

Tachimetr do wzorcowania zbiorników pomiarowych do cieczy, posadowionych na stałe, w kształcie cylindra stojącego, stosowany w prawnej kontroli metrologicznej

Tadeusz Lach (Biuro Metrologii Prawnej, GUM)

W artykule przedstawiono sposób wzorcowania zbiorników pomiarowych do cieczy za pomocą metody wewnętrznego elektrooptycznego pomiaru odległości, dokonywanego podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych oraz korzyści mogące wynikać z zastosowania tej metody.

Wprowadzenie

Zbiorniki pomiarowe do cieczy, posadowione na stałe, służące do pomiaru objętości cieczy podlegają w Polsce prawnej kontroli metrologicznej. Są to zbiorniki naziemne i podziemne, wyposażone w urządzenia do pomiaru wysokości napełnienia. Mogą być one wyposażone w dach stały, dach stały i wewnętrzny dach pływający oraz w dach pływający.

Prawna kontrola metrologiczna obejmuje zatwierdzenie typu i legalizację pierwotną oraz legalizację ponowną i jest wykonywana w miejscu zainstalowania zbiorników. Zarówno podczas badań typu, legalizacji pierwotnej oraz legalizacji ponownej zbiorników pomiarowych do cieczy posadowionych na stałe, administracja miar przeprowadza wzorcowanie zbiornika. Wzorcowanie służy do wyznaczenia tablicy objętości zbiornika, w której podane są wartości objętości cieczy zawartej w zbiorniku w zależności od wysokości jego napełnienia.

Metoda geometryczna polega na:

- dokonaniu pomiaru, w szczególności wymiarów geometrycznych niezbędnych do obliczenia powierzchni poziomego przekroju ciał zbiornika, wysokości ciał, wewnętrznych urządzeń zbiornika i pochylenia zbiornika,
- dokonaniu częściowego zalewu zbiornika i odczytaniu wskazania wysokości napełnienia,
- wyznaczeniu wyporności dachu pływającego – w przypadku zbiorników z dachem pływającym.

Pomiary wymiarów geometrycznych niezbędnych do obliczenia powierzchni poziomego przekroju ciał zbiornika wykonuje się metodą opasania z użyciem przymiaru wstęgowego, optycznej linii odniesienia, metodą optyczno-

-triangulacyjną, wewnętrznego elektrooptycznego pomiaru odległości albo metodą zewnętrznego elektrooptycznego pomiaru odległości.

W dalszej części zostanie omówiona metoda wewnętrznego elektrooptycznego pomiaru odległości do obliczenia powierzchni poziomego przekroju ciał zbiornika.

Metoda wewnętrznego elektrooptycznego pomiaru odległości

Należy do metod geodezyjnych. Metoda ta została przedstawiona w normie *ISO 7507-4:2010 Petroleum and liquid petroleum products – Calibration of vertical cylindrical tanks – Part 4: Internal electro-optical distance-ranging method*. Zgodnie z tą normą, metoda ta pozwala na dokonanie wzorcowania zbiorników w kształcie cylindra stojącego, których średnica jest większa niż 5 m. Zbiorniki te mogą być wyposażone w dach stały, w dach stały i wewnętrzny dach pływający oraz w dach pływający. Aby można było zastosować tę metodę niezbędny jest przyrząd do elektrooptycznego pomiaru odległości i kąta – tachimetr.

Tachimetr

Tachimetr powinien posiadać podziałkę oraz rozdzielczość pomiaru kąta równą lub lepszą niż $3,142 \times 10^{-6}$ rad (0,2 mgon) oraz podziałkę i rozdzielczość pomiaru długości równą lub lepszą niż 1 mm. Tachimetr powinien być wywzorcowany. Wyniki wzorcowania powinny zawierać sprawdzenie tachimetru w zakresie pomiarów odległości wraz z podaniem niepewności rozszerzonej. Niepewność rozszerzona nie powinna być większa niż niepewność

określona zależnością $[5 \times 10^{-4} + (2 \times 10^{-5} \times D_m)]$, gdzie D_m jest mierzoną odległością, wyrażoną w metrach, przy poziomie ufności 95 % i współczynniku rozszerzenia $k = 2$ (zalecenie wyrażone w pkt C.3.1 normy).

Konstrukcja tachimetru powinna gwarantować jego stabilne usytuowanie w zbiorniku w czasie dokonywania pomiarów. Zamocowanie przyrządu powinno być mocne i stabilne. Do jego ustabilizowania mogą służyć dodatkowe urządzenia, np. podpory magnetyczne. W zbiornikach z dachami pływającymi lub w zbiornikach z wewnętrznymi dachami pływającymi, tachimetr można ustawić bezpośrednio na wewnętrznym dachu pływającym albo można ustawić go na dnie zbiornika, w taki sposób aby urządzenie pomiarowe tachimetru było umieszczone ponad wewnętrznym dachem pływającym.

