



Przekazywanie jednostki miary momentu siły w Centralnym Wojskowym Ośrodku Metrologii przy zastosowaniu procedury wzorcowania DKD jako przykład nowego podejścia do obliczania niepewności pomiarów

WALDEMAR MODZELEWSKI, MIROSŁAW OTULAK

Centralny Wojskowy Ośrodek Metrologii, 00-908 Warszawa, ul. Radiowa 2

Streszczenie. W artykule zaprezentowano procedurę przekazywania jednostki miary momentu siły w Centralnym Wojskowym Ośrodku Metrologii (CWOM) powstałą w oparciu o procedurę wzorcowania DKD. Przedstawiono ścieżkę spójności pomiarowej w zakresie momentu siły w resorcie Obrony Narodowej. Omówiono proces kalibracji wzorców roboczych momentu siły z zastosowaniem transferowych kluczy dynamometrycznych. Zaprezentowano sposób obliczania parametrów urządzenia kalibrowanego oraz przedstawiono proces szacowania niepewności pomiaru.

Słowa kluczowe: klucze transferowe, spójność pomiarowa, kalibracja, niepewność

Symbole UKD: 621.317

Wstęp

Centralny Wojskowy Ośrodek Metrologii (CWOM), jako laboratorium kalibrujące I rzędu resortu Obrony Narodowej (ON), zobligowany jest do utrzymania wzorców odniesienia i przekazywania jednostek miary poszczególnych wielkości fizycznych funkcjonującym w Ministerstwie ON laboratoriom II rzędu.

W związku z przystąpieniem Polski do Paktu Północnoatlantyckiego (NATO) i sukcesywną wymianą oraz modernizacją uzbrojenia i sprzętu wojskowego (UiSW), a tym samym wprowadzaną do eksploatacji znaczną ilością nowych typów przyrządów pomiarowych służących do obsługi UiSW, niezbędne stało się wyposażenie

ośrodków we wzorce odniesienia i wzorce robocze przeznaczone do kalibracji nowej aparatury pomiarowej.

Jednocześnie z przygotowaniem się CWOM i innych wojskowych laboratoriów pomiarowych do pełnej zgodności prowadzonej działalności, związanej z kalibracją przyrządów pomiarowych, z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025 „Ogólne wymagania dotyczące kompetencji technicznych laboratoriów badawczych i wzorcujących”, a w perspektywie do uzyskania upoważnienia Dyrektora Wojskowego Centrum Metrologii Ministerstwa Obrony Narodowej (WCM MON), niezbędne jest oszacowanie niepewności pomiarów w laboratoriach dla nowych dziedzin pomiarowych (takich jak moment siły).

Spójność pomiarowa w zakresie momentu siły

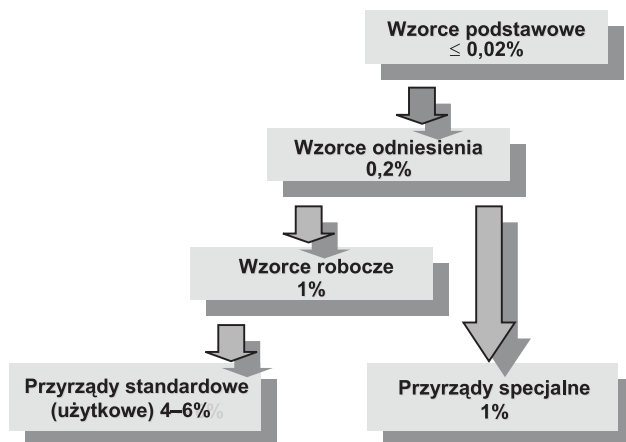
Spójność pomiarowa zdefiniowana jest jako właściwość wyniku pomiaru lub wzorca jednostki miary polegająca na tym, że można je powiązać z określonymi odniesieniami, na ogół z wzorcami państwowymi lub międzynarodowymi jednostki miary, za pośrednictwem nieprzerwanego łańcucha porównań, z których wszystkie mają określone niepewności [1].

