



WARUNKI ŚRODOWISKOWE DLA POPRAWNEJ PRACY WAG ELEKTRONICZNYCH

Niniejsza publikacja zawiera omówienie problematyki pomiarów masy w nawiązaniu do warunków otoczenia. Składa się z trzech części. Część pierwsza obejmuje podstawowe informacje związane z przygotowaniem wagi do pracy. Przedstawione tu są zagadnienia związane z poziomowaniem wagi, regulacją dokładności, odczytem wyniku, itp.

Część druga zawiera informacje o miejscu pracy wag oraz czynnikach, jakie tam występują. Główne z nich to temperatura, wilgotność oraz kompatybilność elektromagnetyczna. Szczególną uwagę zwrócono na powiązanie czynnik – reakcja wagi co ma kluczowe znaczenie dla dokładnych pomiarów mas.

Część trzecia omawia wpływ czynników fizycznych na procesy ważenia, takich jak temperatura, gęstość powietrza, przyspieszenie ziemskie itp.


Janas Sławomir

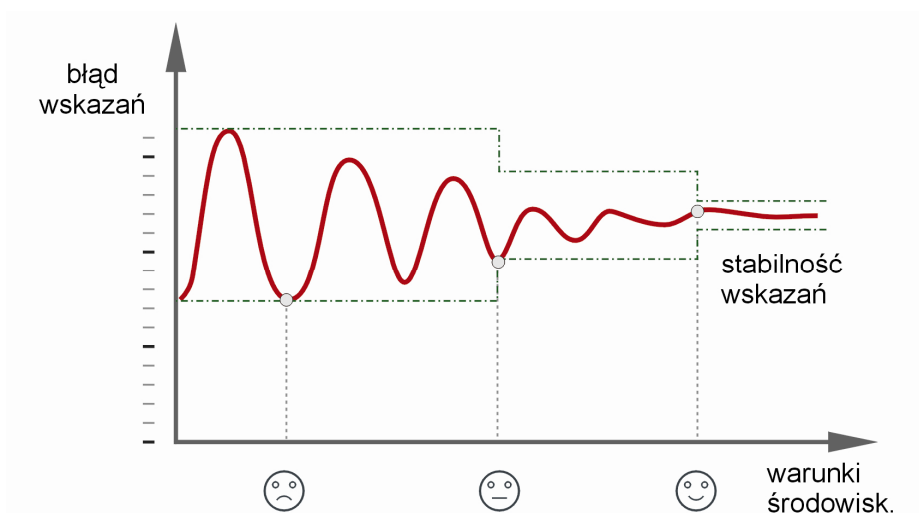
Kierownik Laboratorium Badawczego
e-mail: janas@radwag.pl



RADWAG WAGI ELEKTRONICZNE - LABORATORIUM BADAWCZE
/ KONSULTACJE I WSPARCIE TECHNICZNE /
26-600 RADOM, ul. Bracka 28
tel.(0-48) 38 48 800 wew. 536 tel./fax. (0-48) 385 00 10,
<http://www.radwag.pl>