Należy zauważyć, że tachimetr podlega ograniczeniom w zakresie minimalnej odległości mierzonej oraz minimalnego kąta padania, gwarantujących spodziewaną niepewność pomiaru. Powyższe wartości graniczne powinny być podane przez producenta tachimetru. Jeśli dla danego zbiornika, o określonej jego wysokości i średnicy, ww. wartości graniczne nie mogą być spełnione, można dopuścić zwiększoną niepewność wzorcowania zbiornika albo umieścić tachimetr w kilku różnych miejscach wewnątrz zbiornika. Jeśli jest to niemożliwe, to metoda wewnętrznego elektrooptycznego pomiaru odległości nie powinna być zastosowana do wzorcowania zbiornika. Łączenie w całość wyników pomiarów z kilku ustawień tachimetru powinno być przeprowadzane z zastosowaniem procedur opracowanych przez producenta tachimetru.

Do sprawdzenia wskazań tachimetru powinna być użyta łąta tachymetryczna. Zalecana długość łąty to 2 m. Na łącie powinny być wykonane przynajmniej dwa znaki – jeden na początku, a drugi na końcu łąty. Odległość wskazywana przez łątę pomiędzy tymi dwoma znakami powinna być wywzorcowana. Rozszerzona niepewność wzorcowania nie powinna przekraczać 0,05 mm. łąta powinna być wykonana z materiału o znanej rozszerzalności cieplnej. Sprawdzenie tachimetru należy uznać za pozytywne, jeśli wyniki pomiarów i wyznaczenia odległości wskazywanej przez tachimetr mieszczą się w zakresie ± 2 mm.

Dokładność tachimetru w zakresie pomiaru odległości i kąta należy weryfikować przy pomocy procedury opisanej w załączniku A normy. W przypadku sprawdzenia pomiaru kąta wynik należy uznać za pozytywny, jeśli niepewność pomiaru obliczona zgodnie z pkt C.3 normy nie jest większa niż $7,854 \times 10^{-5}$ rad (5 mgon).

Wymagania ogólne

Zbiorniki powinny wzorcować się po przynajmniej ich jednokrotnym napełnieniu cieczą o gęstości równej lub większej od gęstości cieczy stosowanej do przechowywania w zbiorniku podczas jego eksploatacji. W przypadku nowych zbiorników wymóg ten powinna zapewnić przeprowadzona próba wodna takich zbiorników. Na dnie zbiornika nie powinno być jakichkolwiek zanieczyszczeń. Przed rozpoczęciem wzorcowania należy dokonać oględzin wewnętrznych ścian zbiornika. W przypadku, gdy oględziny dadzą wynik negatywny, np. występują zanieczyszczenia itp., nie powinno się wzorcować zbiornika z zastosowaniem tej metody. Wzorcowanie należy przeprowadzać w sposób nieprzerwany. W czasie wzorcowania zbiornika nie powinny na niego oddziaływać drgania i pył.

Ustawienie tachimetru wewnątrz zbiornika

Tachimetr powinien być umieszczony we wnętrzu zbiornika w pionowej osi symetrii zbiornika lub w jej pobliżu. Przyrząd należy ustawić zgodnie z procedurą i instrukcją podaną przez jego producenta. Ustawienie to powinno być stabilne. W razie potrzeby należy ustabilizować dno zbiornika w pobliżu miejsca usytuowania przyrządu, poprzez umieszczenie w tym miejscu obciążników. W czasie dokonywania pomiarów tachimetr powinien być wolny od drgań zewnętrznych. Linie pomiaru pomiędzy tachimetrem a ścianą zbiornika nie powinny być zasłonięte. Przed rozpoczęciem wzorcowania należy wybrać i wyraźnie oznaczyć na ścianie zbiornika w poziomie dwa referencyjne punkty pomiarowe. Punkty te powinny być rozstawione co 1,571 rad (100 gon) oraz powinny znajdować się jak najbliżej poziomej płaszczyzny tachimetru. Pomiar dokonywane za pomocą tachimetru można rozpocząć w zbiorniku po określonym przez producenta minimalnym czasie jego stabilizacji. Tachimetr powinno się ustawić w poziomie, zapewniając tym samym, iż pionowa oś przyrządu jest w pionie.

Wybór punktów pomiarowych

Dla każdej cergi zbiornika powinno się wybrać po dwa zestawy leżących w poziomie punktów pomiarowych dla cergi zbiornika. Jeden zestaw leżący na wysokości $\frac{1}{4}$ cergi nad dolną spoiną, a drugi leżący na $\frac{1}{4}$ wysokości cergi poniżej górnej spoiny. Należy zauważyć, iż w podobny sposób wyznacza się miejsca dokonywania pomiarów obwodów

Tabela – minimalna ilość punktów pomiarowych

Obwód zbiornika w metrach	Minimalna ilość punktów pomiarowych
poniżej 50	10
od 50 do 100	12
od 100 do 150	16
od 150 do 200	20
od 200 do 250	24
od 250 do 300	30
powyżej 300	36

zewnątrznych carg zbiornika za pomocą przymiaru wstęgowego. Ilość punktów pomiarowych w zestawie zależy od obwodu zbiornika. Minimalna ilość punktów pomiarowych jest przedstawiona w tabeli.