W celu zapewnienia spójności pomiarowej w dziedzinie momentu siły, przyrządy dynamometryczne ręczne (przyrządy do zadawania i pomiaru momentu siły) będące na wyposażeniu warsztatów i jednostek wojskowych, używane do remontu i napraw uzbrojenia i sprzętu wojskowego, powinny być poddane kalibracji zapewniającej dowiązanie do wzorca odniesienia MON, eksploatowanego w CWOM.

CWOM jako laboratorium I rzędu, uruchomiło jako pierwsze laboratorium w resorcie ON stanowisko pomiarowe umożliwiające kalibrację przyrządów dynamometrycznych ręcznych. Nabyte doświadczenie w tym zakresie i znaczne ilości przyrządów do pomiaru i zadawania momentu siły spowodowały potrzebę wyposażenia laboratoriów II rzędu w stanowiska bazujące na wzorcach roboczych do kalibracji użytkowych przyrządów momentu siły. Konsekwencją tego było podjęcie przez CWOM dalszych działań do opracowania układu sprawdzeń przyrządów do pomiaru momentu siły stosowanych w MON. Podczas rozmów podjętych w Głównym Urzędzie Miar (GUM) ustalono, że nie prowadzi on wzorcowania przyrządów do pomiaru momentu siły i nie utrzymuje wzorców odniesienia w tym zakresie. Nawiązano więc współpracę zagraniczną z laboratorium akredytowanym przez Niemiecki Urząd ds. Wzorcowania (DKD) w fabryce RAHSOL, produkującej przyrządy dynamometryczne ręczne i przetworniki do ich kalibracji. Również wizyta delegacji metrologów z resortu ON w Niemieckim Instytucie Fizyczno-Technicznym (PTB) przyniosła wymierne korzyści. Delegację zapoznano z organizacją laboratorium, wyposażeniem pomiarowym, układem sprawdzeń przyrządów do pomiaru momentu siły i metodami kalibracji

poszczególnych przyrządów pomiarowych biorących udział w przekazywaniu jednostki miary momentu siły.

Na rysunku 1 przedstawiono w sposób poglądowy ścieżkę spójności pomiarowej w zakresie momentu siły opracowaną przez DKD.



Rys. 1. Schemat poglądowy ścieżki spójności pomiarowej w zakresie momentu siły

Do kalibracji przyrządów standardowych (użytkowych) o błędach granicznych dopuszczalnych 4-6% wartości mierzonej konieczne jest wyposażenie laboratorium pomiarowego we wzorce robocze o błędzie granicznym dopuszczalnym równym 1%. Analogicznie do opracowanej w DKD ścieżce spójności pomiarowej, w CWOM zorganizowano i uruchomiono stanowisko pomiarowe do kalibracji wzorców roboczych o błędzie granicznym dopuszczalnym 0,2%, a w laboratoriach II rzędu stanowiska do kalibracji przyrządów standardowych (użytkowych) o błędzie granicznym dopuszczalnym 1%. CWOM i laboratoria II rzędu spełniają ten wymóg i w swojej działalności są zgodne ze stanowiskiem prezentowanym przez DKD.

Do kalibracji wzorców roboczych i przyrządów specjalnych zgodnie z przyjętą spójnością pomiarową, konieczne jest zastosowanie wzorców odniesienia o błędzie granicznym dopuszczalnym równym 0,2%.

Z uwagi na brak w Polsce instytucji utrzymującej wzorce w zakresie momentu siły i mającej doświadczenie w tej dziedzinie pomiarów, CWOM jako laboratorium I rzędu w resorcie ON, bazując na większym doświadczeniu i wykorzystując rozwiązanie stosowane w laboratoriach akredytowanych przez DKD, uruchomił własne stanowisko z wzorcem odniesienia.

Do kalibracji wzorców roboczych i przyrządów specjalnych ośrodek został wyposażony w komplet transferowych kluczy dynamometrycznych stanowiących wzorce odniesienia (rys. 2).

