

# Optymalizacja procesu wzorcowania pipet tłokowych.

Jak wspomniano w publikacji dotyczącej metody grawimetrycznej, z pomiarami wykonywanymi przy wzorcowaniu i/lub sprawdzaniu pipet tłokowych jest związana potencjalna możliwość występowania błędów pomiarów. Źródła tych błędów można określić w:

- nieodpowiednio zastosowanej wadze,
- nieodpowiednim naczyniu wagowym,
- parowaniu cieczy podczas ważenia,
- nieodpowiednich warunkach środowiskowych w pokoju wagowym lub braku ich ciągłego monitorowania,
- nieodpowiednim stanowisku pomiarowym (wpływ wibracji i podmuchów powietrza),
- nieodpowiedniej cieczy stosowanej do kalibracji,
- błędach rachunkowych podczas wykonywania obliczeń,
- źle dobranych końcówkach pipety (inne niż zalecane przez producenta),
- nieodpowiednich warunkach fizjologicznych operatora (np. zbyt niska lub wysoka temperatura ciała operatora podczas wykonywania pomiarów),
- nieergonomicznym stanowisku pracy.

Na podstawie przeprowadzonych badań oraz analizie wymagań normy ISO 8655-6 opracowane zostały w RADWAG nowe rozwiązania minimalizujące ryzyko występowania błędów. W wyniku tych analiz powstał nowy, dedykowany produkt – stanowisko do kalibracji pipet, ułatwiający proces kontroli metrologicznej pipet tłokowych.



Stanowisko do kalibracji pipet tłokowych jest profesjonalnym urządzeniem pomiarowym przeznaczonym do kompleksowej realizacji procedury wzorcowania i/lub sprawdzania pipet tłokowych jak również nadzoru nad pipetą z punktu widzenia wymagań systemów zarządzania.

W celu zapewnienia spójności pomiarowej, spełnienia wszystkich wymagań wynikających z nadzoru nad wyposażeniem pomiarowym oraz dla ułatwienia i przyspieszenia procesu wzorcowania pipet RADWAG proponuje skuteczne i ergonomiczne rozwiązanie wzorcowania pipet automatycznych przez użytkownika kompleksowe stanowisko do wzorcowania pipet.

Integralną częścią stanowiska jest Mikrowaga MXA 21/P wyposażona w odpowiednie naczynko kalibracyjne oraz specjalny program komputerowy "PIPETY" produkcji RADWAG. Pracując na kompleksowym stanowisku kalibracyjnym możemy pracować bez obaw o wystąpienie zdefiniowanych wcześniej zakłóceń.

Ryzyko związane z zastosowaniem nieodpowiedniej wagi zostało wyeliminowane przez zastosowanie w produkcie odpowiednio dobranej, zgodnie z wymaganiami normy ISO 8655-6 wagi analitycznej, umożliwiającej precyzyjny pomiar masy wydalanej przez pipetę cieczy.

W prezentowanym stanowisku zastosowano wagę analityczną MXA 21/P o parametrach:

- maksymalne obciążenie -  $Max = 21g$

- działka elementarna -  $d = 0,001\text{mg}$
- powtarzalność -  $0,002\text{mg}$
- liniowość -  $\pm 0,002\text{mg}$
- zakres urządzenia TARA -  $21\text{g}$

W komorze wagowej umieszczone jest również specjalne naczynie „kurtyny parowej” zmniejszające proces parowania.

Naczynie wagowe jest dobrane w sposób minimalizujący parowanie i umożliwiającą wygodną, z punktu widzenia operatora, realizację procedury. Stanowisko wyposażone jest w automatyczną pompkę umożliwiającą wypompowanie nadmiaru cieczy z naczynia wagowego.

Ryzyko związane z brakiem monitorowania warunków środowiskowych jest zminimalizowane poprzez działanie wchodzącego w skład stanowiska modułu środowiskowego. Urządzenie dokonuje ciągłego monitorowania warunków środowiskowych panujących na stanowisku w zakresie pomiaru temperatury, wilgotności względnej, ciśnienia atmosferycznego oraz temperatury cieczy. Zastosowano czujniki o dokładnościach:

pomiar temperatury -  $0,1^{\circ}\text{C}$ ;

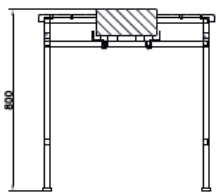
pomiar wilgotności względnej - 1%;

pomiar ciśnienia atmosferycznego - 1 hPa;

pomiar temperatury cieczy -  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

Ciągły monitoring pozwala na kontrolę warunków w pokoju wagowym oraz zapewnia aktualne dane w zakresie temperatury i ciśnienia atmosferycznego, które są niezbędne do konwersji wyznaczonej masy cieczy na jej objętość. Dane są pobierane bezpośrednio przed rozpoczęciem serii pomiarowej dla badanej objętości i są zastosowane w celu wyznaczenia współczynnika korygującego Z.

