

Paweł SIKORSKI
Okręgowy Urząd Miar w Łodzi
Wydział Termodynamiki

NIEPEWNOŚĆ POMIARU PRZY KONTROLI METROLOGICZNEJ WODOMIERZY

W referacie przedstawiono analizę niepewności pomiarów przy kontroli metrologicznej wodomierzy w różnych obszarach działania Okręgowego Urzędu Miar w Łodzi, związanych zarówno z metrologią prawną, jak i innymi wykonywanymi badaniami i wzorcowaniami wodomierzy ze szczególnym uwzględnieniem ekspertyz metrologicznych wykonywanych na własnym stanowisku pomiarowym.

UNCERTAINTY OF MEASUREMENT AT THE METROLOGICAL CONTROL OF WATER METERS

In the paper the analysis of uncertainty of measurement at the metrological control of water meters has been presented. It concerns the different areas of functioning of the Regional Office of Measures in Lodz connected with both the legal metrology and the other examinations and calibrations of water meters. The metrological expertises carried out at the own self-made setup have been taken into special consideration.

1. WSTĘP

Pracownia Przepływów, która zajmuje się między innymi wyznaczaniem charakterystyk metrologicznych wodomierzy jest przykładem charakteryzującym zarówno liczne obszary prawne, jak i rodzaje oferowanych usług realizowanych przez Wydział Termodynamiki Okręgowego Urzędu Miar w Łodzi. Wykonywana prawna kontrola metrologiczna, ocena zgodności w zakresie elementów do badania typu dla GUM (moduł B) oraz weryfikacji końcowej wyrobu (moduł F), wzorcowania, a w szczególności ekspertyzy wodomierzy zaowocowały zebraniem doświadczeń związanych z badaniami wodomierzy.

2. NIEPEWNOŚĆ POMIARU PRZY PRAWNEJ KONTROLI METROLOGICZNEJ WODOMIERZY

Legalizacja wodomierzy jako obszar prawnej kontroli metrologicznej jest wykonywana obecnie wyłącznie przez administrację miar w ponad 150 punktach legalizacyjnych mieszczących się na terenie całego kraju. Właścicielami punktów są głównie producenci wodomierzy, zakłady wodociągowe oraz zakłady naprawiające wodomierze. Zarówno zakres, jak i metody przeprowadzania sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej wodomierzy zostały ściśle określone w rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 23 października 2007 r. w sprawie wymagań metrologicznych, którym powinny odpowiadać wodomierze oraz szczegółowego zakresu sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych (Dz. U. Nr 209, poz. 1513). W dokumencie tym, ustawodawca określił dopuszczalne maksymalne niepewności pomiaru dla poszczególnych wielkości mierzonych. Można powiedzieć, że są to najgorsze z możliwych niepewności, jakie mogą charakteryzować stanowiska pomiarowe (metody pomiarowe) stosowane do legalizacji wodomierzy. Oceny zdolności pomiarowych stanowisk dokonuje Prezes Głównego Urzędu Miar lub wskazany przez Niego podmiot. Dokumentem potwierdzającym spełnienie wymagań w tym zakresie jest świadectwo ekspertyzy. Wszystkie zastosowane przyrządy w ww. stanowiskach powinny posiadać aktualne świadectwa wzorcowania zgodnie z przyjętymi harmonogramami. Wymagania powyższe w sposób uporządkowany zawiera Tabela 1.

Okręgowy Urząd Miar w Łodzi jako podmiot upoważniony wykonuje od wielu lat ekspertyzy stanowisk pomiarowych na terenie całego kraju. Zaobserwowano duży postęp techniczny w tym obszarze. Wzrasta liczba stanowisk w kraju z nowoczesnymi metodami pomiarowymi. Właściciele punktów legalizacyjnych spełniając wymagania prawne dążą do poprawy najlepszych możliwości pomiarowych stosowanych przez siebie metod przy legalizacji wodomierzy.

