

Światłość z pięciu lamp

Luminous intensity of five photometric lamps

Adam Żeberkiewicz (Gabinet Prezesa, GUM)

Rozmowa z Grzegorzem Szajną (kierownikiem Laboratorium Fotometrii i Radiometrii, opiekunem państwowego wzorca światłości). W wywiadzie poruszone zostały takie m.in. tematy, jak budowa państwowego wzorca światłości, porównania międzynarodowe wzorca, a także perspektywy realizacji wzorca światłości.

The interview with Grzegorz Szajna – Head of Photometry and Radiometry Laboratory, National Luminous Intensity Standard Supervisor. Mr. Szajna talks about structure of National Luminous Intensity Standard, comparisons of national standards and expecting ways of its realization.

Adam Żeberkiewicz: – *Od kiedy światłość jest przekazywana w GUM?*

Grzegorz Szajna: – Laboratorium Fotometrii było jednym z pierwszych laboratoriów, które powstały w GUM. Przedstawiciel GUM prof. Kazimierz Drewnowski brał udział w pracach Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej (CEI), jeszcze przed II wojną światową.

– *W Polsce wzorzec państwowy tworzy pięć lamp marki Toshiba. Dlaczego we wzorcu państwowym jest pięć lamp?*

– Jedna lampa nie stanowi wzorca. Dlaczego? Bo jeśli ją wkręcimy i zaświecimy, to nie mamy pewności, że „pokazuje” prawidłowo. Dwie lampy też nie stanowią wzorca. Jedna może „pokazać” 50, a druga 100 kandel. Która „pokazuje” dobrze? Nie wiadomo. Dlatego wzorce grupowe definiujemy jako grupę co najmniej trzech lamp. Trzy lampy są minimalną ilością, której wymagamy od laboratoriów wzorcujących u nas wzorce. A dlaczego pięć? Tak się utrwaliło w tradycji pomiarowej w ubiegłym wieku. Do ostatnich porównań światłości EURAMET dopuszczaliśmy cztery lub pięć lamp. Oczywiście można było sprawdzić i więcej. Były takie narodowe instytuty metrologiczne, które dostarczyły siedem lamp.

Wzorzec jakiegokolwiek wielkości świetlnej można realizować na każdym rodzaju lamp, które spełniają wymagania jeśli chodzi o kształt żarnika, bańkę, stabilność elektryczną i świetlną oraz inne

parametry, które mają wpływ na pracę wzorca, odtworzenie jednostki miary i zachowanie spójności.

Dominujący na rynku producenci, czyli firmy Osram, Philips i Toshiba, produkują lampy spełniające wymagania techniczne, jakimi muszą charakteryzować się źródła na wzorce fotometryczne. Te utrzymywane w GUM są realizowane na lampach, które są bardzo stabilne i wyróżniają się jakością metrologiczną. Do tego są specjalnie dedykowane do zastosowań w pomiarach fotometrycznych.

