



METROLOGIA

Biuletyn Głównego Urzędu Miar

Nr 2(13)

czerwiec 2009

Metrologia

Pomiary w gospodarce



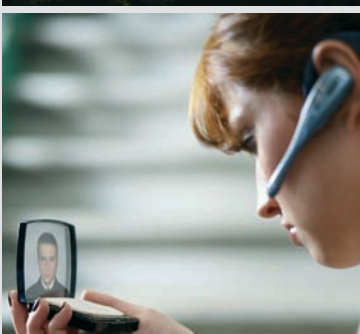
Energia

Dokładne pomiary dostaw energii sprzyjają efektywności i zapewniają prawidłowe rozliczanie

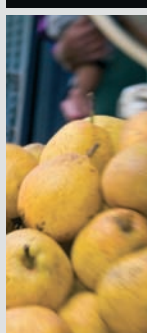


Ochrona zdrowia
Dokładne pomiary składu i dawki leków są podstawą ich skuteczności i bezpieczeństwa

GŁÓWNY
URZĄD MIAR
WSPIERA
WSZYSTKIE
POMIARY, KTÓRE
PRZYCZYNIĄ SIĘ
DO WZROSTU
GOSPODARCZEGO



Zywność
Dokładne pomiary żywności i zasobów wodnych są istotne, aby zapewnić ich wysoką jakość i uczciwy podział



Towary

Jakość towarów i usług i ich bezpieczeństwo zależą od dokładnych pomiarów



Wspieranie rozwoju gospodarczego

Światowy Dzień Metrologii – 20 maja 2009 r.

www.worldmetrologyday.org

W bieżącym numerze:

<i>Obchody jubileuszu 90-lecia Głównego Urzędu Miar i Administracji</i> <i>Miar w Polsce</i>	3
<i>Przemówienie Janiny Marii Popowskiej Prezesa Głównego Urzędu Miar</i> <i>na uroczystości obchodów 90-lecia GUM 20 maja 2009 r.</i>	6
<i>Listy gratulacyjne</i>	11
<i>Pomiary w gospodarce – przesłanie Dyrektora BIPM z okazji</i> <i>Światowego Dnia Metrologii – A. J. Wallard</i>	13
<i>Państwowy wzorzec jednostki miary indukcyjności</i> <i>– J. Jursza i M. Koszarny</i>	17
<i>Wzorzec jednostki miary kermy promieniowania rentgenowskiego</i> <i>– E. Kaczorowska i A. Knyziak</i>	21
<i>Wzorzec podstawowy jednostek wielkości drgań mechanicznych</i> <i>– J. Kolasa</i>	28

Obchody jubileuszu 90-lecia Głównego Urzędu Miar i Administracji Miar w Polsce

W dniu 20 maja 2009 r. o godz. 11:00 w Muzeum Kolekcji im. Jana Pawła II – Galerii Porczyńskich odbyły się obchody jubileuszowe z okazji 90-lecia Głównego Urzędu Miar i Administracji Miar w Polsce.

Obchody jubileuszu odbyły się pod honorowym patronatem Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej, Pana **Lecha Kaczyńskiego** i współpatronatem Wicepremiera, Ministra Gospodarki Pana **Waldemara Pawlaka**.

Uroczystego otwarcia Obchodów dokonała Pani Prezes Głównego Urzędu Miar – **Janina Maria Popowska**. W swoim przemówieniu Pani Prezes przybliżyła uczestnikom historię Urzędu i znaczenie metrologii, dokładności i spójności pomiarowej w wielu dziedzinach życia.

Po przemówieniu Pani Prezes głos zabrał Doradca Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej Pan Andrzej Klarkowski, który odczytał list okolicznościowy wystosowany do pracowników administracji miar przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej, Pana **Lecha Kaczyńskiego**.

Po odczytaniu listu nastąpiła ceremonia wręczenia odznaczeń państwowych.

Prezydent Rzeczypospolitej Polskiej z okazji jubileuszu 90-lecia Głównego Urzędu Miar i Administracji Miar w Polsce nadał **Medale Za Długoletnią Służbę** zasłużonym pracownikom Urzędu. Wśród 95 pracowników administracji miar odznaczonych Medalami Za Długoletnią Służbę, 63 osoby otrzymały Medal Złoty, 25 osób Medal Srebrny, zaś Medalem Brązowym odznaczonych zostało 7 osób.

Następnie głos zabrał przedstawiciel Wicepremiera, Ministra Gospodarki Pani **Grażyna Henclewska** Podsekretarz Stanu w Ministerstwie Gospodarki. Pani Minister odczytała list gratulacyjny skierowany przez Wicepremiera, Pana **Waldemara Pawlaka**.



Listy z gratulacjami dla pracowników administracji miar skierowali m.in. Marszałek Sejmu Pan **Bronisław Komorowski**, Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego Pani profesor **Barbara Kudrycka**, Minister Zdrowia Pani **Ewa Kopacz**, Przewodniczący Komisji Gospodarki Pan **Wojciech Jasiński**, Szef Służby



Cywilnej Pan **Sławomir Brodziński**, Prezes Urzędu Dozoru Technicznego Pan Marek Walczak, Prezes Wyższego Urzędu Górniczego Pan Piotr Litwa, Prezes Głównego Urzędu Statystycznego Pan Józef Oleński, Dyrektor Polskiego Centrum Akredytacji Pan dr inż. Eugeniusz W. Roguski oraz Rektorzy wielu uczelni wyższych: Rektor Politechniki Gdańskiej Pan prof. dr hab. inż. Henryk Krawczyk, Rektor Politechniki Koszalińskiej Pan prof. dr hab. inż. Tomasz Krzyżyński, Rektor Politechniki Krakowskiej Pan prof. dr hab. inż. Kazimierz Furtak, Rektor Politechniki Lubelskiej Pan prof. dr hab. inż. Marek Opielak, Rektor Politechniki Łódzkiej Pan prof. dr hab. inż. Stanisław Bielecki, Rektor Politechniki Poznańskiej Pan prof. dr hab. inż. Adam Hamrol, Rektor Politechniki Rzeszowskiej Pan prof. dr hab. inż. Andrzej Sobkowiak, Rektor Uniwersytetu Zielonogórskiego Pan prof. zw. dr hab. Czesław Osękowski, Rektor – Komendant Wojskowej Akademii Technicznej Pan gen. bryg. dr hab. inż. Zygmunt Mierczyk, Rektor Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Sulechowie Pan dr hab. inż. Wiesław Miczulski.

Po wysłuchaniu gratulacji składanych na ręce Pani





Prezes przez przedstawicieli współpracujących ministerstw, urzędów, uczelni wyższych i odczytaniu wybranych listów gratulacyjnych Pani Prezes Janina Maria Popowska wraz z pozostałymi członkami kierownictwa Głównego Urzędu Miar wręczyła pracownikom GUM znaczki okolicznościowe ze złotym i srebrnym laurem.

W imieniu wszystkich osób odznaczonych głos zabrała Pani **Beata Koepke** – Dyrektor Okręgowego Urzędu Miar w Bydgoszczy, dziękując kierownictwu Głównego Urzędu Miar za okazane wyróżnienie.

Pierwszą część uroczystości zakończył referat Pana **Pawła Fotowicza** mówiący o wyzwaniach, jakie są stawiane przed współczesną metrologią.

Podczas przerwy zaproszeni goście wpisywali się w kronice jubileuszowej, oglądali muzealne przyrządy pomiarowe oraz przygotowaną specjalnie wystawę prezentującą działalność Głównego Urzędu Miar.

W drugiej części uroczystości zaproszeni goście wysłuchali koncertu przygotowanego przez Fundację Artystyczną CONCENTUS PRO ARTE. W pierwszej części koncertu rozbrzmiewała muzyka Fryderyka Chopina, Stanisława Moniuszki oraz Ignacego Paderewskiego. W drugiej części koncertu soliści zaprezentowali muzykę wokalną w tym arie operowe, operetkowe oraz pieśni.

Na zakończenie uroczystości Pani Prezes Janina Maria Popowska ponownie podziękowała wszystkim gościom za przybycie i dokonała uroczystego zakończenia Obchodów.

Opracowano w Gabinetzie Prezesa GUM

Przemówienie Janiny Marii Popowskiej Prezes Głównego Urzędu Miar na uroczystości obchodów 90-lecia GUM 20 maja 2009

Szanowni Państwo

Wielka to dla mnie przyjemność i honor powitać dziś Państwa na uroczystości uświetniającej jubileusz 90-lecia utworzenia Głównego Urzędu Miar w Polsce.

Naszą uroczystość zaszczyliło dzisiaj swoją obecnością wielu znakomitych gości: przedstawiciele Sejmu, urzędów administracji państwowej, przedstawiciele polskiej nauki oraz przedsiębiorców.

Serdecznie witam:

- przedstawiciela Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej, Doradcę Prezydenta Pana **Andrzeja Klarkowskiego**;
- przedstawiciela Wiceprezesa Rady Ministrów Ministra Gospodarki Panią **Grażynę Henclewską** – Podsekretarza Stanu w Ministerstwie Gospodarki.

Witam serdecznie Panie Posłanki:

- **Alicję Dąbrowską, Joannę Fabisiak, Teresę Annę Wargocką**

oraz Panów Posłów:

- **Andrzeja Smirnowa, Krzysztofa Tyszkiewicza i Bogusława Wontora.**

Witam szacowne grono naukowców z wielu ośrodków naukowo-badawczych oraz innych znamienitych gości reprezentujących polskie środowisko metrologiczne. Szczególnie serdecznie witam:

- przedstawiciele Polskiej Akademii Nauk: Panią **profesor Annę Szmyrkę-Grzebyk**, Pana **profesora Roberta Gałązkę**, Pana **profesora Marka Banaszkiwicza** i Pana **profesora Leszka Sirko**;
- Pana **Andrzeja Najgebauera** Prorektora Wojskowej Akademii Technicznej;
- Panią **profesor Ewę Bulską** oraz Pana **profesora Zbigniewa Stojka** z Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego;
- przedstawiciele Politechniki Warszawskiej: Pana **profesora Krzysztofa Lewensteina** Dziekana Wydziału Mechatroniki, Pana **profesora Eugeniusza Ratajczyka**, Pana **profesora Krzysztofa Kurzydłowskiego** i Pana **profesora Wiesława Winieckiego**.

Witam także Dziekana Wydziału Mechanicznego Politechniki Koszalińskiej **profesora Leona Kukiełkę**.

Witam Szefa Służby Cywilnej Pana **Sławomira Brodzińskiego** oraz Dyrektora Departamentu Służby Cywilnej w Kancelarii Prezesa Rady Ministrów Pana **Dagmira Długosza**.

Witam:

- Dyrektora Polskiego Centrum Akredytacji Pana **Eugeniusza Roguskiego**;

- Zastępcę Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacyjnego Pana **Jerzego Krawca**;
- Wiceprezesa Urzędu Dozoru Technicznego Pana **Bogusława Piaseckiego**;
- Wiceprezesa Głównego Urzędu Górniczego Pana **Mirosława Koziura**;
- Dyrektora Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji Pana **Wojciecha Henrykowskiego**.

Witam licznie przybyłych Dyrektorów Generalnych urzędów administracji państwowej:

- dyrektora **Henryka Szymańskiego** z Ministerstwa Gospodarki;
- dyrektor **Mirosławę Boryczkę** z Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego;
- dyrektor **Monikę Rolnik** z Ministerstwa Sportu i Turystyki;
- dyrektora **Roberta Bartolda** z Ministerstwa Edukacji Narodowej;
- dyrektora **Stanisławę Zwijacz-Niemiec** z Urzędu Regulacji Energetyki;
- dyrektora **Cezarego Pyła** z Urzędu Patentowego RP;
- dyrektora **Piotra Zakrzewskiego** z Głównego Inspektoratu Transportu Drogowego oraz
- dyrektora **Tomasza Białasa** z Głównego Urzędu Statystycznego.

Witam przedstawicieli przedsiębiorców, w tym:

- Pana **profesora Ryszarda Pregiela** Prezesa Polskiej Izby Gospodarczej Zaawansowanych Technologii,
- Panią **Krystynę Krzyśko** Prezesa Klubu Polskich Laboratoriów Badawczych POLLAB,
- Pana **Grzegorza Wlazło** z Polskiej Konfederacji Pracodawców Prywatnych LEWIATAN.

Witam wszystkich innych, przybyłych na naszą uroczystość gości.

Szczególnie serdeczne słowa powitania kieruję do wszystkich pracowników administracji miar.

Pragnę wyrazić szczerze podziękowania Prezydentowi Rzeczypospolitej Polskiej Panu **Lechowi Kaczyńskiemu** oraz Wiceprezesowi Rady Ministrów Panu **Waldemarowi Pawlakowi** za objęcie honorowym patronatem naszych obchodów.

My, pracownicy administracji miar, dostrzegamy w tym wyraz wyróżnienia i uznania dla naszej pracy oraz dla pracy naszych poprzedników, którzy tworzyli zręby administracji miar po odzyskaniu przez Polskę niepodległości po I wojnie światowej.

Szanowni Państwo

Miary towarzyszą ludziom od zarania dziejów. Historia rozwoju prawa o miarach i systemu miar jest tak stara, jak historia rozwoju władzy i państwowości.

Pierwsze wzmianki o miarach znajdujemy już w Biblii, w Księgach Mojżeszowych: „nie czyńcie nieprawości... w rozmiarowaniu, w wadze i mierze”, i w Księgach Salomona: „waga i szale są ustawą Pańską”.

W antycznej Grecji wzorce miar i wag przechowywane były na Akropolu, zaś w starożytnym Rzymie – na Kapitolu.

Od bardzo wczesnych czasów historycznych miary stały się nieodłącznym atrybutem władzy, podobnie jak moneta. Odrębność ustanawiania miar w każdym greckim polis była wyrazem suwerenności miejscowego władcy i wyrazem niepodległości.