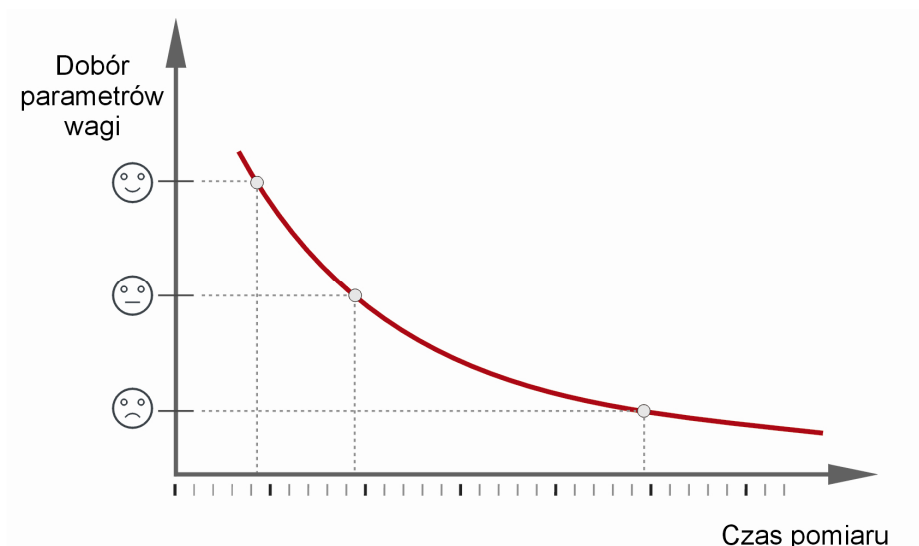
WPROWADZENIE

Systemy jakości które obecnie są powszechnie stosowane w wielu organizacjach precyzyjnie określają wymogi dla urządzeń pomiarowych oraz warunki w jakich mogą one poprawnie pracować. Ze względu na swoją specyfikę bardzo trudno jest w konkretnym systemie jakości określić wpływu zmian warunków środowiskowych na przyrządy pomiarowe. Takie zależności może określić najlepiej producent poprzez realizację serii własnych badań. Jest to szczególnie ważne dla dokładnych pomiarów masy.



Rys. 1. Wpływ warunków środowiskowych na pomiar

Z jednej strony wpływ warunków środowiskowych może mieć decydujące znaczenie na uzyskiwane wyniki niezależnie od ustawień wagi. Dopiero zmiana warunków – eliminacja szkodliwych czynników może dać pożądany efekt (stabilny pomiar i mały błąd wskazań)



Rys. 2. Wpływ parametrów wagi na czas ważenia

Z drugiej strony należy optymalnie dobrać parametry pracy wagi, co pozwoli na szybki pomiar. W praktyce nie można zupełnie oddzielić tych dwóch zagadnień od siebie. Należy podjąć działania zarówno w zakresie warunków środowiskowych (monitoring) jak i przystosowania wagi (zmiana ustawień, konsultacje z doradcami technicznymi).

Część 1. Przygotowanie wagi do pracy

Waga jako urządzenie elektroniczne wymaga wstępnego przygotowania do pracy. Wynika to z jej budowy, dokładności oraz warunków w miejscu pracy. W większości przypadków proces ten jest opisywany w dokumentacji wagi, lecz jak pokazuje praktyka nie zawsze może być realizowany ze względu na niezrozumienie problemu przez użytkownika. Przez przygotowanie do pracy należy rozumieć nie tylko załączenie wagi do sieci, ale również jej wstępną ocenę, która czasami wskazuje na konieczność zmiany pewnych ustawień.

Część 1. Przygotowanie wagi do pracy	3
1.1. Pierwsze załączenie wagi do sieci	4
1.2. Poziomowanie wagi	4
1.3. Przygotowanie wagi do ważenia – regulacja dokładności.....	5
1.4. Czas ważenia – gotowość do odczytu.....	7
1.5. Przystosowanie wagi do istniejących warunków pracy.....	8
1.6. Pomost wagowy	9
1.7. Stosowanie naczyń wagowych	9
1.8. Dodatkowe osłony szalki	9
Część 2. Miejsce pracy wagi	10
2.1. Miejsce ustawienia wagi	11
2.2. Kubatura pokoju wagowego	11
2.3. Temperatura w pokoju wagowym	11
2.4. Wilgotność w pokoju wagowym	12
2.5. Oświetlenie	13
2.6. Podmuchy powietrza.....	13
2.7. Kompatybilność elektromagnetyczna EMC	13
Część 3. Czynniki fizyczne podczas procesów ważenia	14
3.1. Temperatura w czasie analizy	15
3.2. Struktura próbki, higroskopijność.....	15
3.3. Elektrostatyka w procesie ważenia	16
3.4. Magnetyzm jako czynnik zakłócający proces ważenia	17
3.5. Gęstość powietrza atmosferycznego a dokładność wskazań wag	17
3.6. Przyspieszenie ziemskie – wpływ na procesy ważenia.	20

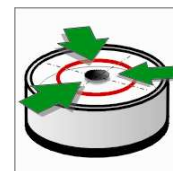
1. 1. Pierwsze załączenie wagi do sieci

Zawsze powinno się odbywać po ustawieniu wagi na miejscu pracy. Zazwyczaj po skompletowaniu wagi jest ona załączana do sieci i poddawana pierwszej ocenie. Jest to zachowanie poprawne, pozwalające ocenić czy otrzymany produkt jest zgodny z zamówieniem.