Wpływ wibracji został zminimalizowany poprzez zastosowanie konsoli, zbudowanej ze specjalnego wewnętrznego, niezwiązanego bezpośrednio z powierzchnią roboczą, stołu wyposażonego w kamienne płyty zawieszony na gumowych amortyzatorach. Konstrukcja pozwala na eliminację drgań przenoszonych z podłoża lub blatu roboczego na wagę.



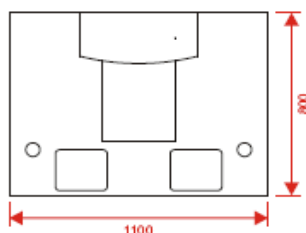
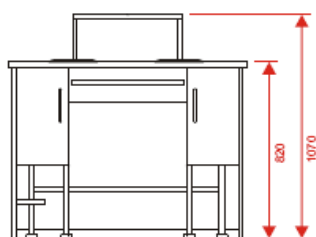
Przedstawione rozwiązanie zostało poddane badaniom w Laboratorium Badawczym RADWAG w wyniku czego stwierdzono, że zastosowanie stołu antywibracyjnego eliminuje błędy spowodowane działaniem wibracji i drgań do 70%. Rozwiązanie jest już od wielu lat stosowane w typowym stole antywibracyjnym, znajdującym się od wielu lat w ofercie RADWAG.

W stanowisku do kalibracji pipet zmodyfikowano znacząco obowiązujące rozwiązanie przede wszystkim zwiększając powierzchnię roboczą.

Możliwość popełnienia błędu rachunkowego podczas wykonywania obliczeń zostało wyeliminowane poprzez specjalny program komputerowy PIETY. Zastosowanie programu pipety eliminuje ryzyko popełnienia błędów rachunkowych w obliczeniach parametrów charakteryzujących pipety (objętość średnia oraz błędy) wykonywanych metodą tradycyjną (ręcznie).

Zastosowanie programu PIPETY pozwala również na prowadzenie kompleksowego nadzoru nad wyposażeniem pomiarowym – w tym przypadku pipetami – co jest wymagane praktycznie przez wszystkie normy dotyczące systemów zarządzania.

Stanowisko zostało zaprojektowane w sposób umożliwiający komfortową realizację procedury. W przypadku długotrwałego pipetowania, ergonomia miejsca pracy ma zasadnicze znaczenie. Pipety, jako urządzenie, posiadają własne charakterystyki ergonomiczne. Jedną z nich jest na przykład siła pipetowania. W przypadku, kiedy siły pipetowania są zbyt duże, co może objawiać się bólem lub kontuzją w okolicach palca „kciuka” jak i dodatkowe napięcia mięśni ręki. Na wyposażeniu stanowiska znajduje się automatyczna pompka, która w szybki sposób usuwa nadmiar wody z naczynia wagowego do zbiornika na zużyta wodę destylowaną, co znacząco podwyższa standard pracy na stanowisku. Załączenie i wyłączenie pompki odbywa się automatycznie w momencie rozpoczęcia lub zakończenia opróżniania naczynia wagowego. Mając na uwadze, że te parametry, jak i inne, oprócz dyskomfortu operatora mogą być również źródłem błędów, stanowisko do kalibracji pipet zostało zaprojektowane w taki sposób, aby dodatkowe obciążenia związane z realizacją całej procedury pipetowania zostały zminimalizowane.



Stół został zaprojektowany z uwzględnieniem wszystkich czynników przyczyniających się do szybkiej, wygodnej oraz ergonomicznej pracy. Zewnętrzna konstrukcja stołu roboczego kryje w sobie wbudowany, niezależny stół antywibracyjny z blatem kamiennym.

Zastosowanie to w sposób znaczący eliminuje drgania i wibracje jak również skraca czas stabilizacji wagi wewnątrz zabudowany.

Wymiary zewnętrzne zostały dobrane w taki sposób, aby wysokość blatu roboczego oraz przestrzeń robocza pozwalały na swobodną pracę. Na stanowisku znajdują się zlewy na zużyta wodę destylowaną. Blat roboczy został zaprojektowany do pracy dla osób lewo i prawo ręcznych. Ergonomiczna podkładka pod łokieć eliminuje odczucie bólu co pozwala na uzyskiwanie powtarzalnych ruchów ręką oraz nie powoduje dyskomfortu przy dłuższej pracy na stanowisku.

Parowanie cieczy podczas sprawdzania piety jest negatywnym czynnikiem znacząco wpływającym na wyniki pomiarów. Minimalizowanie ryzyka związanego z tym czynnikiem jest zastosowane w wadze



przeznaczonej do sprawdzania pipet odpowiednio zaprojektowane naczynie „kurtyny parowej”. Naczynie zostało zaprojektowane w celu minimalizowania zjawiska parowania podczas ważenia cieczy. Składa się zasadniczo ze specjalnej mini komory wagowej wyposażonej w naczynie „kurtyny parowej” oraz specjalną szalkę umożliwiającą centryczne umieszczenie odpowiednio zaprojektowanego naczynia wagowego. Stosowanie odpowiedniej wagi z naczyniem „kurtyny parowe” eliminuje potrzebę stosowania przykrywek do naczyń wagowych.