Władza od najdawniejszych lat miała też prawo do kontroli nad miarami i stosowania kar za wykroczenia przeciw miarom.

W późniejszych czasach władcy coraz mocniej utrwalają ten atrybut władzy, dbając o własną suwerenność, którą dziś nazwalibyśmy *metrologiczną*.

Feudalizm i rozwój silnych miast wykształcają wielość stosowanych miar, a własna miara i prawo kontroli nad miarami były widocznymi symbolami potęgi i wolności. Ukształtowała się więc wielka różnorodność miar i sposobów mierzenia.

W Polsce pierwsze uregulowania prawne odnoszące się do miar pochodzą z 1420 roku, kiedy to obowiązek corocznego ustanawiania miar „zboża, sukien i innych rzeczy ziemnych przez kmiecie do targu wożonych” nałożony został na wojewodę.

A w roku 1565 Sejm ustanowił, że „miary i wagi wszelakie jednakie być mają”, a „sprawiedliwie wymierzone powinny być oddawane pod pieczę starostom i oddane do każdego miasta, gdzie na ratuszu mają być chowane, darmo każdemu wymierzone i wszędy używane”.

A więc już w 1565 roku wprowadzono w Polsce prawo ustanawiające państwowe wzorce jednostek miar, które mają być przechowywane przez organy władzy i udostępnione każdemu do porównania jego miary z wzorcem.

Przez wieki trwał proces kształtowania aparatu państwowego, tworzącego prawo o miarach, odpowiedzialnego za zapewnienie jednolitych miar i wyposażonego w prawo kontroli i karania. Towarzyszył mu proces unifikacji systemu miar, który nabierał przyspieszenia wraz z tempem rozwoju gospodarczego i rozszerzającej się wymiany handlowej.

Polska, która w okresie rewolucji przemysłowej i gwałtownego rozwoju handlu znajdowała się pod rozbiorami, otrzymała szczególnie trudne zadanie. Po odzyskaniu niepodległości konieczne stało się zunifikowanie odrębnych systemów miar stosowanych w poszczególnych zaborach. Nowa, suwerenna władza państwowa od początku rozumiała istotę i potrzebę wprowadzenia jednolitego, polskiego systemu miar i stworzenia administracji miar. Już 9 lutego 1919 roku podpisano Dekret o miarach, jako jeden z pierwszych aktów odradzającej się Rzeczypospolitej, co świadczy dobitnie o dostrzeżeniu potrzeby rozwoju metrologii w państwie Polskim.

Dzięki inicjatywie pierwszego dyrektora Głównego Urzędu Miar Pana Zdzisława Rauszera, wprowadzono w Polsce międzynarodowy system metryczny, a w roku 1925 Polska przystąpiła do Konwencji Metrycznej.

Dziś, kontynuując prace naszych znakomitych poprzedników tworzących polski system miar, mamy do zrealizowania niezmienny od wieków cel: zapewnienie jednolitości miar.

Najważniejszym zadaniem administracji miar jest budowa, utrzymywanie i modernizacja państwowych wzorców jednostek miar. Obserwacja otoczenia gospodarczego i kształtującego się zapotrzebowania gospodarki w zakresie pomiarów wskazuje, że państwowe wzorce jednostek miar muszą być nie tylko utrzymywane, ale przede wszystkim modernizowane i uzupełniane o nowe.

Stoją przed nami trudne wyzwania. Nigdy jeszcze w historii cywilizacji rozwój gospodarczy i społeczny nie był tak szybki, a postęp techniczny i technologiczny nie przebiegał tak

dynamicznie. Dla administracji miar oznacza to konieczność nadążania za tempem rozwoju gospodarczego i sprostania rosnącym wymaganiom w zakresie dokładności pomiarów. Stały rozwój metrologii jest bowiem nośnikiem postępu gospodarczego i cywilizacyjnego.

Dwudziesta trzecia Generalna Konferencja Miar w roku 2007 wskazała najważniejsze obszary pomiarów, którymi są obecnie:

- nanotechnologia, chemia, biotechnologia i biologia;
- ochrona zdrowia, środowiska i jakości życia;
- ochrona i badanie żywności;
- egzekucja prawa i ochrona przed oszustwami.

Wymienione tu obszary pomiarów stanowią ogromne wyzwanie dla każdej krajowej instytucji metrologicznej, które może być zrealizowane jedynie przy wydatnej współpracy środowiska naukowego oraz właściwych naczelnych urzędów administracji państwowej.

Związane z tym wyzwania oraz działania podejmowane w Głównym Urzędzie Miar zostaną przedstawione w dalszej części naszej uroczystości w referacie Pana Pawła Fotowicza z Głównego Urzędu Miar.

Dla zapewnienia równoważności pomiarów wykonywanych w Polsce z systemem światowym, co jest warunkiem sine qua non obrotu gospodarczego na światowym, globalnym rynku, konieczna jest aktywna współpraca polskiej administracji miar na arenie międzynarodowej. Główny Urząd Miar jest członkiem najważniejszych organizacji metrologicznych. Uczestniczymy w pracach Międzynarodowego Biura Miar, Międzynarodowej Organizacji Metrologii Prawnej i innych metrologicznych organizacji międzynarodowych i regionalnych.

W roku ubiegłym Główny Urząd Miar przystąpił do Europejskiego Programu Badań Naukowych w Metrologii (EMRP). Celem tego Programu jest stworzenie nowych możliwości pomiarowych o strategicznym znaczeniu dla rozwoju i wzrostu konkurencyjności Europy. Program ten ma zintegrować europejskie działania dotyczące badań i prac rozwojowych w metrologii, realizowane dotychczas niezależnie i samodzielnie w każdym kraju. Udział w tym programie otwiera polskiej nauce i metrologom reprezentującym Główny Urząd Miar dostęp do najnowszych osiągnięć i wyników badań, a ponadto stwarza szansę na aktywne uczestnictwo w pracach badawczych wykonywanych w ramach tego programu.

Szanowni Państwo

Ostatnie lata przynoszą wiele zmian w metrologii naukowej. Zmieniają się też formy prawnej kontroli metrologicznej i jej zakres. Zmiany te będą nadal postępować. Trwają prace nad nową ustawą Prawo o miarach, rozstrzygnięta zostanie forma i struktura organów miar.

Jedno jednak nie może ulec zmianie: ustanawianie prawa o miarach, kontrola nad stosowaniem tego prawa oraz wyznaczanie sankcji za jego nieprzestrzeganie należą do niezbywalnego atrybutu i obowiązku władzy państwowej. System miar jest bowiem jednym z podstawowych elementów praworządności, zapewnienia solidności i bezpieczeństwa obrotu gospodarczego.

Szanowni Państwo

Dzisiejsze obchody jubileuszu 90-lecia Głównego Urzędu Miar zbiegają się z obchodami Światowego Dnia Metrologii, które to święto obchodzone jest corocznie w rocznicę podpisania Konwencji Metrycznej. W tym roku hasłem Światowego Dnia Metrologii są „*Pomiary w gospodarce*”. Międzynarodowe Biuro Miar w ten sposób zwraca uwagę na rolę tej dziedziny w rozwoju gospodarczym i cywilizacyjnym kraju: w przemyśle, wymianie handlowej, ochronie zdrowia i środowiska naturalnego.

Metrologia jest ważną i trudną dziedziną, wymagającą wiedzy, dokładności i wielkiego zaangażowania. Nie przynosi błyskotliwych i szybkich rezultatów. Praca metrologów nie ogranicza się tylko do pracy w laboratoriach – pracownicy administracji miar codziennie przemierzają kraj dokonując legalizacji przyrządów pomiarowych w tysiącach stacji benzynowych, w punktach legalizacyjnych i u innych użytkowników przyrządów pomiarowych.

Dziś, w Światowym Dniu Metrologii, składam wszystkim metrologom oraz pracownikom administracji miar serdeczne podziękowania. Dziękuję za Wasz trud i pracę, za odpowiedzialne wykonywanie obowiązków, za zaangażowanie.

Mam wielką przyjemność ogłosić, że w dowód uznania dla pracy administracji miar Prezydent Rzeczypospolitej Polskiej Pan Lech Kaczyński przyznał dziewięćdziesięciu pięciu pracownikom administracji miar medale za długoletnią służbę, które zostaną wręczone w dniu dzisiejszym.

Proszę Państwa, nie jest obecna na naszej uroczystości Sekretarz Stanu w Ministerstwie Finansów Pani **Elżbieta Roguska-Suchocka**, zatrzymały ją bowiem ważne obowiązki służbowe. Pani Minister złożyła jednak dziś rano na moje ręce życzenia dla wszystkich pracowników administracji miar „*aby zawsze administracja miar miała dobre warunki do funkcjonowania*”.

Na zakończenie pragnę jeszcze raz serdecznie podziękować wszystkim za obecność na naszej uroczystości.

Dziękuję Państwu za uwagę.

Janina Maria Popowska
Prezes Głównego Urzędu Miar

Listy gratulacyjne

Z okazji jubileuszu GUM na ręce Prezesa Urzędu napłynęło wiele listów gratulacyjnych będących dowodem uznania dla Urzędu i jego pracowników.



Prezydent
Rzeczypospolitej Polskiej

Warszawa, 20 maja 2009 roku

Organizatorzy i Uczestnicy
uroczystych obchodów
90-lecia istnienia
Głównego Urzędu Miar

serdecznie pozdrawiam organizatorów i uczestników uroczystości z okazji 90-lecia istnienia Głównego Urzędu Miar. Dziękuję za zaproszenie do wzięcia w niej udziału. Obejmując obchody tego pięknego jubileuszu honorowym patronatem pragnę wyrazić szacunek dla wspaniałych tradycji Urzędu oraz dla niezwykle potrzebnej i odpowiedzialnej pracy, którą wykonują jego pracownicy.

Początki Głównego Urzędu Miar wiążą się z osobą i dziełem ojca nowoczesnej polskiej metrologii i twórcy polskiej służby miar, doktora inżyniera Zdzisława Rauszera. Na podstawie podpisanego przez Józefa Piłsudskiego i Ignacego Jana Paderewskiego dekretu z 8 lutego 1919 roku przekształcił on utworzony i kierowany przez siebie Urząd Miar Miasta Stołecznego Warszawy w Główny Urząd Miar. Fakt, iż urząd ten był jedną z pierwszych powołanych do życia instytucji centralnej administracji państwowej w odrodzonej Polsce nie był dziełem przypadku. Wśród wielu ówczesnych niedomagań stanowiących konsekwencję rozbiorów szczególnie ważną była kwestia odmiennych systemów miar państw zaborczych. Konsekwentne wprowadzanie przez Główny Urząd Miar systemu metrycznego na całym obszarze II Rzeczypospolitej i sukcesywnie tworzonej urzędów okręgowych miało kapitalne znaczenie dla funkcjonowania handlu, przemysłu, transportu, geodezji, budownictwa i szeregu innych dziedzin – słowem, dla rzeczywistej integralności młodego państwa polskiego. W tym sensie bardzo trafna jest często cytowana myśl inżyniera Rauszera: *Miary na równi z alfabetem są podstawą każdej kultury*. Szeroko pojęty awans cywilizacyjny oraz rozwój kultury materialnej naszego państwa w XX wieku nie byłyby możliwe bez wytrwałej, rzetelnej pracy polskich służb miar i normalizacji.

Główny Urząd Miar, który z dniem 1 stycznia 1994, w 75-lecie jego utworzenia odzyskał swoją historyczną nazwę, również dzisiaj jest instytucją, której znaczenia dla prawidłowego funkcjonowania polskiej nauki, gospodarki, przemysłu i szeregu innych dziedzin życia społecznego nie sposób przecenić. Nadzór nad administracją miar i administracją probierczą, zapewnienie spójności pomiarowej, wzajemnej zgodności i dokładności wyników pomiarów przeprowadzanych w Polsce oraz ich zgodność z Międzynarodowym Układem Miar przekładają się na wiele różnorodnych zadań szczegółowych, których realizacja musi odbywać się w sposób sprawny i ciągły. Jestem przekonany, że czerpiąc inspirację ze swoich chlubnych tradycji, Główny Urząd Miar sprosta wyzwaniom obecnego czasu, spośród których najważniejszy jest postęp techniczny oraz zrównoważony, oparty na wiedzy i innowacji rozwój kraju.

Z okazji jubileuszu 90-lecia Głównego Urzędu Miar życzę, aby Państwa Urząd sam w sobie był zawsze wzorcem – wzorcem sprawnie funkcjonującej, cieszącej się zasłużonym prestiżem instytucji państwowej, oraz aby praca w nim przynosiła wiele satysfakcji z pełnienia niezwykle ważnej służby Rzeczypospolitej i jej obywatelom. Dołączam również życzenia wszelkiej pomyślności osobistej i – raz jeszcze – serdeczne pozdrowienia.



WICEPREZES RADY MINISTRÓW
MINISTER GOSPODARKI
Waldemar Pawlak

Warszawa, 20 maja 2009 r.

DNP-V-077-2-5-LK/09
Ldz. 77/09

Pani
Janina Maria Popowska
Prezes
Głównego Urzędu Miar

Szanowna Pani Prezes

Pragnę serdecznie podziękować za zaproszenie na uroczyste obchody jubileuszu 90-lecia Głównego Urzędu Miar w Polsce.

Wyrażam głębokie przekonanie, iż Główny Urząd Miar, a w szczególności kompetentna kadra kierownicza oraz zaangażowani pracownicy Urzędu profesjonalnie realizują zadania związane z zapewnieniem wzajemnej zgodności i dokładności wyników pomiarów i badań przeprowadzanych w Polsce oraz ich zgodności z międzynarodowym systemem miar.

Zadania te mają bezpośredni i wymierny wpływ na aktywne uczestnictwo polskiej gospodarki w międzynarodowej wymianie towarów i usług.

