

Kalibracja drogomierzy z wykorzystaniem półautomatycznego stanowiska SKD-15 w Centralnym Wojskowym Ośrodku Metrologii

Streszczenie. W artykule przedstawiono zaprojektowane i zbudowane w Centralnym Wojskowym Ośrodku Metrologii półautomatyczne, modułowe, stanowisko do kalibracji drogomierzy SKD-15. Zaprezentowano metodę kalibracji drogomierzy, zapewnienie spójności pomiarowej poprzez odniesienie do wzorców państwowych, a także składniki niepewności pomiaru. Jako walidację metody pomiarowej, porównano wyniki uzyskane podczas kalibracji drogomierza Geo Fennel przez Okręgowy Urząd Miar w Gdańsku oraz przy zastosowaniu stanowiska SKD-15.

Abstract. The article presents semi-automatic, modular SKD-15 stand for calibration of distance measuring wheel, designed and built in the Central Military Calibration Laboratory. Presented the method of calibrating the distance measuring wheels, maintaining metrological traceability to a reference measurement standard and also components of measurement uncertainty. Validation of the measurement procedure was made by comparing the result obtained during the calibration of Geo Fennel distance measuring wheel by the Regional Verification Office in Gdansk and using the SKD-15 stand. (Calibration of distance measuring wheel using semi-automatic SKD-15 stand in the Central Military Calibration Laboratory).

Słowa kluczowe: drogomierz, licznik długości drogi, koło pomiarowe, półautomatyczne stanowisko do kalibracji drogomierzy.

Keywords: distance meter, odometer, distance measuring wheel, semi-automatic stand for calibration of distance measuring wheel.

Wstęp

Centralny Wojskowy Ośrodek Metrologii spełniając swoje zadanie zapewnienia jednolitości miar i dokładności pomiarów w resorcie obrony narodowej, zobligowany jest do ciągłego dostosowywania swojego zakresu działalności, w zakresie zabezpieczenia metrologicznego, do potrzeb jednostek wojskowych. Przeprowadzając liczne rozpoznania metrologiczne wykazano konieczność objęcia kalibracją dużej ilości drogomierzy, zwanych też licznikami długości drogi z kołami pomiarowymi, znajdującymi się na wyposażeniu jednostek resortu obrony narodowej. W tym miejscu wypada zaznaczyć, iż drogomierze wykorzystywane są głównie przez pododdziały Żandarmerii Wojskowej przeprowadzające oględziny miejsc zdarzenia, takich jak wypadki drogowe, jako techniczne środki, wykorzystywane na etapie oględzin szczegółowych, w ramach którego przeprowadza się wnikliwe badanie przedmiotu oględzin. Ponadto drogomierze wykorzystywane są przez pododdziały Geografii Wojskowej, a także przez wojskowych instruktorów sportu między innymi do wyznaczania tras biegowych podczas sprawdzianów sprawności fizycznej.

Początkowo w Centralnym Wojskowym Ośrodku Metrologii zakładano wykorzystanie do kalibracji drogomierzy posiadanych baz pomiarowych, jednakże wiązało to ze sobą pewne ograniczenia natury meteorologicznej (uzależnienie możliwości przeprowadzenia pomiarów od panujących warunków atmosferycznych), ekonomicznej (czasochłonność pomiarów) oraz uniemożliwiało osiągnięcie zadowalającej powtarzalności i dokładności pomiarów.

Celem wyeliminowania wyżej wymienionych ograniczeń przyjęto następujące założenia do budowy stanowiska do kalibracji drogomierzy. Budowa stanowiska powinna umożliwiać kalibrację drogomierzy w warunkach laboratorium stacjonarnego, w którym utrzymywane są możliwie stabilne warunki klimatyczne. Proces kalibracji drogomierzy powinien być możliwie jak najbardziej zautomatyzowany w celu skrócenia czasu kalibracji. Wymaganiem dodatkowym było skonstruowanie stanowiska uniwersalnego, umożliwiającego kalibrację różnych typów drogomierzy znajdujących się na wyposażeniu jednostek resortu obrony narodowej, czyli zarówno drogomierzy

elektronicznych jak i mechanicznych, wyposażonych w jedno koło pomiarowe lub układ kół, a także drogomierzy posiadających różne średnice kół pomiarowych.

