamy, wykonujemy pomiary gęstości cieczy i ciał stałych, wzorcujemy przyrządy do pomiaru gęstości cieczy i ciał stałych, kontrolne i użytkowe, typowe i nietypowe: piknometry szklane i metalowe, gęstościomierze oscylacyjne: laboratoryjne, przenośne i przepływowe, wagi hydrostatyczne, areometry, wzorce stałe i ciekłe. Wytwarzamy też ciekłe wzorce gęstości i ciekłe wzorce napięcia powierzchniowego.





Wzorcowanie użytkowych gęstościomierzy i areometrów wykonuje Okręgowy Urząd Miar w Warszawie, wzorcowanie użytkowych gęstościomierzy oraz wytwarzanie certyfikowanych materiałów odniesienia – Okręgowy Urząd Miar w Łodzi. Prawnej kontroli metrologicznej podlegają alkoholomierze i densymetry (zatwierdzenie typu i legalizacja pierwotna) oraz gęstościomierze oscylacyjne do pomiaru gęstości cieczy (zatwierdzenie typu).

– **Dlaczego państwowym wzorcem gęstości jest akurat monokryształ krzemu? Jakie właściwości o tym decydują?**

– Współczesne wzorce gęstości to ciała stałe, zapewniające stabilność, jednorodność, łatwość kalibracji i transportu: wykonane są m.in. z monokryształu krzemu, germanu, zeroduru, węgla wolframu. Ich cechy charakterystyczne, to: wysoka chemiczna i fizyczna odporność i stabilność, prosty i możliwie idealny kształt geometryczny (kule, sześciiany lub cylindry o jak najmniejszym stosunku pola powierzchni do objętości), gładkie lub precyzyjnie wypolerowane powierzchnie.

W związku z rozwojem technologii produkcji monokryształów krzemowych opracowano metody otrzymywania czystych kryształów izotopu krzemu ^{28}Si , o regularnych sieciach krystalicznych. Pomiaru masy i objętości za pomocą komparatorów próżniowych oraz interferometrów laserowych pozwalają wyznaczyć gęstość w odniesieniu do podstawowych jednostek SI masy i długości, zaś pomiary parametrów sieci krystalicznej oraz warstw powierzchniowych kul krzemowych – na odtworzenie jednostki masy (metoda XRCD).

Najważniejsze metody odtwarzania przekazywania jednostki gęstości to metody definicyjne (wzorce pierwotne, piknometria), oparte na prawie Archimidesa (areometria, ważenie hydrostatyczne, flotacja), oscylacyjne. Istnieje szereg innych metod, rzadziej stosowanych, tych

o wysokich dokładnościach (kilka krajów na świecie), jak flotacja ciśnieniowa czy pływaka magnetycznego oraz tych o niższych dokładnościach, wykorzystujących inne zjawiska fizyczne (promieniowanie rtg, podczerwone, prędkość dźwięku). Najdokładniejszą obecnie metodą flotacji ciśnieniowej przekazuje się jednostkę gęstości od wzorców pierwotnych (kul z monokryształu krzemu ^{28}Si) do wzorców wykonanych z naturalnych izotopów krzemu.

– **Dlaczego regularne wzorcowania wzorca państwowego odbywają się w niemieckim PTB? Czy tylko tam znajdują się wzorce pierwotne, mogące służyć za odniesienie?**

– Krzemowy wzorec gęstości GUM jest wzorcem wtórnym, podobnie jak wzorec masy – prototyp kilograma nr 51. PTB jest wiodącym NMI w produkcji i wzorcowaniu wzorców krzemowych. W ciągu ostatnich lat opracowano tam metody wykonywania idealnych kul krzemowych – wzorców pierwotnych, wykonanych z ^{28}Si (koszt powyżej 1 mln euro), wzorców quasi-pierwotnych z naturalnego krzemu (koszt ok. 100 tys. euro) i wzorców wtórnych (koszt ok. 10 tys. euro). Wzorce quasi-pierwotne stanowią niedrogą alternatywę dla wzorców wykonanych ze wzbogaconego krzemu, po określeniu gęstości metodą ważenia hydrostatycznego i objętości mogą one odtwarzać jednostkę kilograma. Kule, będące wzorcami pierwotnymi, wzorcowane są za pomocą dwóch interferometrów laserowych unikalnej konstrukcji (objętość) i próżniowych komparatorów masy. Do pomiarów warstw powierzchniowych służy prototypowa aparatura skonstruowana w PTB.