Z okazji jubileuszu składam na ręce Pani Prezes serdeczne gratulacje wszystkim pracownikom Urzędu. Gratuluję również wszystkim odznaczonym i wyróżnionym oraz życząc ciągłego doskonalenia, dalszych osiągnięć w pracy zawodowej, jak też wszelkiej pomyślności w życiu osobistym.

Łączę wyrazy szacunku

Waldemar Pawlak



Warszawa, 19 maja 2009 r.

Marszałek Sejmu
Rzeczypospolitej Polskiej

Pani
Janina Maria Popowska
Prezes Głównego Urzędu Miar

Szanowna Pani Prezes,

pragnę serdecznie podziękować za zaproszenie na uroczystość z okazji 90-lecia Głównego Urzędu Miar i Administracji Miar w Polsce. Żałuję bardzo, że nie mogę być Państwa gościem i razem przeżywać tego ważnego wydarzenia.

Nie jest przypadkiem, że wśród instytucji powołanych do życia w 1919 roku, czyli u samego zarania odradzającej się z niewoli Rzeczypospolitej, znalazł się również Główny Urząd Miar i Administracja Miar w Polsce. Jego utworzenie stanowiło widoczny znak nowoczesności młodego państwa oraz jego ambicji, by społeczny i gospodarczy byt kształtować w sposób przemyślany i uporządkowany. Od czasu swego powstania Urząd rzetelnie wypełnia powierzoną mu rolę. Dlatego z okazji jubileuszu 90-lecia istnienia pragnę przekazać kierownictwu oraz wszystkim pracownikom serdeczne gratulacje.

Życzę Państwu, by Urząd w kolejnych latach swojej działalności wyróżniał się podobnie jak dotychczas, rzetelnością oraz utrzymywał wysoki poziom profesjonalizmu. Życzę również, byście Państwo z powodzeniem realizowali ambitne plany i spełniali swoje marzenia, a uświetniająca ten dzień uroczystość przysparzyła wszystkim uczestnikom dużo zadowolenia.

Łączę wyrazy szacunku

Bronisław Komorowski
Bronisław Komorowski



SZEF SŁUŻBY CYWILNEJ

Stawomir Marek Brodziński

Warszawa, dnia 20 maja 2009 r.

Szanowna Pani Prezes!
Szanowni Państwo!

Główny Urząd Miar oraz Administracja Miar w Polsce obchodzi w tym roku jubileusz 90-lecia. Dzień 8 lutego 1919 r., kiedy Naczelnik Państwa Polskiego Józef Piłsudski podpisał Dekret o miarach, jeden z pierwszych aktów prawnych odrodzonej Rzeczypospolitej, to ważna data nie tylko w historii administracji miar, ale i całej polskiej administracji publicznej. Z 1919 rokiem łączy się też inna ważna dla administracji data, a mianowicie 1 kwietnia – dzień powołania Głównego Urzędu Miar, w którym mają Państwo zaszczyt dziś pracować.

W epoce globalizacji gospodarki, wprowadzania zaawansowanych technologii niemal we wszystkich dziedzinach życia oraz budowania podstaw społeczeństwa opartego na wiedzy, nie sposób ująć sobie rozwoju nauki, techniki, przemysłu, handlu oraz innych obszarów ludzkiej działalności bez jasnych i precyzyjnych unormowań metrologicznych. Ustanawianie i utrzymywanie państwowych wzorów jednostek miar oraz czuwanie nad zgodnością, stosowanych w naszym kraju, przyrządów pomiarowych z tymi wzorcami, to zadania niezwykle odpowiedzialne, wymagające głębokiej wiedzy, doświadczenia i rzetelności od osób, które je wykonują. Taką właśnie wiedzę, rzetelność i najwyższy profesjonalizm reprezentują przedstawiciele różnych, nieraz rzadkich, zawodów i specjalności, pracujący w polskiej administracji metrologicznej i probierczej.

Dzisiaj, w dniu jubileuszu, na ręce Pani Prezes przekazuję najserdeczniejsze gratulacje dla Kierownictwa i Pracowników Głównego Urzędu Miar, okręgowych i obwodowych urzędów miar oraz okręgowych i obwodowych urzędów probierczych, którzy dzień po dniu budują wizerunek administracji miar w Polsce. Życzę Państwu dalszych sukcesów w trudnej i odpowiedzialnej służbie dla naszego kraju oraz wiele pomyślności w życiu osobistym.

Z pozdrowieniem
Stawomir Marek Brodziński

Pomiary w gospodarce

Metrologia Wspiera Rozwój Gospodarczy

Przesłanie Dyrektora BIPM z okazji Światowego Dnia Metrologii – 20 maja 2009

Czy można wyobrazić sobie świat bez handlu? Od zarania dziejów, ludzie brali udział w wymianie towarów: pewna wioska uprawiała warzywa, inna zaś owoce; wymiana handlowa była więc wzajemnie korzystna. Już wówczas handel podnosił poziom życia i był źródłem dostatku. Każdy ekonomista zgodzi się z tym, że handel odgrywa zasadniczą rolę w zachowaniu równowagi ekonomicznej i utrzymaniu wzrostu gospodarczego, a tym samym zmniejsza skalę ubóstwa. Dziś, tak jak przed tysiącami lat, handel jest ważnym elementem naszego życia. Aby to zauważyć, nie trzeba zresztą sięgać tak daleko w przeszłość; wystarczy spojrzeć tylko kilka miesięcy wstecz, aby stwierdzić jak zachwianie zaufania do wszelkiego rodzaju przedsiębiorstw, wskutek kryzysu finansowego, doprowadziło do spadku krajowych dochodów budżetowych i przewidywanego zmniejszenia obrotów w handlu międzynarodowym o ok. 9 % w roku 2009.

W tym roku, w szóstych z kolei obchodach Światowego Dnia Metrologii, zgromadzimy się, aby zaakcentować wkład, jaki metrologia wnosi do rozwoju handlu, który jest motorem wzrostu gospodarczego.

Rozpatrując dzieje metrologii, widzimy uderzająco ścisły związek metrologii i handlu. Narody zajmujące się handlem w starożytności – na przykład Grecy w rejonie morza Śródziemnego – utrzymywały kopie wzorców jednostek miar stosowanych w tych krajach, z którymi utrzymywano stosunki handlowe; nawet lokalne targowiska w czasach średnio-wiecznych posiadały wzorce regionalnych jednostek długości, masy i objętości. Królowie i królowe, sułtani i imperatorzy ustanawiali państwowe jednostki miar oraz wydawali dekrety i stanowili prawa odnoszące się do państwowych wzorców jednostek miar, ponieważ widzieli w nich ważny element strukturalny stabilnego społeczeństwa. Od czasu, gdy rządy opodatkowały handel, „wagi i miary” stały się integralną częścią naszej codzienności. Nie jest zatem zaskakujące, że wiele współczesnych **Krajowych Instytutów Metrologicznych (NMI)** wywodzi swe początki od **Państwowych Urzędów Miar i Wag**, z których wiele przetrwało do dziś.

Za stosowanie fałszywych miar w handlu groziła kara pozbawienia wolności. Członkowie wszystkich warstw społecznych widzieli potrzebę coraz większej dokładności w wykonywaniu pomiarów oraz stałego udoskonalania systemu miar, tak aby czynił on zadość potrzebom gospodarki krajowej i światowej. Aby osiągnąć ten cel, odwołano się do pomocy ludzi nauki. Wielu uczonych było głęboko zaangażowanych w badania dotyczące jednostek miar, dążąc do osiągnięcia jak największej dokładności pomiarów. Istnieją zapiski świadczące o tym, że już ponad 200 lat temu przeprowadzano systematyczne porównania wzorców jednostek miar. Porównania angielskich i francuskich jednostek masy na początku XVIII wieku, które były przedmiotem naukowej debaty przez prawie całe stulecie, są obecnie uważane za istotny czynnik, stymulujący wyłonienie się we Francji metrycznego układu jednostek miar.

Ważki związek między pomiarami a handlem międzynarodowym pojawił się w dyskusjach, które miały miejsce w trakcie trwania Wielkiej Wystawy Londyńskiej w roku 1851 oraz Wystawy Światowej w Paryżu w roku 1867. Inżynierowie i przedsiębiorcy nawiązywali tam bezpośrednie kontakty ze sobą oraz z wpływowymi osobistościami ówczesnego świata, demonstrując im swoje najnowsze odkrycia i wynalazki. Na wystawie aż roiło się od publiczności pragnącej zobaczyć nowinki techniczne, zaś czasopisma pełne były opisów sukcesów nauki i techniki. W tej atmosferze dojrzywała idea **Konwencji Metrycznej**, podpisanej w Paryżu przez przedstawicieli siedemnastu państw **w roku 1875, w dniu 20 maja**, który jest obecnie obchodzony jako **Światowy Dzień Metrologii**.

Czynnik dokładności pomiarów w handlu został ponownie doceniony pod koniec XIX wieku, gdy państwa uprzemysłowione zdały sobie sprawę, że ma on żywotne znaczenie dla międzynarodowej konkurencyjności ich przedsiębiorstw, w następstwie czego stworzyły państwowe laboratoria pracujące nad zwiększeniem dokładności w pomiarach. Wiele spośród tych laboratoriów było pierwszymi, które były finansowane ze środków publicznych. Zawsze robiło to na mnie duże wrażenie, gdy obserwowałem, jak przed owymi laboratoriami stawiano coraz to nowe zadania i jak podejmują one kolejne wyzwania naukowe. Wiele współczesnych NMI może być dumnych ze swego wkładu do historii odkryć naukowych i wynalazczości.

Globalizacja nie jest zjawiskiem nowym. Początki globalizacji obserwujemy już w XIX wieku, ale gwałtowne nasilenie tego procesu nastąpiło w wieku XX. Za wyjątkiem kryzysu lat międzywojennych, wzrost światowego eksportu zawsze przewyższał wzrost globalnego Produktu Krajowego Brutto. Przedsiębiorstwa przekształcały się w koncerny międzynarodowe, zaś rynek nowych rodzajów wyrobów – samochodów, urządzeń elektrycznych, produktów przemysłu lotniczego i kosmicznego – został otwarty dla wszystkich. Eksport żywności stał się poważną pozycją w handlu międzynarodowym. W latach osiemdziesiątych ubiegłego stulecia rządy utworzyły **Światową Organizację Handlu (WTO)**, w celu uregulowania zasad prowadzenia handlu międzynarodowego i kontroli systemu taryf celnych. WTO docenia wielkie znaczenie wzorców jednostek miar dla swej własnej misji, szczególnie wobec istnienia technicznych barier w handlu (TBT), spowodowanych nierównoważnością wzorców jednostek miar lub niemożnością wykazania się akceptowalnym poziomem zgodności z zapisami odpowiednich norm. Wszyscy zgadzamy się z tym, że musi istnieć jakaś procedura umożliwiająca wykazanie, iż pomiary wykonywane w naszym kraju są równoważne pomiarom wykonanym w innym kraju. Gdyby takiej procedury nie było, niektóre towary zostałyby wyeliminowane z międzynarodowego obrotu handlowego, utrudnienia w handlu spowodowałyby spadek ogólnego poziomu życia mieszkańców, zaś konsumenci mogliby utracić zaufanie do jakości wyrobów, a nawet dostęp do potrzebnych im dóbr.

Czy zatem podejmowanie wyzwania konkurencyjności w handlu i przemyśle w skali państwowej jest zawsze korzystne? Nie ulega wątpliwości, że konkurencja obniża cenę i podnosi jakość tych wyrobów, które produkowane są zgodnie z dobrą praktyką pomiarową. Większa dokładność pomiarów stymuluje postęp technologiczny poprzez stwarzanie technicznych możliwości wytwarzania nowych rodzajów wyrobów o coraz wyższej jakości, a to pomaga zdobywać nowe rynki zbytu. Jednakże, w ciągu paru ostatnich dziesięcioleci zaczynamy odczuwać również niekorzystne skutki powszechnego dążenia do rozwoju przemysłowego i wzrostu obrotów handlowych. Dopiero teraz – mógłby ktoś powiedzieć, że poniewczasie – zdajemy sobie sprawę ze szkód poczynionych naszemu środowisku przez

niepohamowany pęd ku uprzemysłowieniu i dążenie do wzrostu gospodarczego za wszelką cenę. Na szczęście, społeczeństwa są już świadome skutków, jakie ich działalność wywiera na nie same. Kwestia zmian klimatycznych jest codziennie obecna w gazetach i na ekranach naszych telewizorów. Jako metrologi, z satysfakcją wypełniamy swą rolę w opracowaniu bezwzględnych norm oraz wzorców, które można wykorzystać do badania małych, ale niezmiernie istotnych zmian klimatycznych. Dzięki naszej pracy meteorolodzy mogą tworzyć coraz lepsze modele obserwowanych zjawisk, pozwalające zrozumieć, co należy robić, aby zredukować niekorzystny wpływ jaki my sami wywieramy na całą planetę.

Z punktu widzenia ekologii i ochrony środowiska, stosowanie szkodliwych dodatków do żywności oraz kumulowanie się pozostałości pestycydów wywiera niekorzystny wpływ na zdrowie całej ludzkości i na całość środowiska naturalnego. Metrologi podejmują również i to wyzwanie; we współpracy z takimi organizacjami jak Światowa Organizacja Zdrowia (WHO), Organizacja Narodów Zjednoczonych (UN) oraz agenda ONZ ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO), jesteśmy w stanie stworzyć procedury pomiaru niezwykle niskich stężeń substancji mierzonej, co jest istotne w sytuacji monitorowania jakości żywności i ustanawiania odnośnych uregulowań prawnych.