Artykuł przedstawia opracowaną w Centralnym Wojskowym Ośrodku Metrologii metodę rozwiązania problemu kalibracji drogomierzy znajdujących się na wyposażeniu jednostek resortu obrony narodowej poprzez zbudowanie półautomatycznego stanowiska do kalibracji drogomierzy, opracowanie procedury pomiarowej oraz procedury szacowania niepewności pomiaru.

Stanowisko do kalibracji drogomierzy SKD-15

Stanowisko do kalibracji drogomierzy SKD-15 składa się z dwóch modułów: modułu wyznaczania obwodu koła pomiarowego kalibrowanego drogomierza oraz półautomatycznego modułu wyznaczania błędów wskazań drogomierza z napędem i licznikiem obrotów koła pomiarowego.

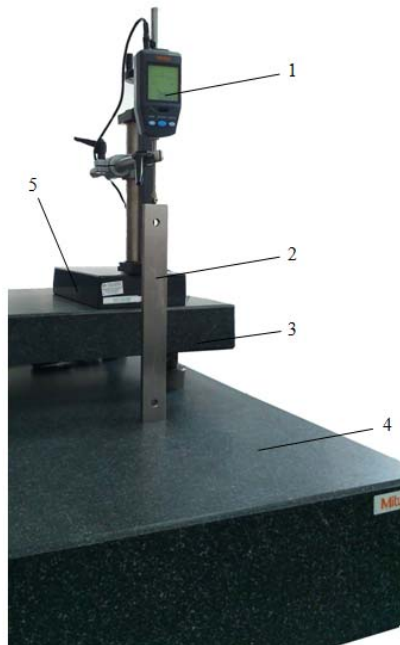
Moduł wyznaczania obwodu koła pomiarowego drogomierza

Moduł do wyznaczania obwodu (rysunek 1) został zbudowany z elementów będących na wyposażeniu CWOM i składa się z następujących przyrządów pomiarowych:

- wielofunkcyjnego czujnika elektronicznego Mitutoyo Digimatic ID-H 543-561;
- kompletu płytek wzorcowych klasy dokładności 1 firmy Mitutoyo;
- płyty pomiarowej klasy dokładności 00 (DIN 876) i wymiarach 630 x 400 x 70 mm;
- płyty pomiarowej klasy dokładności 00 (DIN 876) i wymiarach 1200 x 800 x 600 mm;
- statywu pomiarowego.

Czujnik Mitutoyo posiada zakres pomiarowy 30,4 mm oraz dokładność wskazań 0,0015 mm. Pomiar odbywa się poprzez odczyt wartości z fotoelektrycznego enkodera liniowego. W celu ograniczenia siły bocznej na wynik pomiaru, w czujniku zastosowano, zamiast standardowej końcówki pomiarowej w postaci kulki węglkowej, końcówkę pomiarową w postaci rolki pomiarowej Mitutoyo 901954. Średnica rolki wynosi 100 mm, a długość powierzchni przylegania wynosi 15,24 mm.

Używane do zerowania czujnika płytki wzorcowe pochodzą z zestawu płytek pomiarowych Mitutoyo 616-702-10. Płytki wykonane są ze stali i posiadają klasę dokładności 1. W skład kompletu wychodzą płytki wzorcowe o długościach: 125 mm, 150 mm, 175 mm, 200 mm, 250 mm, 300 mm, 400 mm oraz 500 mm. Zestaw ten umożliwia wyznaczanie obwodów kół pomiarowych drogomierzy o różnych średnicach.