Polski wzorec w postaci kuli krzemowej SILO2 był wzorcowany w 2003 roku i 2013 roku. W tym czasie był on wielokrotnie stosowany do pomiarów gęstości cieczy, w zakresie temperatury $(5 \div 60)^\circ\text{C}$. Wartości zapisane w certyfikatach, wydanych przez PTB, potwierdzają

bardzo dobrą stabilność masy i gęstości, toteż okres między kolejnymi wzorcowaniami może być zachowany albo nawet przedłużony.

Nasza kula krzemowa SILO2 jest wzorcowana metodą flotacji ciśnieniowej, dostępną w PTB (Niemcy) i NMIJ (Japonia). Tylko te dwa NMI posiadają wpisy w bazie zdolności pomiarowych BIPM KCDB. W przyszłości być może wzorcować będziemy metodą flotacji magnetycznej – potrzebne do tego stanowisko jest w PTB w trakcie budowy.

– Na czym polega metoda flotacji ciśnieniowej wobec wzorców pierwotnych?

– W tej metodzie porównuje się dwa wzorce krzemowe, flotujące w cieczy o zbliżonej gęstości, czyli w stanie równowagi termo- i hydro-dynamicznej. Ciecz jest termostatyzowana ze stabilnością lepszą niż 0,1 mK, a subtelne zmiany gęstości realizuje się poprzez zmianę ciśnienia hydrostatycznego, tak aby mierzony obiekt, np. wzorzec, zachowywał stabilne położenie. Następnie tak samo zmienia się ciśnienie, aby drugi obiekt (np. nasza kula SILO2) pozostawał nieruchomy. W ten sposób wyznacza się różnice gęstości między nimi, z najwyższą obecnie osiągalną dokładnością.

– Jak konserwowany jest wzorzec, żeby utrzymać go w idealnym, niezmiennym stanie?

– Zasady przygotowania wzorców krzemowych do pomiarów oraz czyszczenia po pomiarach są ustalone na poziomie międzynarodowym, podawane w protokołach porównań międzynarodowych, są również przekazywane na warsztatach (np. organizowanych w PTB). W GUM zapisy dotyczące użytkowania i konserwacji wzorców krzemowych podane są w Księdze Jakości Wzorca. Nasze wzorce są przechowywane w stabilnych warunkach (klimatyzowane laboratorium), w osobnych kasetach, a po pomiarach myje się je starannie odpowiednim rozpuszczalnikiem i suszy (czysty etanol).

– W jakich dziedzinach przemysłu najczęściej są stosowane przyrządy do pomiarów gęstości, wzorcowane w Pracowni Fizykochemii? Jakże są to przyrządy?

– Gęstość jest podstawowym parametrem określającym naturę fizyczną gazów, cieczy i ciał stałych. Pomiar gęstości wykonuje się w wielu dziedzinach nauki i praktycznie we wszystkich gałęziach przemysłu: chemicznym, petrochemicznym, spirytusowym, farmaceutycznym, spożywczym i innych. Pomiaru są wykonywane w celu określenia i kontroli właściwości materiałów, parametrów

procesów technologicznych, ilości i jakości produktów, a także przy naliczaniu akcyzy i kontroli towarów paczkowanych. Do pomiarów stosuje się gęstościomierze oscylacyjne, areometry, piknometry, wagi hydrostatyczne oraz inne przyrządy o bardziej specyficznych zastosowaniach.

W ostatnich kilkudziesięciu latach nastąpił bardzo duży postęp technologiczny i rozwój nowych generacji gęstościomierzy oscylacyjnych: laboratoryjnych, przenośnych i przepływowych. Nastąpił też rozwój i zwiększenie oferty certyfikowanych materiałów odniesienia (CRM), stosowanych do ich wzorcowania, w tym w wielu NMI.

Trzeba tutaj podkreślić, że wzorce pomiarowe – certyfikowane materiały odniesienia, ciekłe i stałe, wytwarzane lub wzorcowane w GUM, od kilkudziesięciu lat stanowią istotny element naszej działalności. CRM odgrywają ważną rolę w pomiarach gęstości. Dla ciekłych materiałów odniesienia określa się dane odniesienia i metody otrzymywania (woda, rtęć) albo certyfikowane wartości wyznacza się doświadczalnie (wzorce wtórne).