Motyw przewodni obchodów Dnia Metrologii w roku 2009 podkreśla znaczenie metrologii w handlu. Możemy wszyscy być dumni z tego, że metrologia daje tak istotny wkład w tej dziedzinie. Jednak przede wszystkim możemy i powinniśmy być niezwykle dumni z zasadniczego przełomu jakim było zapewnienie równoważności państwowych wzorców jednostek miar w różnych krajach. Wiele już napisano, i będzie się pisać nadal, o porozumieniu CIPM MRA, który został wprowadzony w życie przez Międzynarodowy Komitet Miar (CIPM) w roku 1999. Narodziny tego układu nie były łatwe, jak to doskonale pamiętają ci wszyscy z nas, którzy byli zaangażowani w to dzieło. Tym niemniej, już teraz członkami tego porozumienia są NMI z 72 państw. Możliwość podpisania porozumienia CIPM MRA i wykazania się powszechnie uznawanymi, akceptowanymi na forum międzynarodowym kompetencjami pomiarowymi jest jednym z najważniejszych powodów, dla których państwa pozostające jeszcze poza międzynarodową strukturą metrologiczną, rozważają obecnie członkostwo w BIPM lub uzyskanie statusu członka stowarzyszonego Generalnej Konferencji Miar (CGPM). To my wszyscy razem rozpoczęliśmy tę prawdziwą rewolucję, od której nie ma już odwrotu. Poprzez przystąpienie do CIPM MRA, instytuty NMI z całego świata, różniące się wielkością i o różnych tradycjach, dowiedziały się więcej o sobie nawzajem, o swych mocnych stronach i o zdolnościach pomiarowych. Dla wielu NMI oznaczało to zarówno wyzwanie z punktu widzenia kultury technicznej, jak i wdrożenie do nowego stylu pracy.

Dyrektorzy NMI – z których wielu osobiście podpisywało porozumienie CIPM MRA w roku 1999 – zbiorą się w październiku tego roku, aby uczcić dekadę obowiązywania tego porozumienia. Spójrzmy wstecz i ocenimy swe dzieło. Spodziewamy się, iż skontaktują się z nami te organizacje międzyrządowe i międzynarodowe, które widzą nasze zaangażowanie w CIPM MRA jako istotne wsparcie dla ich własnej misji. Spodziewamy się także odzewu ze strony użytkowników metrologii w sektorze przemysłu oraz głosów ze strony laboratoriów badawczych, mówiących o ich doświadczeniach praktycznych. Zwrócimy się również ku przyszłości. Odnieśliśmy już wiele sukcesów w zachęcaniu krajowych i międzynarodowych prawodawców do wykorzystywania CIPM MRA w taki sposób, aby zredukować techniczne bariery w handlu. W Stanach Zjednoczonych nakłoniliśmy [Federal Aviation Authority](#)

(FAA) do uznawania spójności pomiarowej tych laboratoriów, które mogą wykazać się spójnością pomiarową z NMI będącymi sygnatariuszami CIPM MRA, bez względu na ich położenie geograficzne. Dzięki temu, NMI nie są już nękane kwestionowaniem świadectw wzorcowania wydawanych użytkownikom z sektora lotniczego i kosmicznego. Inicjatywa BIPM, zmierzająca do sprostania wymogom wynikającym z dyrektywy Unii Europejskiej 98/79/EC o aparaturze medycznej służącej do diagnostyki in vitro, dała w efekcie stworzenie bazy danych o materiałach odniesienia, utrzymywanej i finansowanej wspólnie przez BIPM, ILAC oraz IFCC. Ponadto, Światowa Organizacja Meteorologiczna (WMO) wzięła udział w porównaniu jednego z gazów cieplarnianych (metanu), znajdując, iż skala, którą posługiwano się od wielu lat, wymaga korekty, aby uzyskać zgodność ze średnią wartością globalną i być w zgodzie z najlepszym przybliżeniem do jednostek układu SI jakim dysponujemy.

Sukces odniesiony w ostatniej dekadzie i pomyślnie rysujące się perspektywy są jednocześnie źródłem satysfakcji, jak i wyzwaniem na przyszłość. Jak widzimy, handel i pomiary są ze sobą nierozdzielnie związane. Nasze pierwsze sukcesy odnotowaliśmy w dziedzinie fizyki i inżynierii, w obszarze produkcji przemysłowej oraz w stymulowaniu innowacyjności i konkurencyjności wyrobów. Zaangażowanie BIPM w pracę nad dyrektywą Unii Europejskiej o aparaturze do diagnostyki medycznej in vitro oraz w tworzenie norm odnoszących się do środowiska naturalnego doprowadziło nas do krainy chemii, żywności, preparatów wzmagających wydolność organizmu i do wielu innych obszarów pokrewnych. Jako metrologicy, wspólnie dążymy do zbudowania sprawiedliwego, uczciwego systemu wymiany handlowej oraz zabiegamy o lepszą, bezpieczniejszą przyszłość na naszej planecie. Metrologia zazwyczaj nie przynosi szybkich rezultatów – nasza praca jest dogłębna i żmudna. Ale powodzenie porozumienia CIPM MRA oraz wzrastające uznanie, jakie zyskuje on w sferach rządowych i na forum międzynarodowym, dowodzi prawdziwie szybkiego sukcesu tej właśnie inicjatywy. Przykład ten pokazuje, jak wartościowe jest powiązanie prac pomiarowych wykonywanych w naszych laboratoriach z wielkimi wyzwaniami stojącymi przed całą międzynarodową społecznością. Jak dotychczas, metrologicy zawsze potrafili im sprostać; jestem pewien, że będzie tak dalej.

Niech mi wolno będzie życzyć wam wszystkim szczęśliwego Światowego Dnia Metrologii oraz wielkiego powodzenia waszych lokalnych i krajowych obchodów tej uroczystości.

Prof. Andrew J. Wallard
Dyrektor BIPM

Tłumaczenie: dr W. T. Chyla

Państwowy wzorzec jednostki miary indukcyjności

Państwowy wzorzec jednostki miary indukcyjności jest układem pomiarowym składającym się z grupy czterech cewek indukcyjnych wzorcowych typu 1482-H (umieszczonych w termostacie), produkcji General Radio, o wartości nominalnej indukcyjności 10 mH oraz z precyzyjnych przyrządów pomiarowych: komparatora KWL, komparatora L - C i systemu mostków RLC .



Wzorce indukcyjności 10 mH w termostacie

Wartością poprawną wzorca jest wartość średnia indukcyjności grupy czterech cewek wzorcowych, traktowana jak wartość grupowa, wyznaczona przy częstotliwości 1 kHz

$$L_{gr} = 0,25 (L_1 + L_2 + L_3 + L_4)$$

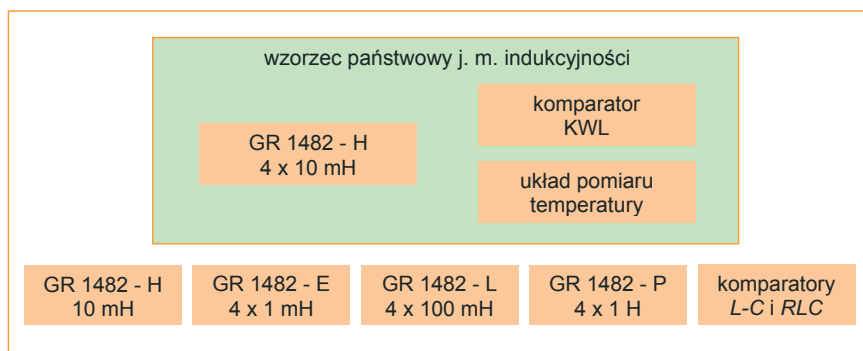
gdzie L_1, L_2, L_3, L_4 są wartościami indukcyjności elementów wzorca grupowego. Wartość ta określana jest na podstawie wyników okresowego wzorcowania przynajmniej dwóch wzorców z grupy w laboratorium odniesienia w PTB lub NPL oraz wyników wzajemnego porównywania wszystkich czterech cewek w GUM.

Zakłada się, że wartość grupowa jest niezmienna w czasie, między kolejnymi wzorcowaniami. Przyjmuje się, że w ustalonych warunkach otoczenia zmiany wartości poszczególnych wzorców indukcyjności są stochastyczne i niezależne względem siebie, a średnia wartość zmiany wynosi zero.

W okresie pomiędzy wzorcowaniami w laboratorium odniesienia przeprowadza się wzajemne komparacje wzorców, polegające na porównywaniu między sobą czterech cewek indukcyjnych wzorcowych we wszystkich możliwych kombinacjach i określaniu wartości ich indukcyjności w odniesieniu do stałej wartości L_{gr} . Procedura taka pozwala na obserwację stabilności cewek indukcyjnych wzorcowych i jest najbardziej istotna z punktu widzenia kontroli państwowego wzorca jednostki miary.

Wzorce indukcyjności, wchodzące w skład wzorca państwowego, umieszczone są w termostacie powietrznym, w którym temperatura utrzymywana jest na poziomie 23 °C. Panel sterujący umożliwia wybór temperatury wewnątrz termostatu: 16 °C, 20 °C, 23 °C lub 26 °C. Zmienność temperatury wynosi $\pm 0,05$ °C/rok oraz $\pm 0,01$ °C/dobę, przy temperaturze otoczenia (23 ± 1) °C. Temperatura wewnątrz termostatu kontrolowana jest przez pomiar rezystancji czujników platynowych Pt100, miernikiem typu 2010 firmy Keithley (z funkcjami pomiaru temperatury i rezystancji) oraz precyzyjnym multimetrem cyfrowym typu 7081, firmy Solartron, z funkcją pomiaru rezystancji. Multimetry służą również do pomiaru rezystancji cewek indukcyjnych przy napięciu stałym.

Cewki indukcyjne wzorcowe firmy General Radio typu 1482-H charakteryzują się bardzo dobrą stabilnością. Badania własne prowadzone od 1979 roku wykazują, że względna zmiana wartości indukcyjności w ciągu roku nie przekracza 0,001 %, (według danych producenta zmiany te nie powinny przekraczać 0,01 %). Względna zmiana wartości indukcyjności cewek indukcyjnych, przy zmianie temperatury otoczenia o 1 °C, nie przekracza $40 \cdot 10^{-6}$.



Części składowe państwowego wzorca indukcyjności oraz grupy wzorców odniesienia

Uzupełnieniem wzorca państwowego są wzorce odniesienia, służące do przenoszenia jednostki miary indukcyjności oraz przyrządy do nadzoru warunków otoczenia. Laboratorium Wzorców Wielkości Elektrycznych posiada trzy grupy po cztery sztuki wzorców odniesienia, typu 1482, produkcji General Radio, o wartościach nominalnych: 1 mH, 100 mH oraz 1 H.

Komparator KWL jest urządzeniem pomiarowym wysokiej dokładności, przeznaczonym do wzajemnego porównania cewek wzorca grupowego. Umożliwia on pomiar różnic składowych impedancji dwu porównywanych wzorców.



Komparator KWL

Podstawowe dane techniczne:

- indukcyjność nominalna porównywanych wzorców: 1 mH lub 10 mH
- częstotliwość pomiarowa: 1000 Hz
- zakresy mierzonej różnicy indukcyjności: $\pm 20 \mu\text{H}$
- zakresy mierzonej różnicy rezystancji szeregowej: $\pm 400 \text{ m}\Omega$
- rozdzielczość pomiaru różnicy indukcyjności: $\pm 1 \text{ nH}$
- rozdzielczość pomiaru różnicy rezystancji: $\pm 20 \mu\Omega$
- maksymalny błąd pomiaru różnicy indukcyjności: $\pm 10 \text{ nH}$
- maksymalny błąd pomiaru różnicy rezystancji: $\pm 0,5 \text{ m}\Omega$

Komparator ma wbudowany interfejs do współpracy z komputerem. Multiplexer elektroniczny, umieszczony na obudowie termostatu, zapewnia przyłączanie do komparatora KWL poszczególnych par wzorców, znajdujących się wewnątrz termostatu. Oprogramowanie pozwala na sterowanie multiplexerem oraz zbieranie i opracowywanie wyników pomiarów.



Komparator L-C

Komparator L-C przeznaczony jest do wyznaczania wartości indukcyjności cewek wzorcowych w odniesieniu do wartości wzorca pojemności elektrycznej, zarówno w układzie dwu jak i trójzaciśkowym. Cewki indukcyjne wzorcowe o wartościach nominalnych 10 mH, 100 mH oraz 1 H odnoszone są do kondensatora o pojemności C równej 10 nF lub 20 nF.

Komparator pracuje przy częstotliwościach: 300 Hz, 800 Hz, 1 kHz, 1,6 kHz. Błąd wyznaczenia wartości indukcyjności przy częstotliwości 1 kHz nie przekracza 0,005 % pod warunkiem, że pojemność elektryczna, do której jest odnoszona wartość indukcyjności oraz główna przekładnia określone są z błędem mniejszym niż 0,001 % i uwzględnione są poprawki na parametry pasożytnicze. Jest to przyrząd regulowany ręcznie, wymagający długotrwałego dobierania nastaw oraz czasochłonnych obliczeń.



System mostków RLC

W pełni automatycznym przyrządem jest system mostków (komparator) RLC, typu 2100, produkcji Ukraińskiego Instytutu Metrologii, który jest precyzyjnym przyrządem pomiarowym, przeznaczonym do: (1) odtwarzania jednostki miary pojemności na podstawie parametrów impedancji i częstotliwości; (2) odtwarzania jednostki miary indukcyjności na podstawie pojemności elektrycznej i częstotliwości oraz do (3) automatycznego porównywania wzorców indukcyjności L, pojemności elektrycznej C, rezystancji R, kąta stratności $\text{tg}\delta$ (współczynnik dobroci Q_R) oraz fazy $\text{tg}\varphi$ (współczynnik dobroci Q_C i Q_L).