Rys.1. Moduł wyznaczania obwodu koła pomiarowego drogomierza: 1 – czujnik Mitutoyo Digimatic ID-H 543-561-1, 2 – płytka wzorcowa, 3 – mała płyta pomiarowa, 4 – duża płyta pomiarowa, 5 statyw pomiarowy

Ze względu na ograniczony zakres regulacji wysokości statywu pomiarowego, w którym mocowany jest czujnik pomiarowy, w module do wyznaczania obwodu koła

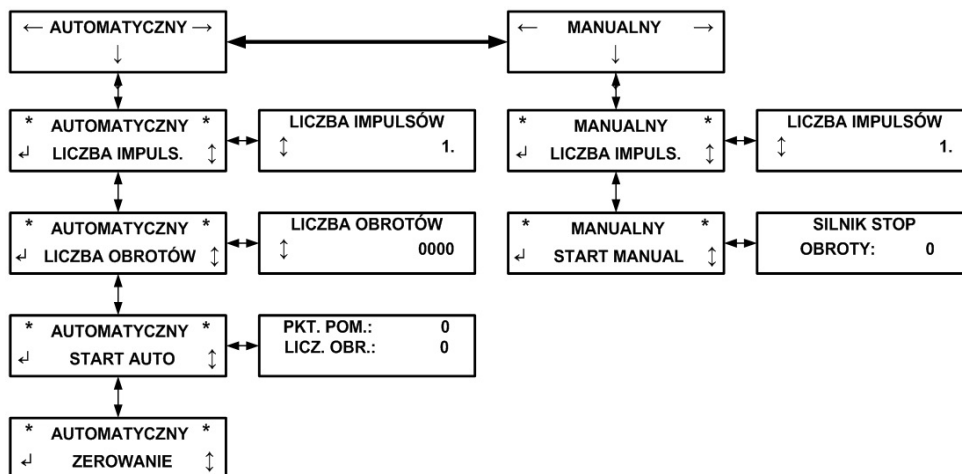
pomiarowego drogomierza stosuje się dodatkową, małą płytę pomiarową ustawianą na dużej płycie pomiarowej, która umieszczona jest na specjalnym statywie zapewniającym stabilność oraz wypoziomowanie dużej płyty pomiarowej w laboratorium pomiarowym.

Moduł wyznaczania błędów wskazań drogomierza

Moduł wyznaczania błędów wskazań drogomierza eliminuje konieczność pokonywania odcinków pomiarowych przez kalibrującego prowadzącego drogomierz. Zliczanie obrotów wykonanych przez koło pomiarowe drogomierza jest niezależne od licznika wbudowanego w drogomierz, dzięki czemu możliwe jest określenie błędów wskazań drogomierza. Moduł składa się z trzech głównych układów: sterowania, napędu oraz stelażu stanowiska.

Układ sterowania modułu zapewnia możliwość ustawienia liczby impulsów generowanych przez czujniki przypadających na jeden obrót koła pomiarowego drogomierza, wybór trybu pracy pomiędzy automatycznym a manualnym. Głównymi elementami układu sterowania jest programowalny układ logiczny, sterownik silnika krokowego oraz układ zasilania. Zastosowany układ logiczny to Arduino UNO, wyposażony w mikrokontroler ATmega328, cyfrowe i analogowe wyjścia/wejścia oraz interfejs USB służący do komunikacji z komputerem-hostem. Język programowania Arduino zasadniczo oparty jest na języku C/C++, a do programowania używany jest Arduino IDE. Napisany w Centralnym Wojskowym Ośrodku Metrologii program sterownika modułu napędu stanowiska SKD-15 został skompilowany i wgrany do pamięci układu logicznego Arduino UNO poprzez Arduino IDE.

Wybór funkcji jak i wprowadzanie parametrów takich jak ilość impulsów generowanych przez czujniki, czy długość odcinka pomiarowego (ilość obrotów koła pomiarowego) odbywa się przy użyciu przycisków i wyświetlacza stanowiących jedną całość jako nakładka na układ Arduino. Natomiast sterowanie prędkością i kierunkiem obrotów możliwe jest poprzez wbudowany potencjometr. Schemat menu panelu sterowania modułu napędu stanowiska SKD-15 został przedstawiony na rysunku 2.