Wzorce odniesienia — 0,2%

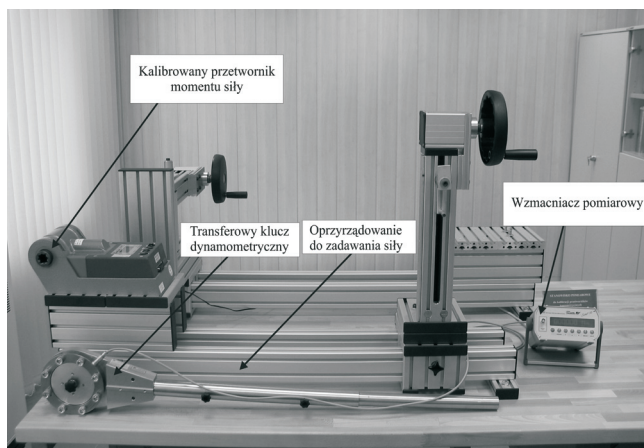


Rys. 2. Przykład transferowego klucza dynamometrycznego — wzorca odniesienia Ministerstwa ON

Transferowe klucze dynamometryczne wzorcowane są w PTB (w Polsce brak jest możliwości właściwego odniesienia dla wzorców momentu siły, które eksploatowane są w Ministerstwie ON) poprzez zastosowanie specjalnego stanowiska z przetwornikiem momentu siły, który odnosi się do wzorca państwowego Niemiec.

Przekazywanie jednostki miary momentu siły w CWOM

W CWOM przekazywanie jednostki miary momentu siły dokonuje się na stanowisku pomiarowym przedstawionym na rysunku 3.



Rys. 3. Stanowisko do przekazywania jednostki miary momentu siły

Elementami składowymi stanowiska pomiarowego są:

- komplet transferowych kluczy dynamometrycznych — stanowiących wzorce odniesienia do przekazywania jednostki miary momentu siły w zakresie: 0-3000 Nm,
- wzmacniacz pomiarowy — z zapamiętanymi wartościami kalibracyjnymi transferowego klucza dynamometrycznego. Służy do wyświetlania wartości mierzonego momentu siły,
- oprzyrządowanie do zadawania siły — służące do zamontowania kalibrowanych wzorców roboczych oraz umożliwiające precyzyjne, dokładne i powtarzalne przyłożenie siły do ramienia transferowego klucza dynamometrycznego.

Brak wzorca państwowego momentu siły w Polskiej Administracji Miar skutkuje w sposób oczywisty brakiem doświadczenia i merytorycznych podstaw oraz bazy dla tej dziedziny pomiarowej. W metrologii państwowej oraz w laboratoriach akredytowanych w kraju nie było właściwych procedur, które mogłyby posłużyć za odniesienie przy organizacji w CWOM stanowiska ze wzorcem odniesienia momentu siły. CWOM w związku z powyższym przystąpił do adaptacji procedury DKD „Statyczne wzorcowanie urządzeń do wzorcowania przyrządów wytwarzających moment siły” na własne potrzeby kalibracyjne.

Zwraca się uwagę, że w niemieckim systemie akredytacji laboratoriów wzorcujących przez DKD laboratoria otrzymują od jednostki akredytującej kompletne procedury, które są gotowe do zastosowania w laboratorium.