Jednakże w pewnych przypadkach należy po skompletowaniu wagi odczekać kilka godzin. Taka sytuacja występuje wówczas, gdy waga ma bardzo niską temperaturę względem pokoju wagowego np. waga na temperaturę 5°C a temperatura pokoju wynosi 22 °C. Wskutek ogrzewania może nastąpić proces skraplania się i część wilgoci znajdzie się w obrębie modułów elektronicznych lub mechanizmu wagowego. Generalnie jest to zjawisko niekorzystne dla wszystkich urządzeń elektronicznych, które czasami jest przyczyną usterek. W związku z tym należy przestrzegać czasu nagrzewania wagi oraz czasu aklimatyzacji. Jest to gwarancją poprawności działania wagi i rzetelności pomiarów.

1.2. Poziomowanie wagi

Poziomowanie wagi jest czynnością podczas której należy ustawić wagę do takiego samego poziomu jaki był podczas jest fabrycznego adiustowania. Zapewnione są w ten sposób takie same warunki sprawdzania wagi a tym samym użytkowania w różnych miejscach w zakresie poziomu. Można zatem stwierdzić, że po poprawnym wypoziomowaniu wagi ten czynnik nie ma wpływu na wynik pomiaru.



Dokładność tradycyjnych poziomniczek stosowanych w konstrukcjach wag elektronicznych jest rzędu 5' – 20'. Należy przy tym zaznaczyć, że to jaka poziomniczka będzie zastosowana w wadze wynika z jej konstrukcji mechanicznej. Stosowane badanie wpływu poziomu na wskazania wag jest realizowane zgodnie z normą PN-EN 45501 pkt. 3.9.1. „Pochylenie” na etapie certyfikacji wyrobu. Takie badanie dotyczy oczywiście wag które posiadają certyfikat zatwierdzenia typu wydany przez Jednostkę Notyfikowaną.

Innym rozwiązaniem wspomagającym proces poziomicowania są poziomniczki elektroniczne. Są to specjalistyczne układy, które znacznie dokładniej potrafią wskazać punkt zerowy, nawet z dokładnością do 0,06'. Oceniając ogólnie to zagadnienie należy stwierdzić, że dla tradycyjnych poziomniczek głównym problemem jest ich histereza, czyli brak powtarzalności przy takim samym wychyleniu układu. Dodatkowo zawsze pozostaje czynnik ludzki, czyli subiektywna ocena poprawności poziomu. Takiej wady nie posiadają poziomniczki elektroniczne, choć koszt ich adaptacji do wag jest znacznie wyższy. Zastosowanie takich układów poziomicujących stwarza dodatkowe możliwości w zakresie szybkiej informacji (alarm), wówczas, gdy poziom jest nieprawidłowy.

Podsumowując problematykę poziomicowania można stwierdzić, że brak poziomu jest niekorzystny dla wag i może przejawiać się w postaci:

- zmiany wskazania zerowego wówczas, gdy szalka nie jest obciążona (użytkownik może wyzerować ten dryft)
- błędu wskazania dla obciążenia (użytkownik nie ma wpływu na wielkość błędu)

1.3. Przygotowanie wagi do ważenia – regulacja dokładności

Obecnie przyjmuje się, waga jest gotowa do pracy natychmiast, gdy tego potrzebujemy. Takie stwierdzenie jest prawdziwe dla wag o małych dokładnościach odczytu. Natomiast dla wag

z działką elementarną rzędu 0,1mg i mniejszych dokładność wagi powinna być regulowana. Stąd też wynika powszechność procedur GLP, GMP, które

obligują użytkowników do pewnych zachowań i wykazywania poprzez obiektywny dowód, że wskazania wagi były poprawne w czasie serii ważeń. Regulacja dokładności wagi jest czynnością nieskomplikowaną zwłaszcza dla współczesnych konstrukcji wag, gdzie występuje tzw. kalibracja automatyczna.