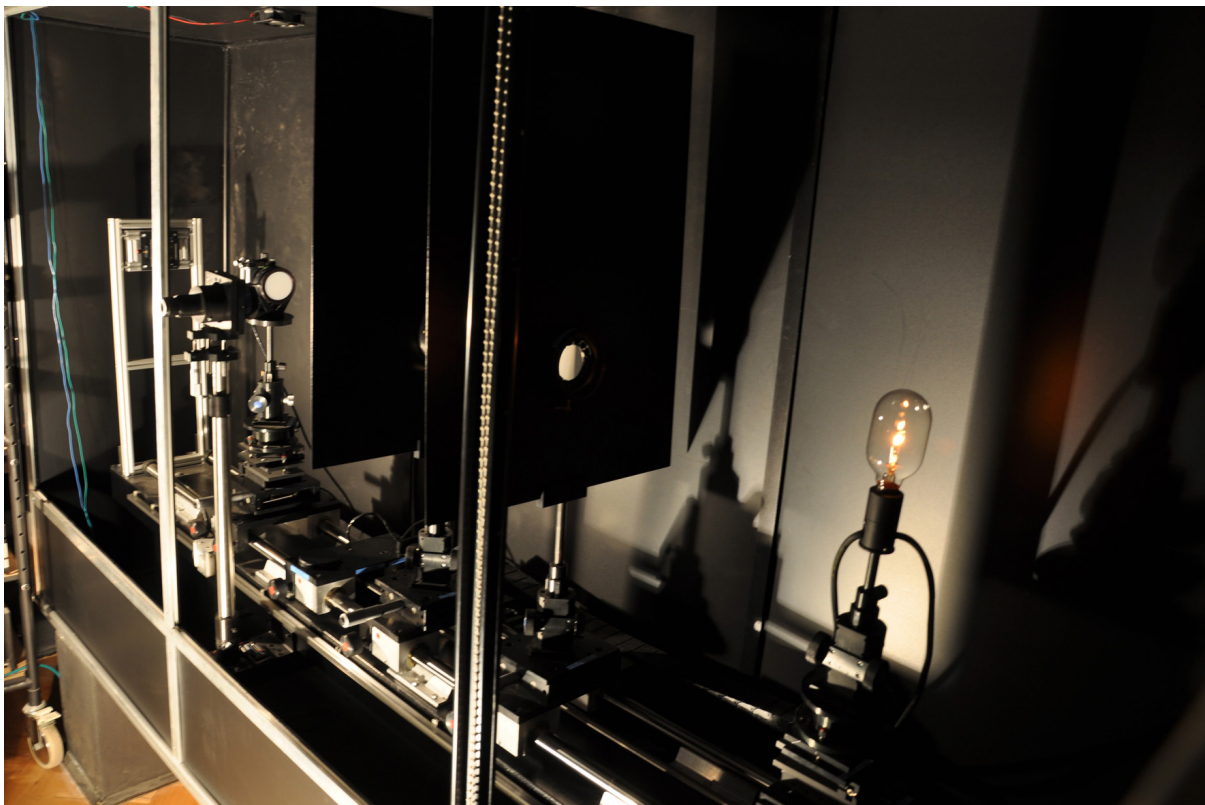
– *Co jeszcze możemy powiedzieć o tych lampach?*

– Są to żarówki próżniowe. Oczywiście taka żarówka ma bardzo dobrej jakości żarnik wykonany z wolframu wysokiej czystości. Skrętka żarnika, podobnie jak bańka i trzonek lampy, jest wykonana w sposób zbliżony do doskonałości. Czas pracy żarówki to 1000 godzin.

– *Jaki jest średni czas pracy tych lamp?*

– Wzorzec nie pracuje cały czas. Aby podać precyzyjną odpowiedź, musiałbym sięgnąć do dokumentacji. Jednak mogę powiedzieć, że w ciągu roku jedna lampa jest używana metrologicznie od półtorej do dwóch godzin.

Struktura przekazywania jednostki miary światłości od wzorca państwowego wygląda następująco: państwowy wzorzec światłości, składający się z pięciu lamp Toshiba, dwa grupowe wzorce pośredniczące, złożone z pięciu i czterech lamp Osram. Ostatnim



Stanowisko pomiarowe do odtwarzania państwowego wzorca jednostki światłości

ogniwem łańcucha spójności są wzorce robocze, których używamy do przekazywania jednostki miary przyrządom pomiarowym klientów. Korzystamy z całkiem zwyczajnych, popularnych lamp, tzw. projekcyjnych. Przykładem jest grupa lamp o mocy 2 kW. Te lampy są wzorcowane raz do roku, ale jeśli ich czas pracy przekroczy 12 godzin, to muszą być poddane wzorcowaniu wcześniej.

– I przy pomocy tych lamp wykonuje się pomiary dla klientów?