- System składa się z dwóch mostków–komparatorów:
- autotransformatorowego (sinusoidalnego), który jest stosowany do przenoszenia jednostki $C-L$ i komparacji jednorodnych parametrów impedancji,
 - kwadraturowego, który jest stosowany do przenoszenia jednostki $R-C$ i komparacji parametrów wzorców pojemności i rezystancji.

System komparatorów porównuje wartości impedancji wzorców pierwotnych przy częstotliwościach 1 kHz i 1,592 kHz. System ten wyposażony jest w port szeregowy RS-232, zapewniające zdalne sterowanie i transmisję danych do komputera z oprogramowaniem, umożliwiając zapamiętywanie odczytów i parametrów oraz wyświetlanie wyników pomiaru.

Odtwarzanie i przenoszenie jednostek $C-L$

Punkty przenoszenia jednostki przy częstotliwości 1,592 kHz:

- 1 nF – 1 H,
- 10 nF – 100 mH,
- 100 nF – 10 mH.

Punkty przenoszenia jednostki przy częstotliwości 1 kHz:

- 2,5 nF – 1 H,
- 25 nF – 100 mH,
- 250 nF – 10 mH.

Niepewność względna przenoszenia jednostki $C-L$ jest mniejsza niż 10^{-5} . Komparator umożliwia porównywanie wzorców indukcyjności o stosunku wartości 1:1 i 1:10 przy niepewności względnej mniejszej niż 10^{-6} .

W maju 2007 roku laboratorium wzięło udział w międzynarodowych porównaniach wzorców indukcyjności 100 mH EUROMET EM.S26. W czasie pomiarów wykorzystywano system mostków RLC , korzystając z możliwości wyznaczenia indukcyjności na podstawie pojemności elektrycznej oraz wzorców odniesienia indukcyjności. Niepewność względna pomiaru została oszacowana na poziomie $36 \cdot 10^{-6}$.

System mostków RLC pozwala na odtwarzanie w GUM jednostki miary indukcyjności, z pominięciem zagranicznych laboratoriów, przy zachowaniu odpowiedniej niepewności. Z uwagi na duży współczynnik temperaturowy wzorców indukcyjności (około $40 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$), bardzo ważna jest ich stabilizacja termiczna. Obecnie stosowany termostat mieści cztery wzorce. Jego system zacisków, wraz z multiplekserem, dostosowany jest do pomiarów komparatorem KWL, pozwalając na wybór mierzonej pary wzorców.

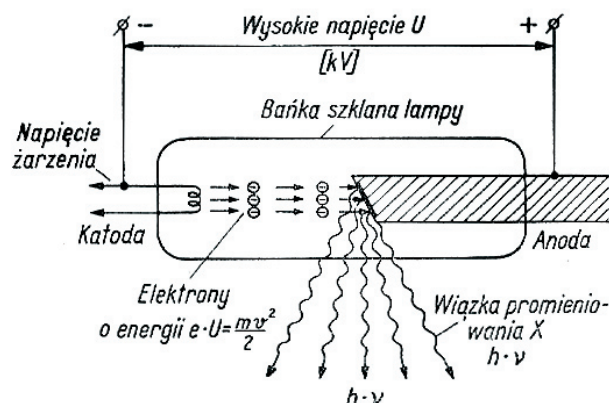
System mostków RLC umożliwia wyznaczanie wartości poprawnych pojedynczych wzorców. Ze względu na obecny układ zacisków konieczne jest wyjmowanie wzorców z termostatu, co zwiększa niepewność pomiaru. Celowa byłaby zatem stabilizacja termiczna każdego wzorca z osobna. Termostaty indywidualne, z możliwością zasilania bateryjnego, byłyby również doskonałym rozwiązaniem w przypadku przewozu wzorców do laboratorium zagranicznego, np. w trakcie porównań międzylaboratoryjnych. Ich zastosowanie pozwoliłoby również na wyeliminowanie wpływów multipleksera wprowadzającego dodatkowe oraz niepowtarzalne rezystancje szeregowo styków.

Jolanta Jursza i Maciej Koszarny
Zakład Elektryczny

Wzorzec jednostki miary kermy promieniowania rentgenowskiego

Promieniowanie X (rentgenowskie)

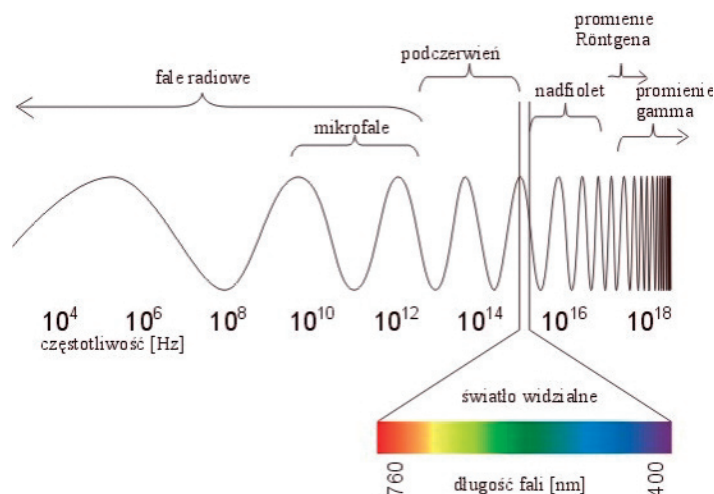
Niemiecki fizyk Wilhelm Conrad Röntgen dokonał w 1895 roku odkrycia promieniowania X (nazywanego również od nazwiska odkrywcy promieniowaniem rentgenowskim) i zbadał jego główne właściwości. Promieniowanie X powstaje w chwili, gdy swobodne elektrony poruszające się z dużą prędkością zostają gwałtownie zahamowane. Jednym ze źródeł promieniowania X jest lampa rentgenowska składająca się z bańki szklanej, w której panują warunki zbliżone do próżni, oraz wtopionych w nią elektrod: anody i katody. Anoda służy do hamowania elektronów, zaś rozżarzona katoda jest źródłem elektronów. Wytwarzane przez katodę elektrony pozostają w jej bezpośrednim sąsiedztwie i tworzą wokół niej chmurę. Dla wprowadzenia elektronów w ruch ku anodzie konieczne jest wytworzenie w lampie pola elektrycznego. Powstaje ono pod wpływem przyłożonego do elektrod lampy wysokiego napięcia. Polaryzacja lampy powinna być taka, aby katoda miała znak ujemny, a anoda znak dodatni. Przy tak spolaryzowanej lampie elektrony mające ładunek ujemny będą poruszać się ku dodatnio naładowanej anodzie. Prędkość elektronów, a zarazem ich energia, zależna jest od wielkości napięcia przyłożonego do elektrod lampy.



Otrzymywanie promieniowania X

Rozpędzone elektrony uderzają o anodę, a ich prędkość maleje do zera. W chwili tej energia kinetyczna elektronów przechodzi w energię promieniowania elektromagnetycznego, tzn. energia kinetyczna elektronu ulega przemianom na foton promieniowania X.

Duża częstotliwość promieniowania X, a co się z tym wiąże duża ilość energii przenoszonej i krótka długość fali (długość fali od 10 pm do 10 nm) sprawiają, że jest ono bardzo przenikliwe. Promieniowanie to przenika przez wszystkie ciała, niezależnie od stanu ich skupienia. Przy przechodzeniu przez materię część padającego promieniowania zostaje zatrzymana, przez co wiązka doznaje osłabienia natężenia. Stopień osłabienia zależy od cech fizycznych pochłaniającego ciała oraz od długości fali promieniowania. Krótkofalowe promieniowanie wykazuje większą przenikliwość niż długofalowe. Przejęciu promieniowania



Umieszczenie promieniowania X w skali fal elektromagnetycznych

X przez materię towarzyszy zawsze powstanie promieniowania wtórnego elektronowego (fotoelektrony) i wtórnego falowego (promieniowanie rozproszone). Promieniowanie X rozchodzi się w przestrzeni prostoliniowo, podobnie jak światło i z szybkością równą prędkości światła. Jak każde promieniowanie, które wychodzi z jednego punktu lub z ograniczonego obszaru, tak i promieniowanie rentgenowskie doznaje straty natężenia w miarę wzrastania odległości od źródła. Wiadomo, że promieniowanie X nie ugina się w polu magnetycznym ani w polu elektrycznym. Ze względu na wyżej wymienione cechy promieniowanie rentgenowskie posiada zdolność wywoływania zjawisk, które obejmujemy ogólnym mianem fizycznego, chemicznego i biologicznego oddziaływania promieniowania X.

Oddziaływanie fizyczne promieniowania X przejawia się w postaci jonizacji gazów. Powietrze i inne gazy są w normalnych warunkach obojętne elektrycznie. Pod wpływem promieniowania rentgenowskiego ulegają jonizacji i w polu elektrycznym stają się przewodnikami. Na wykorzystaniu tego zjawiska oparte jest miernictwo promieniowania rentgenowskiego. Z innych zjawisk, o mniejszym znaczeniu, należy wymienić wzrost temperatury ciał naświetlanych oraz zmianę barwy, jaką wykazują niektóre związki chemiczne poddane promieniowaniu X.

Do oddziaływania chemicznego należy zaliczyć działanie promieniowania rentgenowskiego na emulsję fotograficzną. Podobnie jak światło, promieniowanie X powoduje zaczernienie tej emulsji. Inną właściwością jest pobudzenie niektórych substancji do świecenia. Właściwości te wykorzystuje się w ocenie dawek promieniowania oraz diagnostyce medycznej i przemysłowej. Biologiczne oddziaływanie promieniowania X przejawia się w uszkodzeniu komórek, które może doprowadzić, w przypadku otrzymania przez organizm dużej dawki, do choroby popromiennej czy nawet do śmierci organizmu. Ma też działanie mutagenne i rakotwórcze. Jednak nie należy zapominać, że to samo promieniowanie w małych dawkach wykorzystywane jest w diagnostyce medycznej (zdjęcia rentgenowskie i komputerowa tomografia rentgenowska), a w dużych dawkach odpowiednio zaaplikowanych do leczenia chorób nowotworowych (radioterapia).

Pomiar i rejestracja promieniowania X

Konieczność dokonywania pomiarów promieniowania X wynika nie tylko z ich użyteczności w medycynie, nauce, przemyśle czy wojskowości, lecz przede wszystkim z ich

szkodliwości dla zdrowia i życia człowieka. Wiemy, że promieniowanie X przechodząc przez ośrodek materialny dokonuje jego jonizacji. Zjawisko jonizacji jest wykorzystywane do pomiaru i rejestracji promieniowania. Do pomiarów promieniowania jonizującego służą przyrządy nazywane dawkomierzami. Złożone są z dwóch zasadniczych części: detektora promieniowania (np. komora jonizacyjna, licznik proporcjonalny, licznik scyntylicyjny, detektor półprzewodnikowy) i układu elektronicznego mierzącego wielkość jonizacji (np. w postaci: impulsu elektrycznego, ładunku jonizacyjnego, prądu jonizacyjnego), która miała miejsce w detektorze promieniowania. W zastosowaniach metrologicznych najdokładniejszym detektorem jest prądowa komora jonizacyjna. Jest to swego rodzaju kondensator wypełniony powietrzem, do którego elektrod przyłożone jest wysokie napięcie. W powietrzu wypełniającej taką komorę w wyniku promieniowania powstają jony dodatnie oraz uwolnione elektrony, które pod wpływem pola elektrycznego wędrują do odpowiednich elektrod tworząc prąd jonizacyjny. Zakres prądów jonizacyjnych rozciąga się od 10^{-8} A do 10^{-16} A. Do pomiaru tych prądów wykorzystuje się urządzenia nazywane elektrometrami, pracującymi w trybie pomiaru prądu lub ładunku elektrycznego. Na podstawie tych pomiarów można wyznaczyć wartość dawki promieniowania, np. dawki ekspozycyjnej, kermy, dawki pochłoniętej, dawki równoważnej, dawki efektywnej (skutecznej) oraz mocy poszczególnych dawek. Wszystkie one służą do oceny narażenia na promieniowanie, a jest ich tyle dlatego, że nie umiemy do końca opisać od strony matematycznej wszystkich zjawisk zachodzących przy napromieniowaniu żywego organizmu.

Jednostka miary dawki ekspozycyjnej w polu promieniowania X

Dawka ekspozycyjna X jest miarą jonizacji powietrza pod wpływem promieniowania X lub γ i służy wyłącznie do oceny narażenia na to promieniowanie. Definiowana jest jako iloraz dQ przez dm , gdzie dQ jest wartością bezwzględną sumy ładunków jonów jednego znaku wytworzonych przez fotony w suchym powietrzu, gdy wszystkie elektrony uwolnione w powietrzu o masie dm są całkowicie zahamowane. Jednostką dawki ekspozycyjnej w układzie SI jest kulomb na kilogram (C/kg). Dawniej jednostką dawki ekspozycyjnej był rentgen (R). Określał on ilość promieniowania rentgenowskiego lub promieniowania gamma wytwarzającą przez jonizację ładunek elektryczny $2,58 \cdot 10^{-4}$ kulombów w kilogramie czystego, suchego powietrza w warunkach normalnych – temperatura 273,15 K i ciśnienie 1013,25 hPa. Pierwotnie jednostka ta odnosiła się tylko do promieniowania rentgenowskiego. W roku 1928 na Kongresie Radiologii w Sztokholmie uzgodniono, że jest to dawka, która wytwarza jedną jednostkę elektrostatyczną ładunku elektrycznego w jednym centymetrze sześciennym standardowego suchego powietrza. W roku 1937 z czysto praktycznych powodów objętość jednego centymetra sześciennego powietrza zastąpiła w definicji masa 1,293 mg. Decyzją CIPM z roku 1978 dopuszcza się używania rentgena wraz z jednostkami SI. Obecnie rentgen jest jednostką spoza układu SI dopuszczoną w Polsce warunkowo, ze względu na dużą liczbę dawkomierzy wyskalowanych w tej jednostce.