Do powstania i wydania procedury DKD „Statyczne wzorcowanie urządzeń do wzorcowania przyrządów wytwarzających moment siły” przyczyniła się wzajemna współpraca oraz wymiana doświadczeń w zakresie pomiaru momentu siły między DKD, laboratoriami wzorcującymi przedsiębiorstw przemysłowych, instytutów badawczych, organów technicznych, instytucji nadzorczych i kontrolnych oraz Komitetem Specjalistycznym „Moment siły”, a przede wszystkim z PTB, które jest właścicielem państwowego wzorca momentu siły. Spotkania osób odpowiedzialnych w poszczególnych instytucjach za moment siły odbywały się i odbywają raz w miesiącu. Mają one na celu wymianę merytoryczną doświadczeń i spostrzeżeń w zakresie przekazywania jednostki miary momentu siły, analizę źródeł niepewności, sposobu postępowania i szacowania niepewności pomiaru oraz opracowanie na tej podstawie propozycji dokumentu — procedury DKD do uchwalenia przez Radę Doradczą DKD jako dokumentu wzorcowego do ustalenia wewnętrznych procedur postępowania i regulacji działalności laboratorium. Od chwili opublikowania procedura obowiązuje wszystkie akredytowane przez DKD laboratoria przeprowadzające wzorcowania, o ile nie posiadają one własnej procedury, zatwierdzonej przez DKD. Procedura nie powinna utrudniać dalszego rozwoju procesów wzorcowania. Odstąpienie od procedury i zastosowanie nowych

procedur jest dopuszczalne w porozumieniu z DKD tylko wtedy, jeśli istnieją ku temu specjalne powody.

W celu zaprezentowania idei zapewnienia spójności pomiarowej według zasad, które przyjęło DKD, w artykule przedstawiono procedurę stosowaną w CWOM (zadaptowaną) ze wszystkimi szczegółami, zwracając uwagę na obliczanie niepewności pomiaru. Procedura zawiera szczegółowy algorytm dotyczący obliczania niepewności pomiaru przy kalibracji przyrządów momentu siły. Przedstawiona procedura dotyczy wzorcowania przyrządów (przetworników momentu siły) do wzorcowania — przyrządów dynamometrycznych ręcznych z zastosowaniem transferowych kluczy dynamometrycznych i zawiera odpowiednie wymagania normy DIN EN ISO 6789, opisuje proces wzorcowania i klasyfikacji oraz szacowania względnej niepewności pomiaru przyrządów (przetworników momentu siły).

Procedura precyzuje wymaganą liczbę serii pomiarowych i minimalną liczbę punktów pomiarowych momentu siły w zależności od klasy kalibrowanych przetworników momentu siły zgodnie z tabelą 1 i 2.

TABELA 1

Liczba wymaganych serii pomiarowych

Klasa	Liczba serii pomiarowych przy:		
	średniej długości ramienia dźwigni		minimalnej długości ramienia dźwigni
	w górę	w dół	w górę
0,2 0,5	4	1	1
1	2	1	1

TABELA 2

Minimalna liczba punktów pomiarowych

Klasa	Minimalna liczba punktów pomiarowych momentu siły
0,2	8 (10, 20, 30, 40, 50, 60, 80 i 100% ME lub 2, 5, 10, 20, 40, 60, 80 i 100% ME)
0,5	5 (20, 40, 60, 80 i 100% ME)
1	3 (20, 60 i 100% ME)
ME — górna granica zakresu pomiarowego przetwornika	

Do kalibracji przetwornika momentu siły wykorzystywana jest metoda bezpośredniego porównania wskazań. Proces kalibracji przetwornika momentu siły (rys. 3) polega na obciążeniu ramienia transferowego klucza dynamometrycz-

nego za pomocą oprzyrządowania wartością momentu siły zgodną z punktami pomiarowymi podanymi w tabeli 2. Odczytaną wartość wskazań kalibrowanego przetwornika momentu siły i transferowego klucza dynamometrycznego zapisuje się i na jej podstawie przeprowadza się obliczenia parametrów (rozrzut w różnych położeniach montażowych — b , rozrzut w takim samym położeniu montażowym — b' , rozrzut przy różnych długościach ramienia dźwigni transferowego klucza dynamometrycznego — b_p , odchyłkę wskazania — f_q , odchyłkę wskazania zerowego — f_0 , różnicę wskazań — h) oraz szacuje niepewność pomiaru [2].

Przed rozpoczęciem kalibracji przetwornik momentu siły obciąża się wstępnie wartością momentu równą górnej granicy zakresu pomiarowego, a następnie całkowicie odciąża przetwornik. Po odciążeniu zeruje się wskazania transferowego klucza dynamometrycznego i przetwornika momentu siły.