– Tak. Lampy wzorca państwowego służą wyłącznie do tego, żeby przekazać jednostkę miary wzorcowi pośredniczającemu oraz wykonuje się dla niego komparację, czyli sprawdzenie, czy wzorzec zachowuje wewnętrzną spójność pomiarową.

– Czy wzorzec pierwotny światłości też składa się z pięciu lamp?

– Nie. Nie ma czegoś takiego jak wzorzec pierwotny światłości. Jest natomiast realizacja wzorca jed-

nostki światłości na drodze radiometrycznej. Tak realizują jednostkę światłości kierunkowej produkujące w Europie i na świecie państwowe instytuty metrologiczne, posiadające odpowiednie zaplecze techniczne oraz mogące pozwolić sobie na duże nakłady finansowe. Ośrodki te biorą też udział w porównaniach kluczowych prowadzonych w ramach CCPR (Komitetu Doradczego Fotometrii i Radiometrii CIPM).

– Ile jest takich państw?

– Kilkanaście. Polska bierze udział w porównaniach kluczowych organizowanych przez EURAMET, które są następstwem tamtych porównań. W porównaniach kluczowych CCPR wyznaczana jest jakaś wartość, np. w 1989 r. w wyniku tych porównań wartość światłości zmieniła się o 0,3 % i my musieliśmy, chcąc zachować spójność pomiarową, w oparciu o wyniki porównań kluczowych, zmienić wartość światłości o 0,3 % w górę. Następnie zbierają się NMI's (Krajowe Instytucje Metrologiczne), które brały udział w porównaniach CCPR i wyłoniwszy pilota porównań EURAMET, przenoszą do nich wartość linkują-

cą od porównań CCPR. W ostatnich porównaniach kluczowych EURAMET, które miały miejsce w ubiegłym roku i w których również braliśmy udział, najlepiej wypadło niemieckie PTB, które z kolei kilkanaście lat temu brało udział w porównaniach najważniejszych „graczy”.

– Jak często odbywają się takie porównania?

– Porównania największych odbywają się bardzo rzadko. Z tego co pamiętam, porównania kluczowe CCPR odbywały się rzadko. Ostatnio ustalono, że nie rzadziej niż co 10 lat. Nasze porównania (EURAMET), w których moglibyśmy brać udział, odbywają się również rzadko. Są w GUM laboratoria, które porównują się częściej. W zakresie promieniowania i radiometrii porównania są bardzo rzadkie, z małą ilością chętnych do ich pilotowania, bo to wymaga ogromu pracy. Ja wykonywałem te pomiary w 2008 r., a wyniki były ogłaszane dopiero w 2014 r. i 2015 r.

– Jak nasz wzorzec wypadł w porównaniach międzynarodowych?

– Spróbuję wytłumaczyć to w ten sposób: nasz wzorzec nie brał udziału w porównaniach jako wzorzec, fizycznie. Względem naszego wzorca były wzorcowane lampy – odbywało się to u nas i w laboratorium linkującym. Wartości te – z pomiarów tam i w GUM – są uśredniane i odnoszone do wartości, które PTB otrzymało w trakcie swoich pomiarów. Pomiary wykonane przez GUM były przeprowadzone z określoną niepewnością. Jeżeli laboratorium zadeklarowało, że każda lampa, którą wysłaliśmy, miała 100 kandel plus/minus 5 %, a laboratorium PTB otrzymało w wyniku pomiarów wartość 102 kandeles plus/minus 2 %, to oznacza, że zadeklarowane przez nas wyniki pomiarów wraz z niepewnością mieszczą się w zadeklarowanym zakresie wartości..Utrzymaliśmy CMC (zdolności w zakresie wzorcowania i pomiarów – przyp. red.). Nie staraliśmy się go podwyższać, bo to wymagałoby nakładów finansowych, których nie mamy. Deklarowaliśmy, że mamy CMC na poziomie 1,5 % i to utrzymaliśmy, a dokładnie zmieściliśmy się w 1 %. Podsumowując tę ocenę – mając gorsze warunki techniczne wypadliśmy bardzo dobrze, porównywalnie np. z brytyjskim NPL.