Rys.2. Schemat menu panelu sterowania modułu napędu stanowiska SKD-15

Ze względu na zastosowanie silnika krokowego o maksymalnym poborze prądu przez cewkę dochodzącym do 2,8 A niemożliwe było bezpośrednie podłączenie go do Arduino UNO, dlatego koniecznym okazało się zastosowanie odrębnego sterownika silnika krokowego

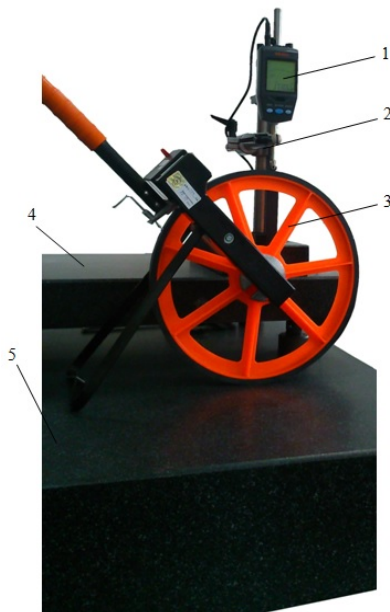
pracującego z Arduino w relacji Master – Slave. Zastosowany w panelu sterowania sterownik silnika krokowego to AMIS-30543 firmy Pololu. Sterownik ten może zasilać silnik krokowy napięciem z zakresu od 6 V do 35 V i przystosowany jest do ciągłego zasilania cewki

silnika krokowego prądem o natężeniu 1,8 A bez chłodzenia. Natomiast stosując układ chłodzący, możliwe jest zasilanie cewki silnika prądem o natężeniu dochodzącym do 3 A. Sterownik posiada zabezpieczenie przed odwrotnym podłączeniem zasilania, zabezpieczenie temperaturowe oraz przeciw przeciążeniowe. Chłodzenie rdzenia sterownika odbywa się poprzez naklejony na niego radiator oraz wentylator wymuszający obieg powietrza w obudowie panelu sterowania.

Zliczanie obrotów koła drogomierza odbywa się metodą zliczania impulsów odbieranych przez czujnik poprzez przerwanie wiązki podczerwieni. Czujnik IR-LED 3 mm składa się z dwóch elementów: emitera i kolektora. Umieszczony w linii prostej naprzeciw emitera, kolektor odbiera wiązkę światła w zakresie podczerwieni wysyłanej przez emiter. Po przerwaniu wiązki, wyjście czujnika typu otwarty kolektor zostaje zwarte do masy, jednocześnie generując impuls w postaci zmian napięcia. Najbardziej pożądanym rodzajem sygnału w przypadku zliczania impulsów jest sygnał cyfrowy, dlatego wykorzystano możliwość włączenia wbudowanego w złącze cyfrowe Arduino, rezystora podciągającego, generującego sygnał prostokątny.

Obrót koła pomiarowego realizowany jest przez układ dwóch rolek, podtrzymującej oraz napędowej. Moment obrotowy z silnika krokowego przenoszony jest na rolkę napędową za pośrednictwem pasa zębatego i zespołu zębatych kół pasowych.

Stelaż modułu wyznaczania błędu wskazań drogomierza wykonany jest z profili aluminiowych 40 x 40 mm. Do stelaża przymocowane są łożyska osi rolki napędowej i podtrzymującej, mocowanie silnika krokowego, mocowanie czujników przerwania wiązki podczerwieni oraz uchwyt przeznaczony do mocowania kalibrowanego drogomierza.



Rys. 3. Wyznaczanie obwodu koła pomiarowego: 1 – czujnik Mitutoyo Digimatic ID-H 543-561-1, 2 – statyw pomiarowy, 3 – kalibrowany drogomierz, 4 – mała płyta pomiarowa, 5 – duża płyta pomiarowa

Wyznaczanie obwodu koła pomiarowego drogomierza

Aby wyznaczyć obwód koła pomiarowego kalibrowanego drogomierza należy w statywie pomiarowym zamontować czujnik elektroniczny tak, aby oś trzpienia pomiarowego była prostopadła do powierzchni płyty pomiarowej. Z kompletu płytek wzorcowych dobrać płytkę

wzorcową o długości zbliżonej do średnicy koła pomiarowego kalibrowanego drogomierza. Płytkę wzorcową umieścić na płycie pomiarowej pod trzpieniem pomiarowym czujnika i doprowadzić do zetknięcia końcówki pomiarowej czujnika z powierzchnią pomiarową płytki wzorcowej, a następnie należy wyzerować wskazania czujnika.