Jednostka miary kermy w powietrzu w polu promieniowania X

Strumień fotonów promieniowania X to strumień cząstek nienaładowanych, które oddziałują elektromagnetycznie z elektronami, wybijając je z atomów i tworząc w ten spo-

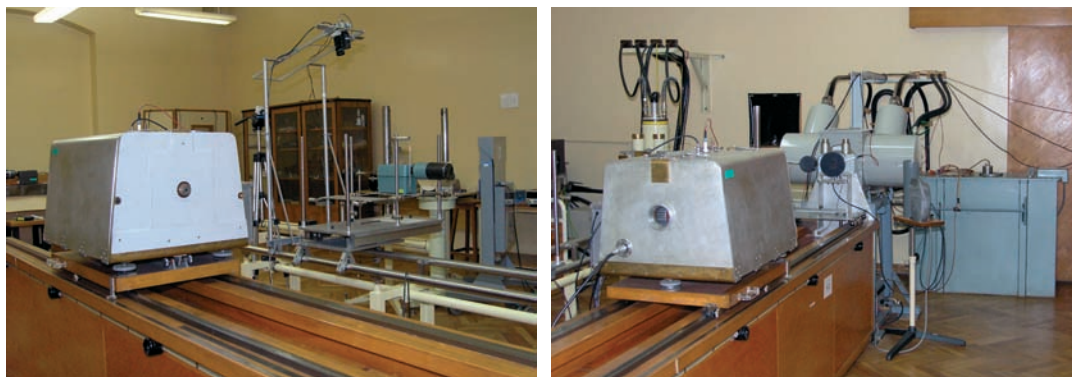
sób jony, a wybite elektrony są źródłem wtórnej jonizacji. Uwzględnienie wtórnej jonizacji w obliczeniach dawek pochłoniętych wymaga znajomości wielkości fizycznej zwanej kerma. Kerma (Kinetic Energy Released in MATter – Energia kinetyczna uwolniona w materii) jest sumą początkowych energii kinetycznych dE wszystkich naładowanych cząstek jonizujących uwolnionych przez nienaładowane cząstki w materiale o masie dm

$$K = \frac{dE}{dm}$$

Jednostką tej wielkości fizycznej wprowadzoną decyzją CIPM w roku 1975 w układzie SI jest grej (Gy), czyli jeden džul na kilogram (J/kg). Jednostka miary kermy w powietrzu jest o wiele bardziej użyteczna od jednostki miary dawki ekspozycyjnej i obecnie ją zastąpiła. Wielkość jonizacji jest proporcjonalna do energii. Zatem w komorach jonizacyjnych mierzona jest wartość kermy w powietrzu. Jednostka miary kermy w powietrzu stała się podstawową jednostką miary, z której poprzez przeliczenia uzyskuje się wartości innych jednostek miary stosowanych w dozymetrii, takich jak dawka pochłonięta, dawka równoważna czy dawka efektywna.

Stanowisko wzorcowe do odtwarzania i przekazywania jednostki miary kermy w powietrzu w polu promieniowania X

W 1955 roku, w następstwie powołania do życia Instytutu Badań Jądrowych, Prezes Rady Ministrów zobowiązał Prezesa ówczesnego GUM do zorganizowania placówki wzorcowania preparatów promieniotwórczych i przyrządów do pomiaru promieniotwórczości (Zarządzenie Nr 179 Prezesa RM z dnia 18 lipca 1955 r.). Na mocy tego zarządzenia w latach 1956 – 1960 powstawała Pracownia Radiologiczna w zaadoptowanych do tego celu pomieszczeniach GUM. W momencie utworzenia Pracowni brak było w kraju jakichkolwiek wzorców odniesienia w tej dziedzinie i prace metrologiczne należało zaczynać od zera. Wszystkie stanowiska pomiarowe zostały zaprojektowane i wykonane w GUM. W latach 1961 – 1965 zbudowane zostały w laboratorium pomiarów promieniowania jonizującego wzorce definicyjne (pierwotne) dawki ekspozycyjnej promieniowania X i gamma. Wzorce te należą do nielicznej grupy urządzeń tego typu istniejących na świecie. Powyższe wzorce były porównywane z wzorcami BIPM. Porównania odbyły się dwukrotnie w latach sześćdziesiątych

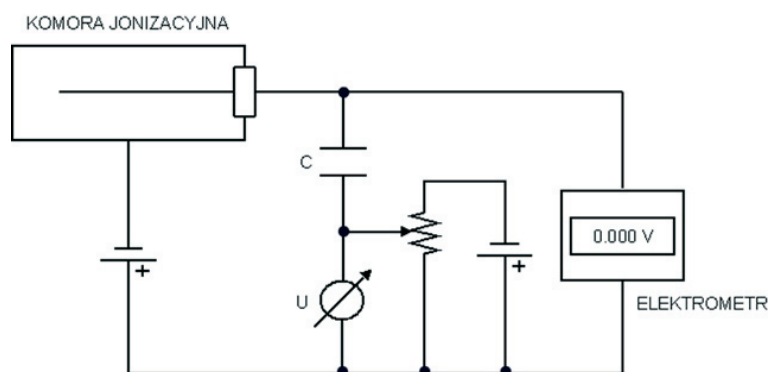


Wzorzec pierwotny Głównego Urzędu Miar – komora jonizacyjna o ściankach powietrznych dla napięcia lampy rentgenowskiej od 60 kV do 300kV

i w 1996 r. W latach 1975 – 1990 laboratorium brało udział w porównaniach państw Europy Wschodniej (RWPG).

Stanowisko wzorcowe służy do odtwarzania i przekazywania jednostki miary dawki ekspozycyjnej, jednostki miary mocy dawki ekspozycyjnej, jednostki miary kermy w powietrzu i jednostki miary mocy kermy w powietrzu promieniowania X w zakresie energii fotonów 7 keV – 250 keV. W tym zakresie energii fotonów wzorcem pierwotnym jednostki miary jest zespół trzech komór jonizacyjnych, o ściankach powietrznych pokrywających zakres energetyczny promieniowania X w trzech zakresach napięcia rentgenowskiego: 8 – 20 kV, 20 – 50 kV, 60 – 300 kV.

Stanowisko wzorcowe składa się z dwóch stanowisk pomiarowych. W skład każdego stanowiska wchodzi komora jonizacyjna (wzorec pierwotny), połączona ze źródłem napięcia polaryzacji i urządzeniem do pomiaru ładunków jonizacyjnych i komora monitorowa z układem pomiarowym. Urządzenie do pomiaru ładunków jonizacyjnych komory wzorcowej i układ pomiarowy komory monitorowej jest wspólny dla obu stanowisk.



Schemat układu do pomiaru ładunków jonizacyjnych oparty na metodzie kompensacji Townsenda

Uzupełnieniem są urządzenia do pomiaru ciśnienia, temperatury i wilgotności powietrza. Jako urządzenia pomocnicze stosuje się aparaty rentgenowskie będące źródłami promieniowania, ławy ze stanowiskiem kołpaka lampy rentgenowskiej z wyposażeniem (przesłona wiązki, filtry), katetometr do precyzyjnego ustawienia komór w wiązce promieniowania, zasilacze i zestaw telewizji przemysłowej do obserwacji i odczytu wskazań przyrządów w wiązce promieniowania.

Wzorec pierwotny bierze udział w porównaniach międzynarodowych w BIPM. Za pomocą wzorca pierwotnego wzorcowane są wzorce niższego rzędu.

Odtwarzanie jednostki miary kermy w powietrzu w polu promieniowania X

Poprawną wartość kermy w powietrzu uzyskuje się przy użyciu wzorca pierwotnego (komory jonizacyjnej), odczytując wartość zebranego ładunku elektrycznego i wyliczając poprawną wartość kermy w powietrzu przy użyciu następującego wzoru

$$K = \frac{Q}{m} \cdot \frac{W}{e} \cdot \frac{1}{1 - \bar{g}} \cdot \Pi k_i$$

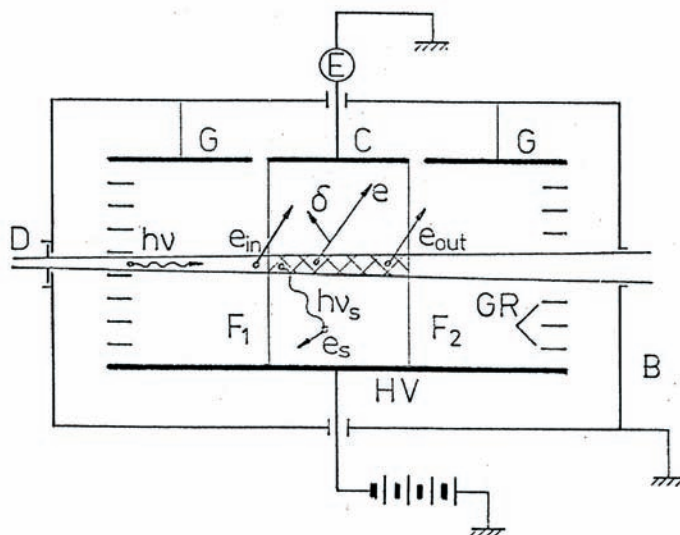
gdzie

Q/m – mierzony ładunek prądu jonizacyjnego na jednostkę masy powietrza w komorze wzorcowej,

W/e – średnia energia zużyta przez elektron o ładunku e na wytworzenie pary jonów,

\bar{g} – stosunek energii wtórnych cząstek naładowanych, zużytej na wytworzenie promieniowania hamowania, do sumy energii tych cząstek,

Πk_i – iloczyn współczynników korekcyjnych użytych do określenia kermy w powietrzu.



Schemat budowy komory jonizacyjnej płasko-równoległej o ściankach powietrznych

Wyniki pomiarów korygowane są do warunków odniesienia, gdyż w przypadku komory jonizacyjnej substancją napromieniowywaną jest powietrze zawarte wewnątrz komory. Znając dokładnie długość elektrod (C) i średnice diaphragmy (D) można obliczyć objętość pomiarową komory jonizacyjnej. Znając objętość pomiarową komory jonizacyjnej i gęstość powietrza można obliczyć jego masę. Powietrze może swobodnie przepływać do, jak i z komory jonizacyjnej. Zatem gęstość powietrza będzie zależała od temperatury i ciśnienia. Na podstawie odczytu wartości temperatury i ciśnienia wyliczany jest współczynnik poprawkowy wyrażony wzorem

$$k_D = \frac{p_0}{p} \cdot \frac{T}{T_0}$$

gdzie

p_0 – ciśnienie odniesienia równe 1013,25 hPa,

p – ciśnienie atmosferyczne w trakcie realizacji pomiarów wyrażone w hPa,

T – temperatura powietrza w trakcie realizacji pomiarów równa $273,15 + t$, gdzie t temperatura wyrażona w °C,

T_0 – temperatura odniesienia równa 293,15 K.

Na stanowisku wzorcowym laboratorium odtwarza jednostkę miary kermy w powietrzu z niepewnością standardową 0,26 %.

Przekazywanie jednostki miary kerry promieniowania X w powietrzu

Wzorcowanie dawkomierzy wykonuje się metodą podstawienia komór jonizacyjnych w polu promieniowania X, polegającą na kolejnym pomiarze komorą wzorcową (E), a następnie komorą wzorcowaną. Środki czynne komór muszą być umieszczone w tym samym, dowolnie wybranym, ustalonym punkcie pomiarowym.



Schemat stanowiska pomiarowego do wzorcowania w polu promieniowania X

Przy pomiarach musi być zapewniona powtarzalność dawki promieniowania X i innych parametrów radiacyjnych. Powtarzalność dawki uzyskuje się poprzez urządzenie monitorowe (komora monitorowa) w postaci przelotowej komory jonizacyjnej (KM) wraz z sprzężonym z nią układem migawki, który stanowią przesłony ołowiane odcinające promieniowanie (M).

Podsumowanie

Opisane stanowisko wzorcowe jest jedynym tego typu w kraju. W momencie powstania w latach 1961 – 1965 wzorce jednostki miary na tym stanowisku były wzorcami najwyższej klasy i należały do nielicznej grupy urządzeń tego typu istniejących na świecie. Stanowisko to było przez szereg lat wzorcem państwowym jednostki miary dawki ekspozycyjnej w polu promieniowania X.

Laboratorium Promieniowania Jonizującego przekazuje jednostkę miary do Krajowych Laboratoriów Wzorcujących (akredytowanych) oraz wzorcuje przyrządy pomiarowe stosowane w nauce, przemyśle i ochronie radiologicznej. Obecnie czynione są próby modernizacji stanowiska w zakresie elektroniki i metody pomiaru małych ładunków jonizacyjnych oraz automatyzacji procesu pomiarowego. Planowane jest również rozszerzenie stanowiska o możliwość wzorcowania urządzeń służących do określania napięcia na lampie rentgenowskiej (kilowoltomierze) oraz urządzeń do określania wielkości ogniska aparatów rentgenowskich. Planowane jest również przystosowanie stanowiska do wykorzystania dla potrzeb brachyterapii (igła fotonowa). Czynione są również starania o przywrócenie wzorców pierwotnych jednostki miary na tym stanowisku do rangi państwowych wzorców jednostki miary.

Godnym podkreślenia również jest fakt członkostwa, od 1970 roku, byłego Kierownika Laboratorium Pana dr. inż. Zbigniewa Referowskiego w Komitecie Doradczym Wzorców Promieniowania Jonizującego (CCERI), co stanowiło nie tylko uznanie dla jego osobistego autorytetu, ale także świadczyło o randze stanowiska pomiarowego i laboratorium.