Tabela 1

Zestawienie wymagań dotyczących niepewności pomiaru przy prawnej kontroli metrologicznej wodomierzy

Wielkość mierzona	Rodzaj pomiaru	Warunki sprawdzenia		Niepewność pomiaru	
Temperatura	Temperatura zasilania wody	Woda zimna - (10÷30) °C	Dopuszczalna zmiana temperatury wody w trakcie pomiaru - 5 °C	Maksymalna niepewność rozszerzona pomiaru temperatury wody, przy współczynniku k=2, nie powinna przekraczać 1 °C	
		Woda ciepła - (45÷55) °C			
Ciśnienie	Ciśnienie zasilania stołu pomiarowego	Nie określono		Maksymalna niepewność rozszerzona pomiaru ciśnienia wody, przy współczynniku k=2, nie powinna przekraczać 5 % wartości mierzonej	
	Strata ciśnienia na wodomierzu	Zgodnie z ZT			
	Wytrzymałość na ciśnienie wodomierza	1,6 razy większe od górnego ciśnienia granicznego zadanego przez 1 minutę			
Objętość	Objętość wody wyznaczona przez wzorzec lub wzorce zastosowane w stanowisku	$Q_1 \leq Q < Q_2$ albo $Q_{\min} \leq Q < Q_t$ albo $q_{\min} \leq q < q_t$ - $E \leq 5$ %		Maksymalna niepewność rozszerzona wyznaczenia objętości poprawnej wody przy poziomie ufności około 95 % i współczynniku k=2, :	1 % wartości mierzonej
		$Q_2 \leq Q < Q_4$ albo $Q_t \leq Q < Q_{\max}$ albo $q_t \leq q < q_s$ $E \leq 3$ % dla wodomierzy (30÷90) °C $E \leq 2$ % dla wodomierzy do 30 °C			0,4 % wartości mierzonej
	Objętość wody wskazana przez wodomierz	$Q_1 \leq Q < Q_4$ albo $Q_{\min} \leq Q < Q_{\max}$ albo $q_{\min} \leq q < q_s$		Maksymalna niepewność rozszerzona odczytu objętości wody wskazanej przez wodomierz, przy współczynniku k=2, nie powinna przekraczać 0,5 % wartości mierzonej	
Warunki środowiskowe	Temperatura otoczenia	(15 ÷ 25) °C pojedynczego pomiaru oraz zmiany $\Delta t_i \leq 5$ °C		Nie określono	
	Wilgotność względna	(45 ÷ 75) % dla pojedynczego pomiaru oraz zmiany $\Delta r H_i \leq 10$ %			
	Ciśnienie atmosferyczne	(86 ÷ 106) kPa			

3. CHARAKTERYSTYKA STANOWISKA POMIAROWEGO DO SPRAWDZANIA WODOMIERZY W OKRĘGOWYM URZĘDZIE MIAR W ŁODZI

W 2008 r w Okręgowym Urzędzie Miar w Łodzi uruchomiono jako jedyne w terenowej administracji miar stanowisko pomiarowe do sprawdzania wodomierzy. Powstanie takiego stanowiska to efekt realizacji polityki bezstronności i niezależności, jaką realizuje kierownictwo urzędu.