Podczas kalibracji wykonuje się dwie serie pomiarowe dla kierunku obrotów w prawo dla rosnących momentów siły w punktach pomiarowych zgodnych z tabelą 2 dla odpowiedniej klasy przyrządów. Siłę przykłada się w średniej długości ramienia dźwigni transferowego klucza dynamometrycznego l_{mit} zgodnie z tabelą 3. Po osiągnięciu punktu pomiarowego 100% M_E (tab. 2), w każdej serii pomiarowej całkowicie odciąża się przetwornik momentu siły i zapisuje wskazanie punktu zerowego. Odczyt punktu zerowego przeprowadza się w 30 sekund po całkowitym odciążeniu, a następnie zeruje się wskazania przetwornika momentu siły i transferowego klucza dynamometrycznego. Trzecią serią pomiarową wykonuje się dla kierunku obrotów w prawo dla rosnących momentów siły w punktach jak podano wyżej, ale dla minimalnej długości ramienia dźwigni transferowego klucza dynamometrycznego l_{min} (tab. 3). Serię tę przeprowadza się w celu określenia wpływu punktu przyłożenia siły na wynik wzorcowania przy minimalnej długości ramienia dźwigni transferowego klucza dynamometrycznego.

Zakresy zmian długości ramienia dźwigni transferowego klucza dynamometrycznego od wartości nominalnej momentu siły M_{nom} przedstawiono w tabeli 3.

TABELA 3

Zakresy zmian długości ramienia dźwigni klucza transferowego od wartości nominalnej momentu siły

M_{nom} [Nm]	l_{min} [mm]	l_{mit} [mm]
do 20	100	200
powyżej 20 do 50	200	400
powyżej 50 do 150	300	500
powyżej 150 do 400	400	700
powyżej 400 do 1000	600	1000
powyżej 1000 do 2000	1000	1500

Gdy przetwornik momentu siły pracuje również w kierunku obrotów w lewo i użytkownik określi, że będzie on wykorzystywany do kalibracji narzędzi dynamometrycznych pracujących w kierunku obrotów w lewo, przeprowadza się czwartą serię pomiarową dla rosnących momentów siły w punktach pomiarowych zgodnych z tabelą 2 dla odpowiedniej klasy przyrządów. Tę serię pomiarową wykonuje się bezpośrednio po dwóch seriach dla kierunku obrotów w prawo dla średniej długości ramienia dźwigni transferowego klucza dynamometrycznego l_{mit} .

Na podstawie wyników pomiarów oblicza się następujące parametry, które uwzględniane są przy szacowaniu niepewności pomiaru:

Rozrzut w różnych położeniach montażowych (z dwóch serii pomiarowych dla kierunku obrotów w prawo dla rosnących momentów siły w punktach pomiarowych obranych zgodnie z tabelą 2 dla średniej długości ramienia dźwigni transferowego klucza dynamometrycznego l_{mit} , gdy istnieje możliwość obrotu kwadratowych części adaptacyjnych przetwornika momentu siły według wzoru:

$$b = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad (1)$$

gdzie: X_j — wskazanie przetwornika momentu siły w punkcie pomiarowym w pierwszej i drugiej serii pomiarowej przy obrocie kwadratowych części adaptacyjnych;
 \bar{X} — wartość średnia wskazania w punkcie pomiarowym z dwóch serii pomiarowych;
 n — liczba serii pomiarowych.

W przypadku braku możliwości obrotu kwadratowych części adaptacyjnych rozrzut b oblicza się ze wzoru:

$$b = 2b'. \quad (2)$$

Wartość średnią wskazania w punkcie pomiarowym z dwóch serii pomiarowych oblicza się ze wzoru:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (I_j - I_{j,0}), \quad (3)$$

gdzie: I_j — wskazanie przetwornika momentu siły w punkcie pomiarowym w pierwszej i drugiej serii pomiarowej;
 $I_{j,0}$ — wskazanie przetwornika momentu siły przed obciążeniem w pierwszej i drugiej serii pomiarowej;
 n — liczba serii pomiarowych.