*Ewa Kaczorowska i Adrian Knyziak
Zakład Promieniowania i Wielkości Wpływających*

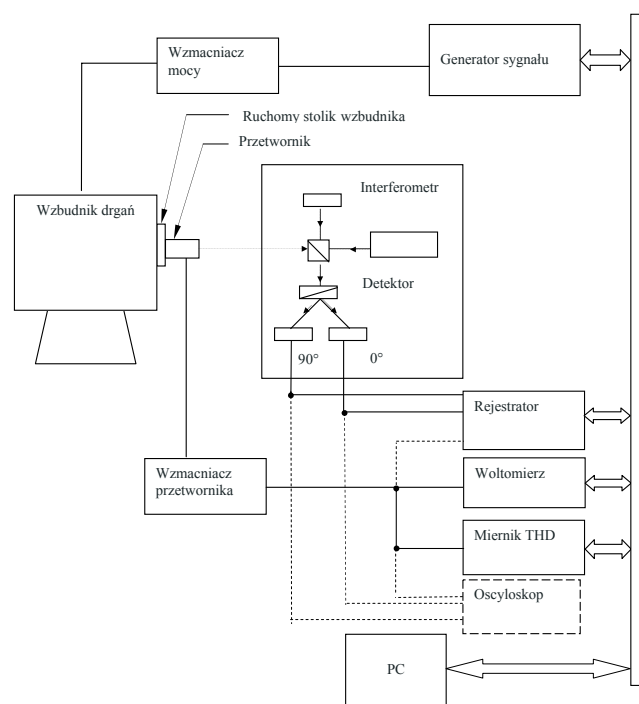
Wzorzec podstawowy jednostek wielkości drgań mechanicznych

Bezwzględne metody wzorcowania przetworników drgań mechanicznych

Bezwzględne metody wzorcowania przetworników drgań mechanicznych przedstawione zostały w normie ISO 16063-11:1999 (*Methods for the calibration of vibration and shock transducers – Part 11: Primary vibration calibration by laser interferometry*). Stosuje się je do wzorcowania przetworników drgań mechanicznych, z zastosowaniem interferometrii laserowej, w zakresie częstotliwości od 1 Hz do 10 kHz i zakresie przyspieszenia od 0,1 m/s² do 1000 m/s², przy czym zakres częstotliwości i przyspieszenia zależy od wybranej metody pomiaru. Metody wzorcowania to:

- 1) metoda zliczania prążków interferencyjnych (FCM) – stosowana dla wyznaczenia amplitudy czułości przetwornika (kalibracja amplitudowa) w zakresie częstotliwości od 1 Hz do 800 Hz,
- 2) metoda punktów minimum (MPM) – stosowana dla wyznaczenia amplitudy czułości przetwornika w zakresie częstotliwości od 800 Hz do 10 kHz,
- 3) metoda aproksymacji sinusowej (SAM) – stosowana do wyznaczenia zarówno amplitudy (kalibracja amplitudowa), jak i przesunięcia fazowego (kalibracja fazowa) zespolonej czułości przetwornika w zakresie częstotliwości od 1 Hz do 10 kHz.

Najczęściej wykorzystywaną metodą jest metoda aproksymacji sinusowej, stosowana przez większość światowych instytucji metrologicznych utrzymujących wzorce drgań mechanicznych.



Podstawowy układ pomiarowy w metodzie aproksymacji sinusowej

Schemat stanowiska umożliwiającego wzorcowanie metodą SAM ze zmodyfikowanym interferometrem Michelsona (z wyjściowymi sygnałami kwadraturowymi tzn. przesunięty- mi względem siebie o 90° i dwoma detektorami światła odbierającymi sygnały z interfero- metru) przedstawiono na rysunku (na stronie poprzedniej).

Teoretyczne podstawy metody SAM wg normy 16063-11

Zespolona czułość przetwornika przyspieszenia (akcelerometru) S_a wyraża się wzo- rem

$$S_a = \hat{S}_a \exp j(\varphi_u - \varphi_a)$$

$$\hat{S}_a = \frac{\hat{u}}{\hat{a}}$$

gdzie

\hat{S}_a – czułość amplitudowa przetwornika,

\hat{u} – napięcie wyjściowe z przetwornika,

\hat{a} – amplituda przyspieszenia drgań,

φ_u – początkowy kąt fazowy napięcia wyjściowego,

φ_a – początkowy kąt fazowy przyspieszenia a ,

$\Delta\varphi = (\varphi_u - \varphi_a)$ – przesunięcie (opóźnienie) fazowe zespolonej czułości.

Amplitudę i fazę przyspieszenia można otrzymać z amplitudy przemieszczenia \hat{s} , czę- stotliwości f (częstość kątowna $\omega = 2\pi f$) i początkowego kąta fazowego przemieszczenia φ_s na podstawie wzorów

$$\hat{a} = \omega^2 \cdot \hat{s}$$

$$\varphi_a = \varphi_s + \pi$$

Gdy wzbudnik drgań generuje sinusoidalne przemieszczenie $s = \hat{s} \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_s)$, wówczas sygnał wyjściowy z akcelerometru opisany jest zależnością

$$u = \hat{u} \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_u)$$

Wielkość wyjściową z pierwszego detektora można przedstawić jako

$$u_1(t) = \hat{u}_1 \cdot \cos\varphi_{\text{MOD}}(t) = \hat{u}_1 \cdot \cos[\varphi_0 + \hat{\varphi}_M \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_s)]$$

gdzie modulowana faza

$$\varphi_{\text{MOD}} = \varphi_0 + \hat{\varphi}_M \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_s)$$

składa się z kąta fazy początkowej φ_0 sygnału z fotodetektora i składnika modulacji φ_M , któ- rego amplituda $\hat{\varphi}_M$ jest proporcjonalna do przemieszczenia

$$\varphi_M = \hat{\varphi}_M \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_s)$$

gdzie

$$\hat{\varphi}_M = \frac{4 \cdot \pi \cdot \hat{s}}{\lambda}$$

Zakłada się tu, że nie ma przesunięcia fazowego pomiędzy przemieszczeniem $s(t)$ i sinusoidalnym składnikiem fazowym $\varphi_M(t)$. Wielkość wyjściowa z drugiego fotodetektora, przesunięta w fazie o 90° , ma postać

$$u_2(t) = \hat{u}_2 \cdot \sin\varphi_{\text{MOD}}(t) = \hat{u}_2 \cdot \sin[\varphi_0 + \hat{\varphi}_M \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_s)]$$

gdzie $\hat{u}_2 = \hat{u}_1$. Oba sygnały są próbkowane podczas pomiaru w równych odstępach czasowych $t_0 < t < t_0 + T_{\text{Meas}}$. Serie wartości pomiarowych $u_1(t_i)$ i $u_2(t_i)$ próbkowane w czasie $t_0 < t < t_0 + T_{\text{Meas}}$ mają przedział próbkowania $\Delta t = t_i - t_{i-1} = \text{const}$. Sukcesywnie, z obu przesuniętych w fazie sygnałów w czasie pomiaru, wyliczane są wartości fazy $\varphi_{\text{Mod}}(t_i)$ przy zastosowaniu zależności

$$\varphi_{\text{Mod}}(t_i) = \arctan \frac{u_2(t_i)}{u_1(t_i)} + n \cdot \pi$$

gdzie $n = 0, 1, 2, \dots$. Wymagane dalej procedury, zwłaszcza wyliczenie funkcji arcus tangens, są standardowymi procedurami w cyfrowym przetwarzaniu sygnału. Rozwiązując układ $N + 1$ równań, można wyliczyć parametry $\hat{\varphi}_M$ i φ_s składnika modulacji fazy, proporcjonalnego do przemieszczenia

$$\varphi_{\text{Mod}}(t_i) = A \cdot \cos \omega t_i - B \cdot \sin \omega t_i + C$$

gdzie $i = 0, 1, 2, \dots, N$. Układ jest liniowy w odniesieniu do parametrów A , B i C , gdzie: $A = \hat{\varphi}_M \cdot \cos\varphi_s$, $B = \hat{\varphi}_M \cdot \sin\varphi_s$, C to stała, a $N + 1$ oznacza liczbę próbek pobieranych synchronicznie w czasie pomiaru. Parametry A , B i C wyliczane są przy zastosowaniu metody sumy najmniejszych kwadratów (aproksymacji sinusowej). Z ich wartości można otrzymać amplitudę fazy modulacji $\hat{\varphi}_M$ i fazę przemieszczenia φ_s , stosując zależności

$$\hat{\varphi}_M = \sqrt{A^2 + B^2}$$

$$\varphi_s = \arctan \frac{B}{A}$$

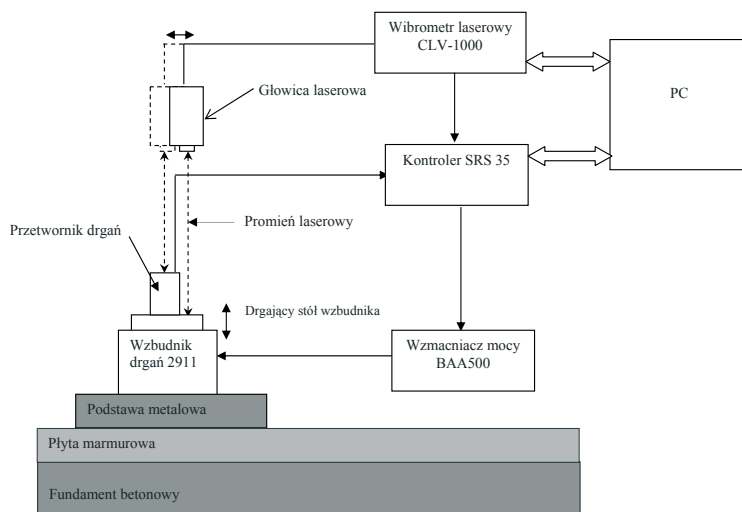
Aby określić amplitudę przyspieszenia, można zastosować następujący wzór

$$\hat{a} = \pi \cdot \lambda \cdot f^2 \cdot \hat{\varphi}_M$$

Amplitudę \hat{u} i fazę φ_u można wyznaczyć tę samą drogą jak odpowiednie parametry fazy modulacji $\hat{\varphi}_M$ i φ_s , poprzez aproksymację sinusową serii próbkowanych wartości wielkości wyjściowych $u(t_i)$ i na tej podstawie wyliczyć moduł \hat{S}_a i przesunięcie fazowe $\Delta\varphi$ czułości akcelerometru.

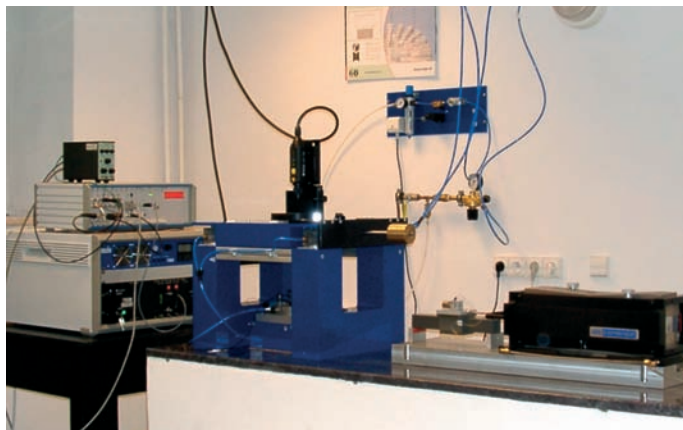
Budowa i zasada działania stanowiska wzorca podstawowego

W oparciu o zasady przedstawione w normie ISO 16063-11 (metoda SAM) zbudowane zostało w GUM wzorcowe stanowisko do kalibracji przetworników drgań metodą bezwzględną, którego zasadniczym elementem jest system CS18P (wytwórca SPEKTRA, Niemcy).



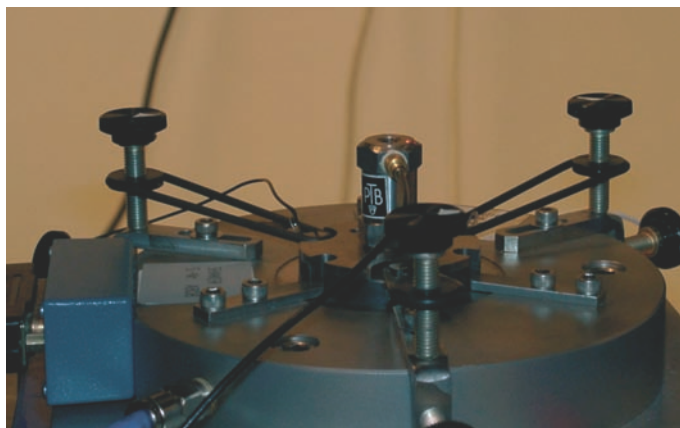
Schemat blokowy stanowiska ze wzбудnikiem 2911

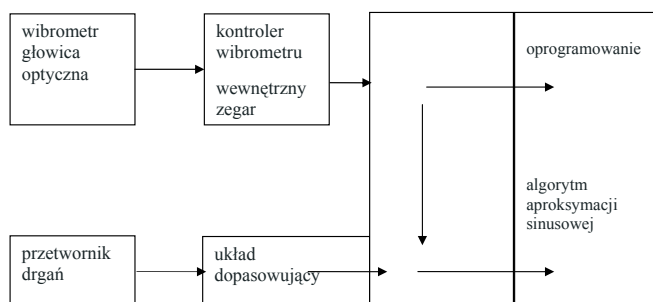
Stanowisko jest wzorcem podstawowym jednostek wielkości drgań mechanicznych (przyspieszenie, prędkość, przemieszczenia). Umożliwia wzorcowanie przetworników drgań metodą bezwzględną w zakresie częstotliwości od 10 Hz do 10 kHz. Ograniczenie zakresu częstotliwości od dołu spowodowane jest właściwościami zastosowanego wzбудnika drgań 2911.