– Jak wiadomo, realizację jednostki masy kilograma przy pomocy kuli krzemowej przedstawiano, jako jeden z wariantów nowej definicji jednostki masy. Czy nowa definicja kilograma, oparta o stałą fizyczną Plancka, zmienia cokolwiek w przypadku wzorca gęstości?

– Obecnie jednostkę miary gęstości realizuje się poprzez pomiar masy, spójny z międzynarodowym wzorcem masy (IPK do redefinicji w maju 2019 roku, obecnie tzw. consensus value) oraz pomiar objętości przez interferometryczne pomiary średnic kul. Po redefinicji, niepewność pomiaru masy, odniesionego do wzorca pierwotnego i wagi Kibble'a, będzie nie mniejsza niż dzisiaj.

Natomiast, po redefinicji kilograma, można realizować jednostkę miary gęstości za pomocą pierwotnych wzorców gęstości, bez makroskopowych pomiarów masy i objętości – metodą XCRD (liczenia atomów), wykorzystującą kule wykonane z monokryształów krzemu, nie wymagającą pomiaru masy ani objętości. Na podstawie pomiarów porównawczych można przekazać jednostkę gęstości od kul wykonanych z monokryształu izotopu krzemu ²⁸Si do kul wykonanych z naturalnego izotopu krzemu, np. metodą flotacji ciśnieniowej lub magnetycznej. Na podstawie wyznaczonej masy molowej można również wytworzyć wzorce masy. Niewykluczone, że po redefinicji kilograma, przez pewien czas niepewność względna gęstości będzie niższa od niepewności masy!

– W jakich projektach krajowych i międzynarodowych uczestniczy Pracownia Fizykochemii?

– W XX wieku laboratorium właściwe dla pomiarów gęstości uczestniczyło w porównaniach prowadzonych w ramach RWPG. Od 2001 roku regularnie uczestniczymy w porównaniach regionalnych i kluczowych EUROMET, potem EURAMET i BIPM, organizowanych w dziedzinie gęstości co 10–15 lat.

Od 2018 roku GUM bierze udział w projekcie EMPIR (Europejski Program na rzecz Innowacji i Badań w Dziedzinie Metrologii), współfinansowanym przez Unię Europejską i państwa uczestniczące w projekcie. W projekcie o nazwie **rhoLiq** bierze udział jedenaście narodowych instytucji metrologicznych i jeden partner bez refundacji. Celem projektu jest zapewnienie spójności pomiarowej w pomiarach gęstości cieczy poprzez poszerzenie lub zdobycie kompetencji technicznych, niezbędnych do wykonywania pomiarów o wysokich dokładnościach. Ma to prowadzić do zapewnienia odpowiedniego poziomu usług, świadczonych przez europejskie instytucje metrologiczne (NMI), takich jak wzorcowanie przyrządów i wytwarzanie certyfikowanych materiałów odniesienia (CRM). W efekcie powstać ma spójna, zmodernizowana europejska infrastruktura metrologiczna, zapewniająca wzajemną wiarygodność pomiarów i możliwości współpracy na poziomie krajowym i międzynarodowym.

Organizujemy też porównania krajowe w zakresie wzorcowania gęstościomierzy oscylacyjnych, piknometrów, areometrów, ciekłych wzorców gęstości i ciekłych wzorców etanolowych.

– **Jakie są dalsze plany i potrzeby rozwoju dziedziny gęstości w GUM, zarówno od strony pomiarowej, jak i pod względem infrastrukturalnym?**

– Potrzeby rozwojowe to przede wszystkim dalsza automatyzacja pomiarów i doposażenie stanowisk w nowoczesne przyrządy, jak również zapewnienie pracowników do prowadzenia prac badawczo-rozwojowych i realizacji bieżących zleceń, których liczba systematycznie wzrasta. Po zakończeniu projektu EMPIR rhoLiq poziom pomiarów w Europie będzie istotnie wyższy – w wielu NMI powstają nowe stanowiska pomiarowe i powinniśmy zintensyfikować działania w celu utrzymania naszej dobrej pozycji w tej dziedzinie. Ponadto nowe generacje gęstościomierzy oscylacyjnych i innych przyrządów do pomiaru gęstości ciał stałych i cieczy wymagają wyższych dokładności pomiarów i przygotowania odpowiednich CRM, w tym wieloparametrowych.