Gdy ściany zbiornika są odkształcone, ilość punktów pomiarowych może być zwiększona od zalecanej ilości punktów pomiarowych. Punkty pomiarowe powinny znajdować się w odległości co najmniej 300 mm od spoiny wykonanej w pionie.

Procedura wzorcowania

Pomiary należy prowadzić bez przerw. Należy dokonać pomiaru odległości, kąta poziomego i kąta pionowego dla każdego z referencyjnych punktów pomiarowych. Następnie należy przeprowadzić pomiary dla wszystkich punktów pomiarowych w każdej cardze zbiornika.

Po zakończeniu pomiarów dla cargi zbiornika należy powtórzyć pomiary dla referencyjnych punktów odniesienia. Jeśli dokonane powtórne pomiary odległości do referencyjnych punktów pomiarowych różnią się więcej niż 2 mm, należy powtórzyć procedurę wzorcowania zbiornika. Procedurę należy powtórzyć również, jeśli pomiary kąta dla referencyjnych punktów odniesienia różnią się od pomiarów dokonanych podczas ustawiania przyrządu o więcej niż $1,571 \times 10^{-4}$ rad (0,01 gon).

Opracowanie tabeli objętości zbiornika

Posiadając otrzymane wyniki pomiarów (pomiar odległości, kąta poziomego oraz kąta pionowego) dla każdego z wyznaczonych punktów pomiarowych leżących na ścianie zbiornika, dokonujemy obliczenia współrzędnych punktów

(x, y i z) w układzie współrzędnych kartezjańskich (prostokątnych). Mając współrzędne punktów pomiarowych dla danych wysokości zbiornika, wyznaczamy promienie obwodów wewnętrznych carg zbiornika, a następnie pola powierzchni poziomego przekroju carg zbiornika.

Dobór metody wzorcowania, zarówno podczas zatwierdzenia typu i legalizacji pierwotnej oraz legalizacji ponownej zbiornika pomiarowego do cieczy posadowionego





Urządzenie wskazujące tachimetru

fot. arch. własne

na stałe, w kształcie cylindra stojącego powinien gwarantować spełnienie wymagań w zakresie maksymalnej dopuszczalnej niepewności wzorcowania zbiornika, wynoszącej $\pm 0,2\%$ objętości mierzonej (§ 34 ust. 1 pkt 1 rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 22 stycznia 2008 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać zbiorniki pomiarowe, oraz szczegółowego zakresu badań i sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych (Dz. U. Nr 21, poz. 125 oraz z 2013 r. poz. 906).

Tachimetr na wyposażeniu Okręgowego Urzędu Miar w Gdańsku

Od 2012 r. Okręgowy Urząd Miar w Gdańsku jest w posiadaniu stanowiska pomiarowego do wzorcowania zbiorników. Stanowisko to składa się z tachimetru, kom-

putera i oprogramowania służącego do obliczenia wewnętrznych promieni zbiornika. Tachimetr z urządzeniami dodatkowymi ma możliwość zdalnego wykonania pomiarów bez udziału operatora wewnątrz zbiornika.

Podsumowanie

Wśród klientów administracji miar zwiększa się zainteresowanie możliwościami wykorzystania tachimetru stosowanego w prawnej kontroli metrologicznej do wzorcowania zbiorników pomiarowych do cieczy, posadowionych na stałe, w kształcie cylindra stojącego, ze względu na:

- znaczące skrócenie czasu wykonywania badań,
- zmniejszenie dodatkowych kosztów obciążających wnioskodawców, w szczególności związanych z koniecznością budowania rusztowań do wykonywania pomiarów zewnętrznych obwodów zbiornika za pomocą przymiaru wstęgowego,
- brak konieczności pracy na dużych wysokościach,
- brak wpływu czynników powodujących wydłużenie przymiaru przy pomiarze zewnętrznego obwodu zbiornika, w szczególności spowodowanych nierównomiernym ułożeniem przymiaru wstęgowego na pionowej ścianie zbiornika, różnym naciągami przymiaru wstęgowego, zewnętrznymi elementami konstrukcji zbiornika,
- możliwość wzorcowania metodą geometryczną zbiorników izolowanych termicznie. Dotychczas zbiorniki izolowane były wzorcowane metodą objętościową. W przypadku napełnienia zbiornika wodą występuje również problem z jej utylizacją ze względu na możliwość zanieczyszczenia.