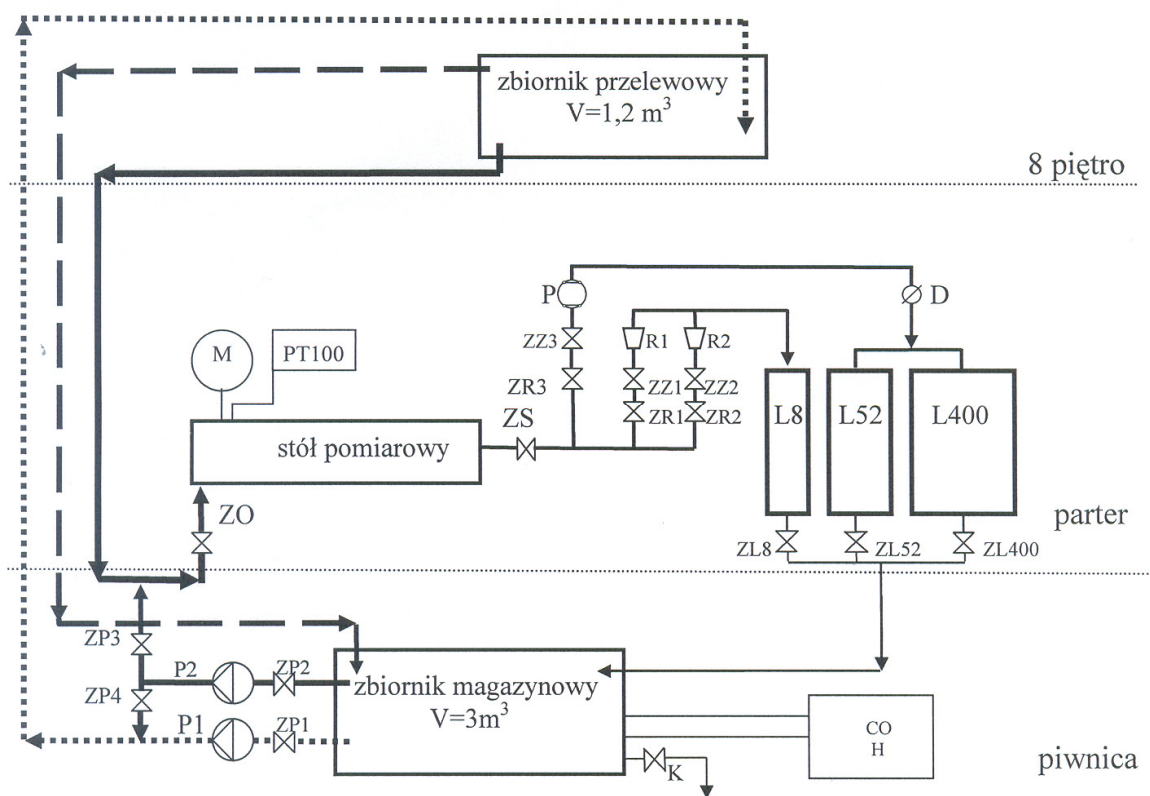
Charakterystykę techniczną stanowiska pomiarowego zawiera Tabela 2.

Tabela 2

Charakterystyka techniczna stanowiska pomiarowego do sprawdzania wodomierzy i liczników do wody w OUM Łódź

Rodzaj metody sprawdzania	Objętościowa, z „zatrzymanym startem i stopem”, ze zbiornikami wzorcowym.
Zakres pomiarowy strumienia objętości	(0,008÷20,0) m ³ /h.
Zakres nastawy temperatury przepływu	(10 ÷ 30) °C
Sposób nastawy strumienia objętości	Ręcznie, dławieniowo, w oparciu o wskazania rotametrów oraz manometru elektronicznego do pomiaru ciśnienia przed krytyczną dyszą wypływową.
Przyrządy pomiarowe wchodzące w skład stanowiska	- Zbiorniki pomiarowe o pojemnościach 8 dm ³ , 55 dm ³ , 400 dm ³ , gdzie: d=1 mm i a=0,2 - Termometr elektroniczny o zakresie pomiarowym (-20÷80) °C i d=0,1 °C, - Czasomierz elektroniczny wchodzący w skład sterownika przepływu o zakresie (1÷5400) s i d=0,01 s, - Ciśnieniomierze sprężynowe o zakresie (0÷0,6) MPa i (0÷1,6) MPa kl. 0,6.
Rodzaj źródła zasilania	Bezpośrednie zasilanie ze zbiornika grawitacyjnego lub pomp, z zamkniętym obiegiem wody
Metoda pomiar czasu przepływu objętości	Umowny moment rozpoczęcia i zakończenia przepływu objętości wystawienie przez programator czasu przepływu sygnału „start” oraz „stop” sterującego otwarciem i zamknięciem zaworu stopowego na odpływie odcinka pomiarowego.