Rozrzut w takim samym położeniu montażowym z dwóch serii pomiarowych dla kierunku obrotów w prawo dla rosnących momentów siły przy średniej długości ramienia dźwigni transferowego klucza dynamometrycznego l_{mit} oblicza się według wzoru:

$$b' = |X_1 - X_2|, \quad (4)$$

gdzie: X_1 — wskazanie przetwornika momentu siły w punkcie pomiarowym w pierwszej serii pomiarowej;
 X_2 — wskazanie przetwornika momentu siły w punkcie pomiarowym w drugiej serii pomiarowej.

Rozrzut przy różnych długościach ramienia dźwigni transferowego klucza dynamometrycznego dla kierunku obrotów w prawo — według wzoru:

$$b_l = X_{l_{mit}} - X_{l_{min}}, \quad (5)$$

gdzie: $X_{l_{mit}}$ — wskazanie przetwornika momentu siły w punkcie pomiarowym w drugiej serii pomiarowej przy średniej długości ramienia dźwigni transferowego klucza dynamometrycznego;
 $X_{l_{min}}$ — wskazanie przetwornika momentu siły w punkcie pomiarowym w serii pomiarowej przy minimalnej długości ramienia dźwigni transferowego klucza dynamometrycznego.

Odchyłkę wskazania dla każdego punktu pomiarowego dla kierunku obrotów w prawo przy średniej długości ramienia dźwigni transferowego klucza dynamometrycznego — według wzoru:

$$f_q = (\bar{X} - M_k), \quad (6)$$

gdzie: M_k — wskazanie transferowego klucza dynamometrycznego w punkcie pomiarowym.

Odchyłkę wskazania zerowego — według wzoru:

$$f_0 = \max |I_f - I_0|, \quad (7)$$

gdzie: I_f — wskazanie przetwornika momentu siły po odciążeniu;
 I_0 — wskazanie przetwornika momentu siły przed obciążeniem.

Różnicę wskazań dla każdego punktu pomiarowego przy średniej długości ramienia dźwigni transferowego klucza dynamometrycznego — według wzoru:

$$h = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k |I_j - I'_j|, \quad (8)$$

gdzie: I_j — wskazanie przetwornika momentu siły w punkcie pomiarowym w drugiej serii pomiarowej w kierunku obrotów w prawo;
 I'_j — wskazanie przetwornika momentu siły w punkcie pomiarowym w serii pomiarowej w kierunku obrotów w lewo;
 k — liczba serii pomiarowych w kierunku obrotów w lewo.

Obliczone w ten sposób parametry wykorzystywane są w procesie szacowania niepewności pomiaru przetwornika momentu siły. Model matematyczny procesu pomiarowego przedstawiono poniżej:

$$M = M_k \cdot \prod_{i=1}^n (1 - \delta M_i), \quad (9)$$

gdzie: M — wartość momentu siły wskazana przez przetwornik momentu siły;
 M_k — wartość momentu siły wskazana przez transferowy klucz dynamometryczny;
 δM_1 — wpływ rozdzielczości r przetwornika momentu siły;
 δM_2 — wpływ rozrzutu b' w takim samym położeniu montażowym na pomiar momentu siły;
 δM_3 — wpływ rozrzutu b w różnych położeniach montażowych na pomiar momentu siły;
 δM_4 — wpływ różnicy wskazań h na pomiar momentu siły;
 δM_5 — wpływ odchyłki wskazania zerowego f_0 na pomiar momentu siły;
 δM_6 — wpływ rozrzutu b_1 przy różnych długościach ramienia dźwigni na pomiar momentu siły;
 δM_7 — wpływ niepewności pomiarowej transferowego klucza dynamometrycznego.