KALENDARIUM NADCHODZĄCYCH WYDARZEŃ 2019

Grudzień	
10	Warszawa, Dom Technika NOT – Finał IX edycji Konkursu im. Stanisława Staszica na najlepsze produkty innowacyjne „Laur Innowacyjności 2019”.
2020	
Marzec	
17–19	Warszawa, Pałac Kultury i Nauki – Międzynarodowe Targi Analityki i Technik Pomiarowych EUROLAB.
18–19	Gdańsk – 86. Posiedzenie Stałego Komitetu Konwencji o kontroli i cechowaniu wyrobów z metali szlachetnych, którego organizatorami będą: Ministerstwo Rozwoju, Główny Urząd Miar oraz OUP w Warszawie i OUP w Krakowie.
Maj	
25–28	Wiedeń – 14. Zgromadzenie Ogólne EURAMET.

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

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

Łamy pisma są otwarte dla wszystkich, którzy chcieliby poruszyć ciekawy temat metrologiczny czy podzielić się wiedzą z jakiejś konkretnej specjalizacji. Zachęcamy Państwa do współredagowania pisma i przysyłania swoich propozycji.

Zapraszamy do kontaktu z redakcją: biuletyn@gum.gov.pl.

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

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

The bulletin is open for everybody who wants to rise an interesting metrology issue or to share with the knowledge in some specific area. We would like to encourage you to participate in the edition of the bulletin and to send us your proposals.

We would like to invite you to make contact with the redaction: biuletyn@gum.gov.pl.

MEDAL OIML

dla dr. inż. Jerzego Borzymińskiego

24 października 2019 r., podczas
54. posiedzenia Międzynarodowego Komitetu
Metrologii Prawnej (CIML)

dr inż. JERZY BORZYMIŃSKI odebrał z rąk
przewodniczącego Komitetu, prof. dr. Romana
Schwartza Medal Międzynarodowej Organizacji
Metrologii Prawnej (OIML).

Medal został przyznany dr. Borzymińskiemu
za „wybitny wkład w rozwój międzynarodowej
metrologii prawnej”.



W przemówieniu, prezentującym sylwetkę i osiągnięcia Odznaczonego, prof. Schwartz podkreślił długoletnią pracę Laureata na rzecz polskiej i międzynarodowej metrologii, najpierw jako długoletniego pracownika Politechniki Warszawskiej, a potem w Głównym Urzędzie Miar, a także w innych instytucjach i organizacjach, w tym zwłaszcza międzynarodowych. Prof. Schwartz przypomniał m.in. wieloletnią współpracę dr. Borzymińskiego z OIML, w którym od ponad 22 lat kieruje on pracami Komitetu Technicznego ds. Terminologii (OIML TC 1). Przewodniczący CIML podkreślił wybitny wkład laureata w opracowanie kolejnych wydań Międzynarodowego Słownika Terminów Metrologii Prawnej oraz innych publikacji OIML z zakresu terminologii metrologicznej. Przypomniał, iż dr Borzymiński od 12 lat jest przedstawicielem OIML w Grupie Roboczej ds. Międzynarodowego Słownika Metrologii, działającej w BIPM Joint Committee for Guides in Metrology i w związku z tym uczestniczył w opracowaniu 3. wydania tego Słownika.

Medal OIML stanowi potwierdzenie ponadprzeciętnego wkładu Laureata w prace OIML, najważniejszej światowej organizacji, zajmującej się metrologią prawną, skupiającej ponad 60 państw członkowskich oraz liczne organizacje stowarzyszone z całego świata. Dr Borzymiński wyraził przekonanie, że to wysokie wyróżnienie, jakim został zaszczycony w setną rocznicę utworzenia Głównego Urzędu Miar, zostanie przede wszystkim zapamiętane jako wyróżnienie „zdobyte” przez GUM i Polskę. Poza tym przyznany Mu medal jest okazją do przypomnienia, że w roku bieżącym przypada także jeszcze jeden jubileusz – 50 lat temu ukazał się pierwszy Międzynarodowy Słownik Terminologiczny Metrologii, opracowany przez prof. dr. Jana Obalskiego, który przez całe swoje życie zawodowe był pracownikiem GUM, a przez OIML wyróżniony został tytułem Honorowego Członka CIML.

Dr inż. Borzymiński od wielu lat jest członkiem Redakcji Biuletynu GUM, autorem artykułów i opracowań naukowych m.in. z dziedziny terminologii.