Analizując charakterystykę techniczną stanowiska na szczególną uwagę zasługuje możliwość badania wodomierzy w trzech podstawowych strumieniach objętości (Q_1 , Q_2 , Q_3) za pomocą grawitacyjnego układu zasilania. Linie łączące zbiornik przelewowy z układem zasilania oraz stołem pomiarowym zainstalowano w budynku, co minimalizuje negatywny wpływ warunków zewnętrznych na temperaturę wody sprawdzanych obiektów.



Rys. 1. Schemat obiegu wody w stanowisku pomiarowym do sprawdzania wodomierzy w OUM Łódź
 Fig. 1. Scheme of the water circulation at the setup for testing the water meters in the Regional Office of Measures in Lodz

Układ pomp obiegowych (P_1 , P_2) zasilających zbiornik przelewowy umożliwia również wykonanie innych badań takich jak np. wytrzymałość wodomierzy na ciśnienie lub wpływ ciśnienia na charakterystykę metrologiczną wodomierzy. Zbiornik magazynowy połączono z układem grzania i chłodzenia wody w zakresie temperatur ($10 \div 30$) °C. Zawór stopowy ZS zainstalowany na wyjściu stołu pomiarowego sprzężony jest z torem pomiaru czasu.

4. ANALIZA WYNIKÓW BADANYCH WODOMIERZY

Wyniki badań wodomierzy przedstawiono na przykładzie wykonywanych ekspertyz tych przyrządów. Przebadano 383 wodomierze. Uzyskane wyniki zamieszczone w Tabeli 3 pozwoliły na przedstawienie zmian charakterystyk metrologicznych wodomierzy podczas pięcioletniego okresu użytkowania w sieci. Przyjęte oznaczenia w Tabeli 3 zawierają informacje: X1 i X2 - najwięksi producenci wodomierzy w kraju, Xn - pozostali producenci, cecha (PL) - legalizacja krajowa, legalizacja WE - legalizacja na podstawie zatwierdzenia typu EWG z podziałem na wykonaną w RP lub UE.

Analiza wyników potwierdza, iż przy obecnym trendzie rynku (cena jako główny element przetargowy) pięcioletni okres ważności dowodów prawnej kontroli metrologicznej wodomierzy jest prawdopodobnie zbyt długi. W szerszym kontekście dowodzi to o konieczności okresowego

potwierdzania zdolności pomiarowych stosowanych wzorców i przyrządów pomiarowych w wykonywanych badaniach i wzorcowaniach.

Tabela 3

Wyniki badań wodomierzy w OUM Łódź

producent	X1 cecha (PL) [%]	X2 cecha (PL) [%]	Xn cecha (PL) [%]	Legalizacja WE wykonana w RP [%]	Legalizacja WE wykonana w UE [%]
Wodomierze w błędzie legalizacyjnym	47	42	45	52	58
Wodomierze w błędzie obiegowym w użytkowaniu	41	36	37	34	29
Wodomierze przekraczające błędy obiegowe	12	22	18	14	13
Brak ważnych dowodów kontroli metrologicznych -udział dla danej opcji	22	11	18	1,6	0,5
Udział w ogólnej ilości wykonanych ekspertyz dla danej opcji	13	15	23	15	33

5. ANALIZA ELEMENTÓW SKŁADOWYCH BUDŻETU NIEPEWNOŚCI PRZY BADANIU I WZORCOWANIU WODOMIERZY NA STANOWISKU W OUM ŁÓDŹ

W analizie elementów składowych budżetu niepewności przy wzorcowaniu wodomierzy oparto się głównie na przewodniku EA-4/02 oraz przedstawionym w nim przykładzie S12.