Generalnie przyjmuje się, że przed przystąpieniem do ważenia należy w pierwszej kolejności sprawdzić czy dokładność wagi jest poprawna. Praktycznie taką ocenę wykonuje się poprzez kontrolę wskazania wagi dla wzorca o znanej masie. Powinno się wykorzystywać wzorce o masach zbliżonych do mas, które będą ważone. Praktyka pokazuje, że znaczna część użytkowników na własny sposób rozumie kontrolę dokładności wagi. Czasami wykorzystywany jest wzorzec o masie 200g a naważki są rzędu 20-50g. O takiej kontroli można powiedzieć, że na pewno się odbyła ale nie ma ona nic wspólnego z oceną dokładności wagi w stosowanym zakresie pomiarowym.

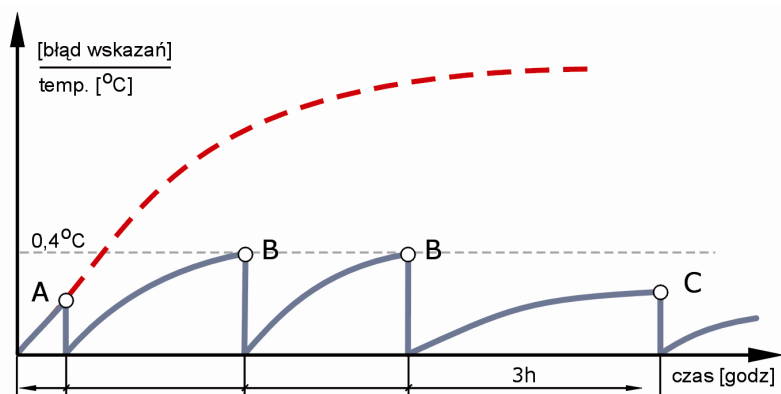
Oczywiście każda organizacja ustanawia własne kryteria sprawdzania dokładności stosowanych urządzeń, jednakże cel zawsze powinien być ten sam. Wzorce którymi dokładność jest sprawdzana MUSZĄ mieć powiązanie ze wzorcami wyższego rzędu. Jest to gwarancją poprawności ich masy a tym samym rzetelności podczas oceny dokładności wagi.

Zależnie od typu konstrukcji wagi, regulację dokładności wykonuje się:

- wzorcem zewnętrznym o odpowiedniej masie tzw. adiustacja zewnętrzna
- poprzez automatyczną adiustację wzorcem zabudowanym wewnątrz wagi tzw. adiustacja wewnętrzna.

Ogólnie adiustacja polega na porównaniu masy wzorca (wewnętrznego lub zewnętrznego) z masą, która jest podana w menu fabrycznym wagi. Wskutek tego porównania korygowana jest dokładność wagi. Dla wag wyposażonych w adiustację automatyczną można wyróżnić 3 rodzaje adiustacji:

- adiustacja inicjalizacyjna (startowa)
po włączeniu waga przeprowadzi automatycznie adiustację w celu korekcji błędów.
- adiustacja temperaturowa
przeprowadzona automatycznie po zmianie temperatury wewnątrz wagi o wartość większą niż wartość zadeklarowaną w parametrach fabrycznych wagi.
- adiustacja czasowa (z uwzględnieniem upływu czasu)
Przeprowadzana automatycznie po upływie odcinka czasowego zadeklarowanego w parametrach fabrycznych wagi. Czas mierzony jest od momentu wykonania ostatniej adiustacji.



Rys. 3. Dryft wskazania wagi zależnie od zmian temperatury np. w czasie nagrzewania własnego wagi

- A – adiustacja inicjalizacyjna (startowa)
- B – adiustacja temperaturowa
- C – adiustacja czasowa

Linia przerywana pokazuje błąd wskazań wagi w przypadku, gdy adiustacja nie zostanie wykonana. Zgodnie z zasadami Dobrej Praktyki Laboratoryjnej, regulację dokładności wskazań wagi należy przeprowadzać w pewnych odstępach czasu oraz przed rozpoczęciem pomiarów. Zasadnym jest również dokumentowanie poprawności wykonania takiej procedury.