Następnie należy usunąć z płyty pomiarowej płytkę wzorcową i umieścić pod trzpieniem pomiarowym koło drogomierza, tak aby po opuszczeniu trzpienia pomiarowego znajdował się on w najwyższym punkcie koła drogomierza, dzięki czemu zmierzony wymiar będzie średnicą (rysunek 3). Pomiarów powtarza się dla ośmiu punktów pomiarowych rozłożonych równomiernie po obwodzie koła pomiarowego drogomierza.

Obwód koła drogomierza przyjmując jako średnią z wszystkich wyników otrzymanych z ośmiu pomiarów:

$$(1) \quad \tau = \frac{(l_p + \bar{w}_n)}{1000} [m]$$

gdzie: τ – wyznaczony obwód koła, l_p – długość nominalna płytki wzorcowej [mm], \bar{w}_n – średnie odchylenie czujnika od pozycji „0” w punktach pomiarowych [mm].

Wyznaczanie błędu wskazań drogomierza

W celu wyznaczenia błędu wskazań drogomierza należy zamontować drogomierz w uchwycie modułu wyznaczania błędu wskazań drogomierza, tak aby koło drogomierza znajdowało się w styku z rolką napędową oraz rolką podtrzymującą. Po zamontowaniu drogomierza (rys. 4) należy sprawdzić poprawność montażu poprzez uruchomienie modułu w trybie manualnym oraz obróceniu koła pomiarowego drogomierza o około 10 obrotów w przód i tył. W trybie automatycznym po wybraniu liczby przerwań wiązki podczerwieni przypadającej na jeden obrót koła pomiarowego drogomierza, stanowisko automatycznie ustawi koło drogomierza w pozycji wyjściowej (stanowisko obraca koło pomiarowe do momentu otrzymania impulsu o przerwaniu wiązki podczerwieni przez szprychę koła pomiarowego drogomierza). Po przygotowaniu modułu do pracy, należy wyzerować wskazania drogomierza, a następnie ustawić na panelu sterowania modułu, liczbę obrotów potrzebną na pokonanie zakładanego odcinka pomiarowego. Program zapisany w module Arduino został tak napisany aby stopniowo rozpędzać koło pomiarowe drogomierza do prędkości odpowiadającej w ruchu prostoliniowym prędkości około 3 km/h, by następnie od wartości 80% założonego odcinka pomiarowego zwalniać koło pomiarowe, tak aby w ostatnim punkcie przerwania wiązki podczerwieni, prędkość koła była równa 0. Po przebyciu przez koło drogomierza odcinka pomiarowego, należy odczytać wartość wskazaną przez licznik drogomierza. Błąd wskazań drogomierza oblicza się ze wzoru:

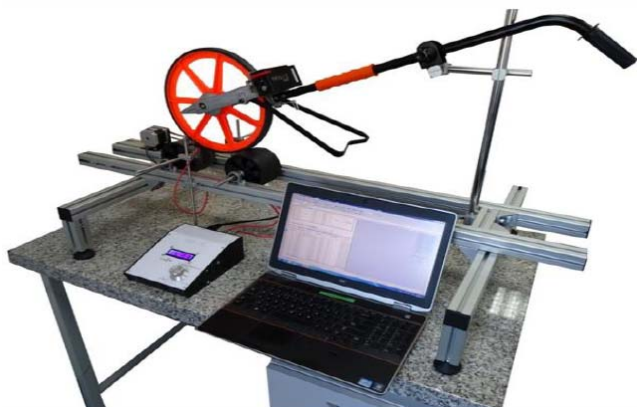
$$(2) \quad b_d = \frac{w_d - n \cdot \tau}{n \cdot \tau} \cdot 100 [\%]$$

gdzie: b_d – błąd wskazań drogomierza, n – liczba obrotów wykonanych przez koło drogomierza na odcinku pomiarowym, τ – wyznaczony obwód toczny koła drogomierza, w_d – wskazania licznika drogomierza.