Przyjęto następujące założenia przy wzorcowaniu wodomierzy i innych liczników do wody na stanowisku pomiarowym w OUM Łódź:

1. Dla badanego obiektu: - wskazania i jego rozdzielczość ($V_x, \delta V_{ix1}, \delta V_{ix2}, \Delta V_{ix}=V_{ix2}-V_{ix1}$), dla odczytów wzrokowych wielkość działki elementarnej d z możliwością interpolacji a (na ogół $1/5 d$ lub $1/2 d$), dla obiektu z elektrycznym sygnałem - wartość jednego impulsu $V_{x\min}=400 d$, temperatura wody (t_x, α_w), powtarzalność wodomierza ($e_{xav}, \delta e_x, e_x$),
2. Dla zbiorników pomiarowych: wskazania i jego rozdzielczość ($V_{is}, \delta V_{is}$), gdzie $d=1 \text{ mm}$ i $a=1/2$, a $V_{is\min}=500 d$, temperatura wody w zbiornikach pomiarowych ($t_{is}, t_0=20 \text{ }^\circ\text{C}$), a także przyjęto założenia do wyznaczania różnicy ciśnienia wody między sprawdzanym wodomierzem, a zbiornikiem pomiarowym: $\kappa_w=0,46 \cdot 10^{-6} \text{ kPa}^{-1}$, $p_s, p_x=250 \text{ kPa}$.

Badania na stanowisku wykazały pełną stabilność strumienia objętości oraz niewielkie chwilowe zmiany strumienia przy sprawdzaniu wodomierzy w zakresie $(10 \div 20) \text{ m}^3/\text{h}$. Maksymalne zmiany temperatury wody doprowadzanej do stołu pomiarowego podczas pojedynczego pomiaru nie przekraczają $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ przy różnicy temperatur między wodą w zbiornikach pomiarowych, a sprawdzanymi wodomierzami $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$.

W tabeli 4 przedstawiono najlepsze możliwości pomiarowe na stanowisku do sprawdzania wodomierzy w OUM Łódź.

Tabela 4

Najlepsze możliwości pomiarowe na stanowisku do sprawdzania wodomierzy w OUM Łódź

Wielkość mierzona		Najlepsza możliwość pomiarowa	
		Dawka min	Dawka max
Wyznaczenie objętości poprawnej	Zbiornik L8	0,15 %	0,09 %
	Zbiornik L52	0,16 %	0,10 %
	Zbiornik L400	0,17 %	0,09 %
Pomiar temperatury wody		0,20 %	
Pomiar ciśnienia zasilania		0,75 %	
Pomiar czasu		0,01 %	

Analiza szacowania niepewności przy badaniach wodomierzy za zgodność z wymaganiami na stanowisku pomiarowym w OUM Łodzi wykazała wysoką jakość wykonywanych ekspertyz. Doskonalenie tego obszaru, a więc polepszanie najlepszej możliwości pomiarowej skutkuje zwiększaniem pewności w zamieszczanych w świadectwach ekspertyzy orzeczeniach o dopuszczeniu lub nie do dalszego stosowania przedstawionych do badań wodomierzy.

LITERATURA

1. EA-4/02, Wyrażanie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu. Główny Urząd Miar, Warszawa 2001.
2. Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 23 października 2007 r. w sprawie wymagań metrologicznych, którym powinny odpowiadać wodomierze oraz szczegółowego zakresu sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych (Dz. U. Nr 209, poz. 1513).
3. Wyrażenie Niepewności pomiaru. Przewodnik. Główny Urząd Miar, Warszawa 1999.
4. Międzynarodowe zalecenie OIML R 49-1 „Water meters intended for the metering of cold potable water and hot water. Part 1: Metrological and technical requirements”, Edition 2006 (E).
5. Międzynarodowe zalecenie OIML R 49-2 „Water meters intended for the metering of cold potable water and hot water. Part 2: Test methods”, Edition 2006 (E).
6. Międzynarodowe zalecenie OIML R 49-3 „Water meters intended for the metering of cold potable water and hot water. Part 3: Test Report Format”, Edition 2006 (E).