Względną złożoną niepewność standardową pomiaru dla nieskorelowanych wielkości wejściowych oblicza się według zależności:

$$w(M_k) = \sqrt{w_{TN}^2(M_k) + \sum_{i=1}^6 w^2(\delta M_i)}, \quad (10)$$

gdzie: $w_{TN}(M_k)$ — względna standardowa niepewność transferowego klucza dynamometrycznego;
 $w(\delta M_i)$ — względne standardowe niepewności pomiaru związane z wpływami δM_1 do δM_6 .

Względną rozszerzoną niepewność pomiaru przetwornika momentu siły dla poziomu ufności 95% przy założeniu współczynnika rozszerzenia $k = 2$ oblicza się według wzoru:

$$W(M_k) = k \cdot w(M_k). \quad (11)$$

Podsumowanie

CWOM jako laboratorium I rzędu resortu Obrony Narodowej zobligowany jest do utrzymywania wzorców odniesienia poszczególnych wielkości fizycznych związanych z utrzymaniem sprawności technicznej uzbrojenia i sprzętu wojskowego. Przekazywanie jednostki miary momentu siły w CWOM odgrywa zasadniczą rolę przy zachowaniu spójności pomiarowej tej wielkości w resorcie ON. Przyrządy standardowe (użytkowe) wykorzystywane są między innymi przy obsłudze i eksploatacji statków powietrznych oraz uzbrojenia wojsk lądowych. Prawidłowy przebieg ich kalibracji i odniesienie w ścieżce spójności pomiarowej do wzorca wyższego rzędu wpływa na bezpieczeństwo i życie ludzkie.

Prezentowana procedura DKD stanowi podstawowy dokument regulujący dobór przyrządów podczas wzorcowania, szczegółowo omawia proces wzorcowania i parametry, które należy obliczyć do oceny i klasyfikacji wzorcowanego przyrządu. Przedstawia ona również cały proces szacowania względnej rozszerzonej niepewności pomiaru wzorcowanego przyrządu. Należy stwierdzić, że Niemiecki Urząd ds. Wzorcowania, wydając procedurę, ustanowił wzorzec postępowania dla laboratoriów wzorcujących. Laboratoria, które ubiegają się o akredytację DKD w zakresie pomiaru momentu siły, muszą spełnić wymagania procedury. Dzięki realizacji procedury DKD, wspiera równe traktowanie wzorcowanych przyrządów w różnych laboratoriach wzorcujących i poprawia jakość świadczonych usług przez laboratoria oraz ciągłość i kontrolę pracy laboratoriów wzorcujących. Wzorcowania przeprowadzane przez laboratoria akredytowane przez DKD dają użytkownikowi pewność wyników pomiarowych, zwiększają zaufanie klientów i konkurencyjność na rynku narodowym oraz międzynarodowym.

Artykuł wpłynął do redakcji 14.04.2008 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w kwietniu 2008 r.

LITERATURA

- [1] *Międzynarodowy Słownik Podstawowych i Ogólnych Terminów Metrologii*, Główny Urząd Miar, Warszawa, 1996.
- [2] *Procedura DKD-R 3-8: Statyczne wzorcowanie urządzeń do wzorcowania przyrządów wytwarzających moment siły*, wydanie 2003.
- [3] Dokument EA-4/02: *Wyrażanie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu*.
- [4] *Przewodnik: Wyrażanie niepewności pomiaru*, Główny Urząd Miar, Warszawa, 1999.

W. MODZELEWSKI, M. OTULAK

**Unit of torque transfer at the Primary Standards Laboratory with application
of calibration procedure DKD as an example of new approach
in evaluation of uncertainty of measurement**

Abstract. The procedure for unit of torque transfer at the Primary Standards Laboratory (PSL), based on a calibration procedure of DKD is presented in the paper. The chain of traceability comparisons in the field of torque in the National Defence Department is also presented. The process of working standards calibration with transfer torque wrenches as reference is described. The procedure for calculation parameters and procedure for uncertainty evaluation are presented.

Keywords: transfer wrenches, traceability, calibration, uncertainty

Universal Decimal Classification: 621.317