Widok ogólny stanowiska wzorca podstawowego jednostek wielkości drgań mechanicznych

Wzorcowy przetwornik drgań 8505 zamocowany na stole drgającym wzбудnika 2911





Schemat blokowy układu taktowania

Drgania, wytwarzane w układzie ich wytwarzania (wzbudnik drgań – wzmacniacz mocy – kontroler), mierzone są za pomocą wibrometru laserowego CLV-1000 (Polytec), wykorzystującego zasadę Dopplera i interferometru Macha-Zehndera.

Promień światła laserowego

może zostać skierowany i odbijać się od górnej powierzchni przetwornika drgań lub od miejsca przy jego podstawie – zależnie od konstrukcji i zastosowania przetwornika drgań. Powierzchnie, na które pada promień światła laserowego powinny być specjalnie przygotowane, aby umożliwić interferencję promieni: odniesienia i pomiarowego. Można to uzyskać przez wypolerowanie lub naklejenie folii odbijającej.

Sygnał wychodzący z wibrometru jest sygnałem cyfrowym uzyskiwanym w sposób ciągły. Próbkę (sygnały z interferometru i z przetwornika drgań) pobierane są i przetwarzane w równych odstępach czasu. Schemat układu zarządzającego sposobem pobierania próbek przedstawiono na rysunku powyżej.

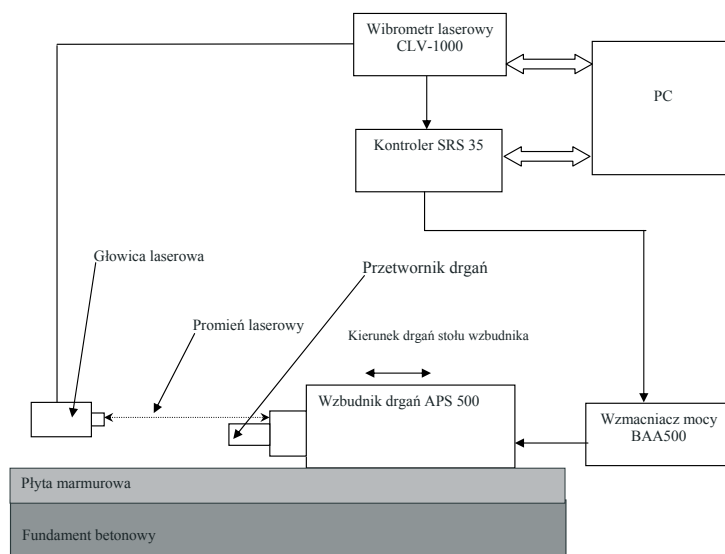
Cyfrowy sygnał reprezentujący prędkość drgań jest dekodowany metodą arcus tangens i numerycznie przetwarzany. Wibrometr jest zsynchronizowany z kontrolerem. Realizowane jest to poprzez zastosowanie impulsów zegarowych służących do szeregowej transmisji danych z wibrometru do kontrolera, w celu wytwarzania impulsu zegarowego do taktowania konwersją A/D w analogowych częściach wibrometru. Ponieważ ten impuls zegarowy pochodzi z wibrometru, gdzie jest wewnętrznie wykorzystywany do pobierania próbek i obliczeń, występuje ścisłe powiązanie między pomiarami sygnałów elektrycznych i mechanicznych. Cyfrowy sygnał wyjściowy z wibrometru i przetwornik analogowo-cyfrowy (AD) są taktowane przez ten sam generator impulsów.

W celu zapewnienia izolacji od zakłócających drgań przekazywanych z podłoża, wzbudnik zamocowano na ciężkiej marmurowej płycie posadowionej na betonowej podstawie. Na tej samej marmurowej płycie posadowiona jest pozycjonująca podstawa, wsparta na konstrukcji izolowanej od drgań wytwarzanych przez wzbudnik poprzez izolatory powietrzne. Głowica lasera jest zamocowana do wspornika posadowionego na łożyskowej powietrznie podstawie wibroizolacyjnej.

Ze względu na planowane włączenie w stanowisko niskoczęstotliwościowego wzbudnika drgań APS500, stanowisko zostało tak skonstruowane i oprogramowane przez firmę



Fragment stanowiska ze wzbudnikiem 2911



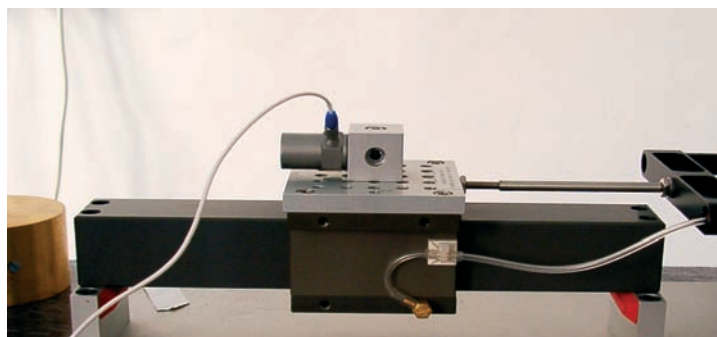
Schemat blokowy stanowiska ze wzbudnikiem APS 500

SPEKTRA, aby po dokonaniu niezbędnych zmian w zamocowaniu głowicy laserowej wibrometru i wybraniu odpowiedniej opcji programu, możliwe było wzorcowanie przetworników drgań w zakresie częstotliwości od 1 Hz do 10 kHz. Głowicę laserową można mocować na dwa sposoby: pionowo – tak, aby promień światła laserowego padał na powierzchnię stołu drgającego lub przetwornika zamocowanego na wzbudniku 2911 albo poziomo – tak, aby sygnał był odbierany z powierzchni stolika wzbudnika APS 500. Pozwoli to na rozszerzenie częstotliwościowego zakresu wzorcowania metodą bezwzględną w stronę niskich częstotliwości do 1 Hz (ograniczeniem staje się teraz oprogramowanie). Schemat stanowiska w wersji niskoczęstotliwościowej przedstawiono na rysunku powyżej.



Fragment stanowiska ze wzbudnikiem APS

Ruchomy stół wzbudnika APS 500 z zamocowanym wzorcowanym przetwornikiem drgań



Podczas wzorcowania wzorcowany przetwornik podlega drganiom o kierunku poziomym; promień lasera jest zogniskowany na elemencie mocującym jak najbliżej podstawy przetwornika.

Oba wzbudniki (2911 i APS 500) są łożyskowane powietrznie. Taki rodzaj łożyskowania części drgającej wzbudnika zapewnia, że przetwornik poddany jest drganiom sinusoidalnym o kierunku zgodnym z osią wzbudnika i osią zamocowania przetwornika drgań, a drgania poprzeczne (w płaszczyźnie prostopadłej do osi wzbudnika) oraz wszelkie drgania giętne są jak najmniejsze.

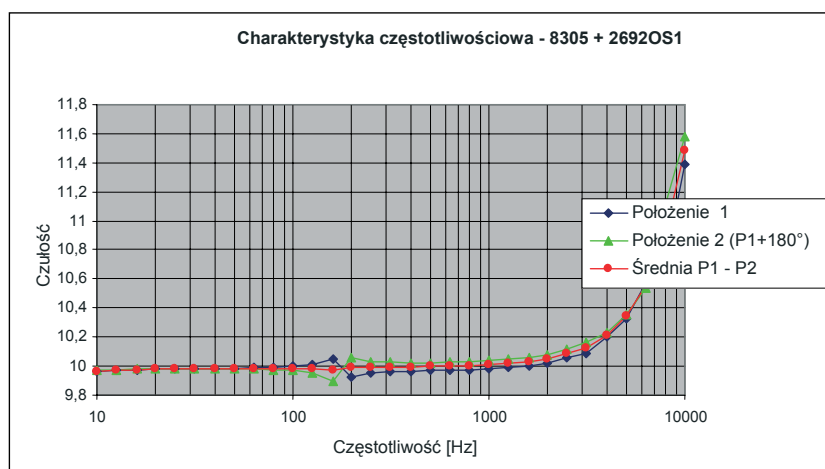
Uśrednianie wyniku

Aby wyznaczyć czułość przetwornika drgań metodą bezwzględną konieczne jest zogniskowanie wiązki laserowej na odbijającej górnej powierzchni wzorcowanego przetwornika drgań lub na odbijającej powierzchni wzbudnika drgań jak najbliżej podstawy przetwornika poddawanego drganiom. Wybór pozycji plamki laserowej zależy od konstrukcji przetwornika drgań (back-to-back lub single-ended) i jego zastosowania oraz od ewentualnego stosowania masy dodatkowej.

Ze względu na mechaniczne właściwości wzbudników drgań (poprzeczne, wahliwe, giętne ruchy głowicy wzbudnika) drgania nie są identyczne w każdym punkcie płaszczyzny stołu wzbudnika. Najlepiej byłoby mierzyć je w punkcie będącym środkiem geometrycznym głowicy, ale najczęściej nie jest to możliwe ze względu na zamocowanie przetwornika drgań. W praktyce konieczne jest więc wykonanie pomiarów w kilku punktach, co najmniej w trzech, równomiernie rozłożonych na drgającej powierzchni i uśrednienie uzyskanych wyników. Konieczne jest przy tym zachowanie następujących warunków:

- sygnał drganiowy musi być powtarzalny,
- drgania muszą być stabilne w dłuższym czasie, umożliwiającym wykonanie pomiarów,
- ciśnienie powietrza w łożyskach powietrznych wzbudnika musi być stabilne.

Tylko przy zachowaniu ww. warunków wykonanie pomiarów kolejno w kilku punktach pomiarowych, równomiernie rozłożonych na powierzchni drgającej, i obliczenie na



Wyniki pomiarów czułości przetwornika uzyskane dla dwóch przeciwległych położeń plamki laserowej

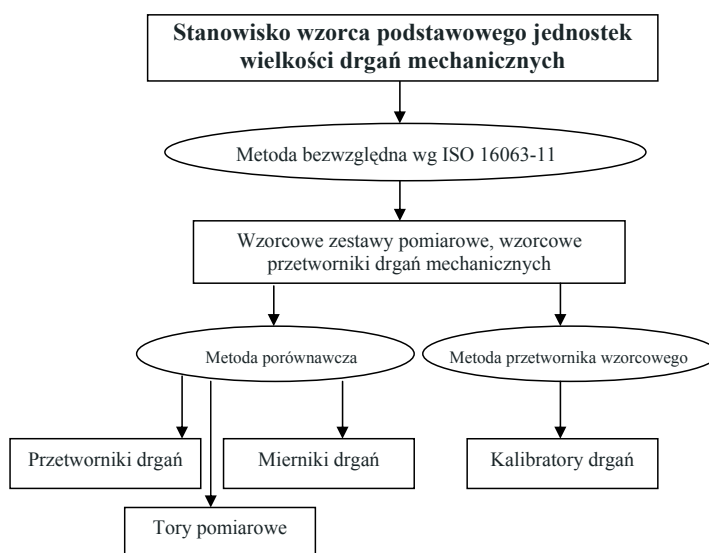
tej podstawie wiarygodnej wartości średniego przyspieszenia drgań, pozwoli na obliczenie czułości wzorcowanego przetwornika drgań z akceptowalną niepewnością.

Niepewność rozszerzona wzorcowania na stanowisku wzorca podstawowego jednostek wielkości drgań mechanicznych (przy poziomie ufności ok. 95 % i współczynniku rozszerzenia $k = 2$), zależnie od częstotliwości sinusoidalnego sygnału drganiowego, przy której wykonuje się wzorcowanie, została oszacowana na:

- 0,6 % – częstotliwość od 10 Hz do 16 Hz
- 0,5 % – częstotliwość od 20 Hz do 4 kHz
- 0,6 % – częstotliwość 5 kHz
- 1,1 % – częstotliwość od 6,3 kHz do 8 kHz
- 1,4 % – częstotliwość 10 kHz.

Spójność pomiarowa i porównania międzynarodowe

Stanowisko wzorca podstawowego jednostek wielkości drgań mechanicznych reprezentuje najwyższy poziom dokładności w Polsce i jest źródłem spójności pomiarowej w dziedzinie drgań mechanicznych. Schemat zapewnienia spójności pomiarowej i przekazywania jednostek wielkości drgań mechanicznych przedstawiono na rysunku poniżej.



Schemat zapewnienia spójności pomiarowej w dziedzinie drgań mechanicznych

Potwierdzenie parametrów metrologicznych stanowiska wzorcowego miało miejsce poprzez udział – z pozytywnym wynikiem – w porównaniu kluczowym EURAMET.AUV.V-K1 w 2003 r., dotyczącym wyznaczenia czułości amplitudowej przetworników drgań. W 2007 r. stanowisko uczestniczyło w porównaniu kluczowym COOMET.AUV.V-K1 (raport końcowy nie jest jeszcze gotowy). W 2010 r. planowany jest udział GUM w porównaniu kluczowym CCAUV.V-K2, którego zakres będzie obejmował, poza wyznaczeniem czułości amplitudowej przetworników drgań, również wyznaczenie fazy.

Joanna Kolasa
Zakład Mechaniki i Akustyki

Wydawca: **Główny Urząd Miar**

Prezes
JANINA MARIA POPOWSKA
tel. 581 95 45, fax 620 84 11,
e-mail: prjp@gum.gov.pl

Wiceprezes odpowiedzialny za sprawy
metrologii naukowej
WŁODZIMIERZ POPIOŁEK

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

Wiceprezes odpowiedzialny za sprawy
metrologii prawnej
DOROTA HABICH
tel. 581 93 26, fax 624 25 73,
e-mail: vprdh@gum.gov.pl

Dyrektor Generalny Urzędu
ELŻBIETA SOIKA

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

Redakcja: **Stanowisko ds. Koordynacji Współpracy Naukowej**
Dobrosława Sochocka tel. (22) 581 92 93, e-mail: d.suchocka@gum.gov.pl
Paweł Fotowicz tel. (22) 581 94 37, e-mail: uncert@gum.gov.pl