Niepewność wyznaczenia błędu wskazań drogomierza

Kalibracja drogomierzy wykonywana jest metodą pośrednią poprzez wyznaczenie obwodu koła pomiarowego drogomierza, a następnie przy wykorzystaniu modułu wyznaczania błędu wskazań drogomierza, pokonywane są odcinki pomiarowe poprzez obrót koła pomiarowego drogomierza o określoną liczbę obrotów. Tak otrzymane długości drogi pokonanej przez koło drogomierza

porównywane są ze wskazaniem licznika przebytej drogi, który zintegrowany jest z drogomierzem.



Rys. 4. Moduł wyznaczania błędów wskazań drogomierza

Równanie pomiaru dla wyznaczenia obwodu tocznego koła pomiarowego drogomierza

$$(3) \tau = \frac{\pi}{1000} \cdot (l_p + \Delta l + l \cdot \Delta t \cdot \alpha) + \frac{\pi}{1000} (w_n + \delta_w)$$

gdzie: τ – obwód koła drogomierza, l_p – długość nominalna płytki wzorcowej [mm], Δl – poprawka na odchyłkę długości środkowej płytki wzorcowej; α – współczynnik rozszerzalności cieplnej płytki wzorcowej, w_n – największe odchylenie czujnika od pozycji „0” w n-tym punkcie pomiarowym [mm]; Δt – różnica temperatur pomiędzy płytką wzorcową, a kołem drogomierza, δ_w – poprawka wskazań czujnika.

Równanie niepewności pomiaru obwodu tocznego koła pomiarowego drogomierza

$$(4) u(\tau) = \sqrt{(l_p \cdot \alpha \cdot (\Delta t))^2 \cdot u(\Delta l)^2 + u(\overline{w_n})^2 + u(\delta_w)^2}$$

gdzie: l_p – długość nominalna płytki wzorcowej [mm], α – współczynnik rozszerzalności cieplnej płytki wzorcowej, $u(\Delta t)$ – niepewność związana z poprawką temperaturową, $u(\Delta l)$ – niepewność związana z wyznaczeniem długości środkowej płytki wzorcowej lub stosu płytek, $u(\overline{w_n})$ – niepewność związana z rozrzutem wskazań czujnika, $u(\delta_w)$ – niepewność związana z dokładnością wskazań czujnika.

Współczynniki wrażliwości c_i obliczono licząc pochodną cząstkową τ po wielkościach wejściowych (poprawkach).

Tabela 1. Budżet niepewności pomiaru obwodu tocznego koła pomiarowego drogomierza

Wielkość wejściowa X	Estymata wielkości x_i	Niepewność standardowa $u(x_i)$	Rozkład prawdopodobieństwa	Współczynnik wrażliwości c_i	Składowa niepewności $u(y_i)$
l_p	300 mm	-	-	-	-
Δl	0,08 μm	0,46 μm	prostokątny	1	0,46 μm
Δt	0	2,89 K	prostokątny	1,7 μmK^{-1}	4,91 μm
$\overline{w_n}$	18,07263 mm	0,01634 mm	normalny	1	0,01634 mm
δ_w	0	0,00015 mm	prostokątny	1	0,00015 mm
τ	0,99925 m				0,00005 m

Tabela 2. Budżet niepewności pomiaru przy wyznaczaniu błędów wskazań drogomierza

Wielkość wejściowa X	Estymata wielkości x_i	Niepewność standardowa $u(x_i)$	Rozkład prawdopodobieństwa	Współczynnik wrażliwości c_i	Składowa niepewności $u(y_i)$
w_d	100 m	-	-	-	-
τ	99,92546 m	0,005 m	prostokątny	-n	-0,00500 m
δ_{wde}	0 m	0,058 m	prostokątny	1	0,00289 m
e_d	0,07454 m				0,00592 m

Równanie pomiaru dla wyznaczenia błędów wskazań drogomierza

$$(5) e_d = w_{di} - n \cdot \tau + \delta_{wdi}$$

gdzie: e_d – błąd wskazań drogomierza, w_{di} – wskazanie drogomierza w i-tym punkcie pomiarowym, n – liczba obrotów koła pomiarowego drogomierza, τ – wyznaczony obwód koła drogomierza, δ_{wdi} – poprawka związana z ograniczoną rozdzielczością licznika drogomierza.