– Ile jest wart nasz wzorzec światłości?

– Teoretycznie, jeśli ma się pieniądze, to wzorzec złożony z lamp można kupić. Ale to nie wszystko, co się zawiera we wzorcu. Jego historię tworzy np. ilość pomiarów na nim wykonywanych. Widzimy w ten sposób, jak wzorzec zmienia swoje parametry i możemy określić jego charakterystykę. Kiedy w 1989 r. kupowaliśmy lampy do wzorca, jedna kosztowała 3,5 tys. dolarów. W polskich warunkach to było dużo. A ile kosztowałyby teraz? Podejrzewam, że niedużo więcej. Może 4–5 tys. dolarów. To jest wartość materiałowa jednej lampy wzorca. Do tego dochodzi zagraniczne wzorcowanie w granicach 5–6 tys. euro. Oczywiście potrzebne jest jeszcze odtworzenie tego wzorca, na które składają się: multimetry cyfrowe, zasilacz, ława – stworzenie od nowa podstawowej pracowni fotometrycznej. Wszystko to tworzy koszt ok. 2–2,5 mln zł.

– Powiedzmy teraz o tym, jakie są obowiązki opiekuna wzorca.

– Opiekun każdego wzorca ma inne obowiązki, w zależności od właściwości metrologicznych tego wzorca. Chodzi o to, żeby wzorzec dobrze działał, zachowywał spójność pomiarową, i w odpowiednim czasie został zgłoszony do wzorcowania za granicą, oczywiście w przypadku wzorca wtórnego.

– O wzorzec się dba. W jaki sposób?

– Wszystkie czynności przy wzorcu wykonujemy w białych bawełnianych rękawiczkach. W opisie jest dokładnie przedstawione, co trzeba robić. Przemywamy wzorzec spirytusem cz.d.a., żeby był czysty. Poza tym ogląda się styki i wykonuje typowe czynności techniczne. A najważniejszą czynnością jest komparacja, którą wykonujemy raz na dwa lata.

– Jakie są warunki przechowywania wzorca?

– Można to podzielić na dwie części – pierwsza to przechowywanie, druga to odtworzenie. Co do pierwszej – zalecenia CIE są następujące: wilgotność do 80 %, temperatura pokojowa, ochrona przed kurzem, wstrząsami mechanicznymi, wstrząsem elektrycznym. Jeżeli chodzi o odtworzenie wzorca, są do tego podane warunki: wilgotność poniżej 80 %, temperatura od 18 °C do 24 °C. Do tego dochodzą oczy-



wiecie standardowe zabiegi czyszczące. Ciemnia jest raz na miesiąc porządnie czyszczona, odkurzana.

– Jakie przyrządy są najczęściej wzorcowane w Laboratorium Fotometrii i Radiometrii?

– Wyjaśnijmy najpierw, że w Polsce działa Laboratorium Fotometrii i Radiometrii GUM, trzy laboratoria w okręgach łódzkim, poznańskim i warszawskim (w tym ostatnim przypadku jest to de facto ObUM Białystok). Obwód białostocki i OUM Poznań wykonują wzorcowania luksomierzy, a OUM Łódź luksomierzy i kalibratorów fotometrycznych. Jest jeszcze laboratorium w Międzyzlesiu, które „bierze” od nas m.in. wzorcowanie światłości, strumienia świetlnego i luksomierzy. Są to jedyne laboratoria wzorcujące z tej dziedziny pomiarowej w kraju.