Analizując ryzyko związane z realizacją stosowanej przez użytkownika procedury sprawdzania pipet, w wielu przypadkach wskazane jest zastosowanie kompleksowego, ergonomicznego rozwiązania RADWAG jakim jest stanowisko do kalibracji piety.

Można też stwierdzić, że w celu przeprowadzenia procedury sprawdzenia pipety metodą grawimetryczną zgodnie z wymaganiami normy ISO 8655-6 z jak najmniejszym ryzykiem popełnienia błędu oraz dodatkowo przeprowadzając archiwizację elektroniczną wszystkich sprawdzeń wraz z prowadzeniem harmonogramu sprawdzeń najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie kompleksowego stanowiska do sprawdzania pipet.

Warto również podkreślić w tym rozwiązaniu walory ergonomiczne, które są bardzo istotne zarówno w zachowaniu komfortu pracy jak i również minimalizowania ryzyka związanego z udziałem operatora. Waga znajdująca się w zestawie wyposażona jest również w tradycyjną szalkę, co pozwala na wykorzystanie jej również do rutynowych działań w laboratorium tj. do pomiarów o maksymalnym obciążeniu 21g z dokładnością  $d = 1\mu\text{g}$ .

Pozostałe aplikacje RADWAG stosowane do wzorcowania i/lub sprawdzania automatycznych pipet tłokowych, w zależności od występujących zagrożeń, również przyczyniają się do minimalizacji ryzyka występowania błędów jak i również usprawniają proces realizacji procedury.

Aplikacje te pomagają w realizacji procedury sprawdzania pipet w różnym stopniu. Walory kompleksowego stanowiska do kalibracji pipet na tle pozostałych aplikacji przedstawione są w poniższym zestawieniu:

	Stanowisko do kalibracji pipet	Waga MXA 21/P	Waga XA 60/220/X  + zestaw	Program PIPETY
Zakres badanych objętości	(1+10000) $\mu\text{l}$	(1+10000) $\mu\text{l}$	(10+10000) $\mu\text{l}$	Bez ograniczeń
Maksymalne obciążenie wagi Max	21g	21g	60g / 220g	⊗ <sup>1)</sup>
Działka elementarna $d$	0,001mg	0,001mg	0,01mg / 0,1mg	⊗ <sup>1)</sup>
Powtarzalność	0,002mg	0,002mg	0,019mg / 0,12mg	⊗ <sup>1)</sup>
Liniowość	$\pm 0,002\text{mg}$	$\pm 0,002\text{mg}$	$\pm 0,02\text{mg} / 0,2\text{mg}$	⊗ <sup>1)</sup>
Czas pomiaru serii (10 pomiarów)	75 - 95 s.	75 - 95 s	100 - 120 s	⊗ <sup>1)</sup>
Średnica naczynia wagowego	14,6mm	14,6mm	24,5mm	⊗ <sup>1)</sup>
Objętość naczynia wagowego	~10ml	~10ml	~24ml	⊗ <sup>1)</sup>
Wykonanie pomiarów zgodnie z ISO 8655	+	+	+	+
Obliczenia zgodnie z ISO 8655	+	+	+	+
Ocena zgodności z wymaganiami	+	+/- <sup>2)</sup>	+/- <sup>2)</sup>	+
Raport wyników kontroli	+	+/- <sup>3)</sup>	+/- <sup>3)</sup>	+
Archiwizacja raportów	+	-	-	+
Harmonogram sprawdzeń pipet	+	-	-	+
Baza danych pipet z możliwością zmian	+	-	-	+
Współpraca z komputerem	+	+	+	+
Odpowiednie naczynie wagowe	+	+	+	⊗ <sup>1)</sup>
Eliminowanie zjawiska parowania	+	+	+	-
Monitorowanie warunków środowiskowych	+	-	-	+/- <sup>4)</sup>
Rejestracja warunków środowiskowych	+	-	-	+/- <sup>4)</sup>
Monitorowanie temperatury cieczy	+	-	-	+/- <sup>4)</sup>
Rejestracja temperatury cieczy	+	-	-	+/- <sup>4)</sup>
Ergonomiczne stanowisko pracy	+	+	-	-
Eliminowanie drgań	+	-	-	-
Prosta obsługa programu	+	+ <sup>5)</sup>	+ <sup>5)</sup>	+

- 1) nie dotyczy programu komputerowego
- 2) ocena zgodności możliwa po wprowadzeniu do wagi wszystkich istotnych parametrów
- 3) raport z kontroli możliwy wyłącznie po spełnieniu warunku 2)
- 4) program może być dodatkowo przystosowany jest do współpracy z urządzeniami do monitorowania i rejestracji warunków wyłącznie, jeśli urządzenia użytkownika mają możliwość współpracy z komputerem
- 5) dotyczy programu wagi