Równanie niepewności pomiaru przy wyznaczaniu błędów wskazań drogomierza

$$(6) u(e_d) = \sqrt{u(w_d)^2 - nu(\tau)^2 + u(\delta_{wdi})^2}$$

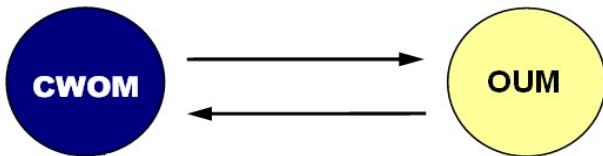
gdzie: $u(e_d)$ – niepewność wyznaczenia błędów wskazań drogomierza, $u(w_d)$ – niepewność związana z rozrzutem wskazań, n – liczba obrotów koła pomiarowego, $u(w_d)$ – niepewność wyznaczenia obwodu koła drogomierza, $u(\delta_{wdi})$ – niepewność związana z dokładnością wskazań drogomierza.

Współczynniki wrażliwości c_i obliczono licząc pochodną cząstkową e_d po wielkościach wejściowych (poprawkach).

Walidacja procedury pomiarowej

W ramach walidacji nowo opracowanej metody kalibracji drogomierzy w 2016 r. przeprowadzono dwustronne porównania międzylaboratoryjne w zakresie pomiarów długości. Uczestnikami porównań był Centralny Wojskowy Ośrodek Metrologii oraz Okręgowy Urząd Miar w Gdańsku, w którym znajduje się akredytowane w Polskim Centrum

Akredytacji stanowisko do wzorcowania drogomierzy. Porównania przeprowadzono w strukturze, której schemat przedstawiono na rysunku 5. Taka struktura oznacza, że obiekt porównań, jakim był drogomierz Geo Fennel, po kalibracji wykonanej w Centralnym Wojskowym Ośrodku Metrologii, przekazano do laboratorium odniesienia celem wzorcowania, a następnie wykonano ponowną kalibrację w CWOM.



Rys. 5. Struktura porównań międzylaboratoryjnych

W tabeli 3 zamieszczono zbiorcze zestawienie wyników uzyskanych przez laboratorium odniesienia, natomiast tabela 4 przedstawia wyniki uzyskane przez Centralny Wojskowy Ośrodek Metrologii.

Tabela 3. Wyniki otrzymane przez laboratorium Okręgowy Urząd Miar w Gdańsku

Punkt pomiarowy	Średni błąd wskazań	Niepewność rozszerzona
m		
200	0,12	0,06
400	0,26	0,06
600	0,39	0,06
800	0,53	0,06
1000	0,66	0,06

Tabela 4. Wyniki otrzymane przez Centralny Wojskowy Ośrodek Metrologii

Punkt pomiarowy	Średni błąd wskazań	Niepewność rozszerzona
m		
200	0,15	0,02
400	0,30	0,04
600	0,45	0,06
800	0,60	0,08
1000	0,75	0,10

Dla wszystkich wyników pomiarów uzyskanych przez uczestników porównań międzylaboratoryjnych wyznaczony został wskaźnik równoważności E_n zgodnie ze wzorem:

$$(7) \quad E_n = \frac{x - X_{ref}}{\sqrt{U_x^2 + U_{ref}^2}}$$

gdzie: x – wartość wielkości mierzonej uzyskana przez uczestnika porównań; X_{ref} – wartość wielkości wyznaczona przez laboratorium odniesienia; U_x – niepewność rozszerzona wartość wielkości mierzonej uzyskana przez uczestnika porównań; U_{ref} – niepewność rozszerzona wartość przypisanej wyznaczonej przez laboratorium odniesienia.