Natomiast w GUM wzorcujemy wszystko. Wykonywanych jest ok. 700 wzorcowań rocznie. W tej chwili najmodniejsze, jeśli można tak powiedzieć, jest wzorcowanie mierników do badania ndt – związane to jest z promieniowaniem optycznym widzialnym i nadfioletowym. Tzw. dolina lotnicza (Mielec, Rzeszów) produkuje części do samolotów i śmigłowców. Przy pomocy badań ndt można stwierdzić, czy poszycie kadłuba albo wirnik śmigłowca mają ścisłą strukturę, bez pęknięć itp. To są proste badania, nie wymagające prześwietleń. W laboratorium mamy specjalne stanowisko do wzorcowania przyrządów do badań ndt, które stanowią mniej więcej 1/3 wszystkich wzorcowań. Cały krajowy przemysł lotniczy wzorcuje u nas tego typu przyrządy.

Oprócz tego wzorcujemy wzorce światłości, wzorce temperatury barwowej, wzorce strumienia świetlnego, kolorymetry, luksomierze, wykonujemy wzorcowania połyskomierzy i komór świetlnych. Np. producenci tapicerki samochodowej zamawiają określony materiał i jeśli on się skończy, to zamawiana jest następna partia. Teoretycznie jest to ten sam materiał, jeśli chodzi o barwę i fakturę, ale żeby stwierdzić, czy są identyczne, to trzeba w komorze świetlnej ocenić te parametry przy oświetleniu różnymi rodzajami źródeł światła. To jest bardzo ważna dziedzina w pomiarach promieniowania optycznego. Jesteśmy jedynym laboratorium w Polsce, które wzorcuje materiały fosforescencyjne, a mamy w kraju kilkunastu producentów takich materiałów. Określamy, w oparciu o normy, czas zaniku świecenia tych materiałów. Sposób ich „działania” jest podobny do ła-

dującego się akumulatora. Jeżeli będziemy je oświetlali dłuższy czas, to będą dłużej świecić.

Jeżeli dla przyrządu, z którym klient się zgłasza, jesteśmy w stanie zaproponować metodę pomiarową, to takie wzorcowanie wykonujemy. Opracowanie metody pomiarowej polega na tym, żeby wiedzieć czym zmierzyć, jak zmierzyć i prawidłowo ocenić źródła niepewności pomiaru.

– Planowane są redefinicje jednostek miar Międzynarodowego Układu Jednostek Miar SI. Proszę powiedzieć, co to oznacza w przypadku światłości?

– Planowane redefinicje nie dotyczą jednostki miary światłości. Nową definicję kandeli przyjęła 16. Generalna Konferencja Miar. Światłość jest definiowana przy pomocy stałej fizycznej. Kwestia polega więc na realizacji, a konkretnie pomiarzeniu czułości widmowej, w odniesieniu do której można kandelę zrealizować. W przypadku realizacji opartej o radiometr kriogeniczny chodzi o kwotę rzędu 2–3 mln, a do tego dochodzą koszty pełnej obsługi, która kosztuje 100–200 tys. zł rocznie.

– Czy to będzie kosztowniejszy system?

– Dla tych, którzy będą chcieli mieć wzorzec pierwotny – tak. Pytanie, czy we wszystkich dziedzinach pomiarowych jest nam potrzebny wzorzec pierwotny. Wzorcowanie wzorca światłości kosztuje 6–7 tys. euro razy pięć lamp, tj. ok. 35 tys. euro – wzorcujemy go raz na cztery lata. Po 40 latach to będzie 350 tys. euro. A gdybyśmy chcieli sami realizować wzorzec, potrzeba byłoby pieniędzy za 240 lat wzorcowań. Czy coś na tym zyskujemy? Niewątpliwie renomę. Ale patrząc realnie, z punktu widzenia użytkowników w Polsce to, czy kandelą będzie odtwarzana z niepewnością 0,4 % czy 0,8 % ma mniejsze znaczenie. Bardzo małe niepewności odtworzenia jednostki miary to jest wyścig tylko najbogatszych krajów, a nas na to nie stać finansowo.

– Dziękuję za rozmowę.