Tabela 5 przedstawia wskaźniki równoważności E_n uzyskane przez Centralny Wojskowy Ośrodek Metrologii. Interpretacja otrzymanych „wyników jest następująca: $|E_n| \leq 1$ - rezultat porównań „zadowolający”, $|E_n| > 1$ - rezultat porównań „niezadowolający”.

Tabela 5. Wskaźniki równoważności E_n uzyskane przez Centralny Wojskowy Ośrodek Metrologii

Uczestnik	Punkt pomiarowy [m]	Wskaźnik E_n
Centralny Wojskowy Ośrodek Metrologii	200	0,47
	400	0,55
	600	0,71
	800	0,70
	1000	0,77

Wnioski

Zaprojektowane i zbudowane w Centralnym Wojskowym Ośrodku Metrologii półautomatyczne stanowisko pomiarowe do kalibracji drogomierzy w pełni spełnia postawione założenia. Przede wszystkim jest stanowiskiem uniwersalnym, tzn. umożliwia kalibrację wszystkich typów drogomierzy znajdujących się w użytkowaniu w resorcie obrony narodowej tj. zarówno drogomierzy mechanicznych jak i elektronicznych oraz drogomierzy o różnych obwodach kół pomiarowych, a także drogomierzy z jednym jak i wieloma kołami pomiarowymi.

Zastosowanie półautomatycznego napędu koła drogomierzy znacząco skraca czas kalibracji, jednocześnie umożliwiając przeprowadzanie kalibracji w pomieszczeniu laboratoryjnym zachowującym stałe warunki odniesienia.

W toku prac określono konieczność rozbudowy modułu wyznaczania błędów wskazań drogomierza o możliwość kalibracji drogomierzy wyposażonych w pełne koła pomiarowe poprzez zastosowanie czujników odbicia wiązki światła podczerwonego oraz modyfikację kodu źródłowego oprogramowania sterownika.

Uzyskane wyniki wskaźnika równoważności E_n poniżej wartości 1 dla wszystkich punktów pomiarowych potwierdzają prawidłowość przyjętej metody pomiarowej oraz możliwość uzyskania przez Centralny Wojskowy Ośrodek Metrologii zdolności pomiarowej CMC na poziomie uzyskanym podczas porównań międzylaboratoryjnych.

Pozytywny wynik walidacji procedury pomiarowej wyznaczania błędów wskazań drogomierzy umożliwia podjęcie starań o uzyskanie akredytacji w Polskim Centrum Akredytacji, co umożliwiłoby objęcie kalibracją drogomierzy użytkowanych przez jednostki podległe Ministrowi Spraw Wewnętrznych i Administracji oraz użytkowanych przez podmioty cywilne.

Autorzy: mgr inż. Piotr Żmuda, Centralny Wojskowy Ośrodek Metrologii, Zakład Kalibracji Przyrządów Pomiarowych Wielkości Fizycznych, ul. Radiowa 2, 00-908 Warszawa, E-mail: pi.zmuda@ron.mil.pl; dr inż. Andrzej Długaszek, Centralny Wojskowy Ośrodek Metrologii, Zakład Kalibracji Przyrządów Pomiarowych Wielkości Fizycznych, ul. Radiowa 2, 00-980 Warszawa, E-mail dlugaszeka@wp.pl; mgr inż. Radosław Woźniak, Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Cybernetyki, ul. gen. Witolda Urbanowicza 2, 00-908 Warszawa, E-mail: radoslaw.wozniak@wat.edu.pl

LITERATURA

- [1] Arendarski J., *Niepewność pomiarów*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2013.
- [2] Drogiomierze – procedura pomiarowa PP-01.02.02-1-2016-CWOM
- [3] Ocena zgodności – ogólne wymagania dotyczące badania biegłości, PN-EN ISO/IEC 17043:2011.
- [4] Sprawozdanie z porównań międzylaboratoryjnych w zakresie pomiarów długości drogomierzem – CWOM PM-
- [5] Sprawozdanie z rozpoznania metrologicznego nr 239/11/2012.
- [6] Zarządzenie nr 25 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 15 czerwca 1999 r. w sprawie wprowadzenia przepisów metrologicznych o drogomierzach (licznikach długości drogi z kołami pomiarowymi).