Podsumowując problematykę regulacji dokładności należy stwierdzić, że poprzez adiustację wagi przywracamy dokładność wagi. Taka operacja eliminuje błędy pochodzące od:

- dryftów wskazania w wyniku zmian temperatury
- dryftów wskazania na skutek starzenia się układu mechanicznego i elektronicznego
- przemieszczenia wagi z jednego miejsca do drugiego miejsca, wówczas, gdy występuje zmiana przyspieszenia ziemskiego (zmian szerokości lub wysokości n.p.m)

Innym zagadnieniem jest natomiast powtarzalność wagi, która jest parametrem niezależnym od dokładności. Użytkownik nie ma wpływu na ten parametr wagi.

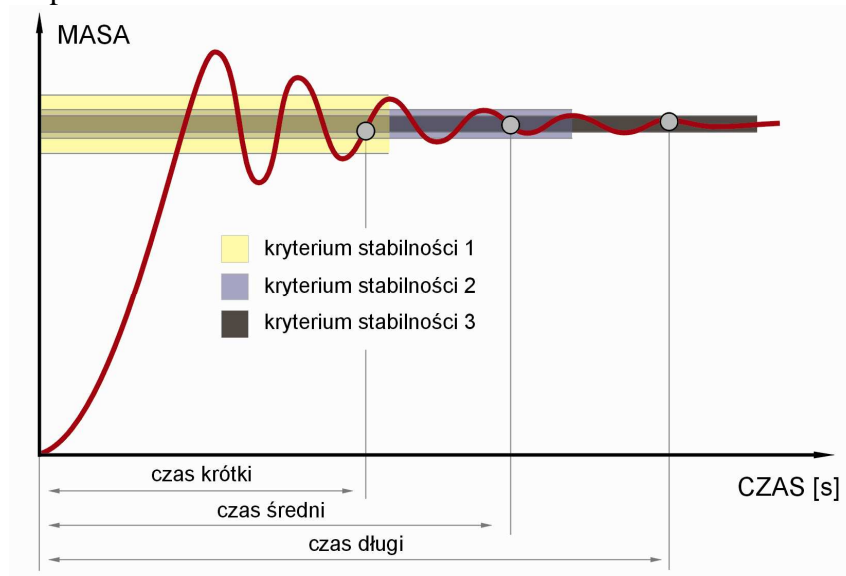
1.4. Czas ważenia – gotowość do odczytu

Szybkość ważenia ma decydujące znaczenie tam, gdzie proces ważenia jest jednym z elementów procesu produkcyjnego. Ma to wymiar ekonomiczny - „*czas to pieniądz*” zwłaszcza gdy większość organizacji to firmy prywatne, które muszą wypracowywać pewien zysk. W skali laboratorium jako jednostki badającej coś dokładnie, w pierwszej kolejności oczekiwany jest powtarzalny i rzetelny pomiar a w drugiej kolejności szybkość.

Czas ważenia to czas mierzony od momentu położenia ładunku na pomoście wagi do momentu wskazania przez wagę znaku stabilności. Wartości podawane przez wszystkich producentów definiują te czasy na poziomie kilku – kilkunastu sekund zależnie od konstrukcji i dokładności wagi.

Te wyniki są uzyskiwane w warunkach laboratoryjnych i nigdy nie uwzględniają rzeczywistych warunków w których waga jest użytkowana. Tak więc do „wyścigu” kto szybciej zważy należy podejść z pewnym dystansem.

Innym aspektem jest określenie stabilności – który wynik uznawany jest za stabilny. Zmieniając kryterium stabilności poprzez parametr „zatwierdzenie wyniku” można skracać lub wydłużać czas pomiaru.



Rys. 4. Kryterium stabilności a czas pomiaru

W obecnych konstrukcjach wag elektronicznych stosowane są dość zróżnicowane oznaczenia stabilności dla wyniku ważenia. Mogą to być oznaczenia w kształcie kółka, trójkąta lub też innego znaku, który nie może być interpretowany jako wynik ważenia.

Rzeczywisty czas pomiaru jest jednak zależny od wielu czynników takich jak podmuchy, wibracje, dryfty wywołane temperaturą itp.

Należy przy tym stwierdzić, że w większości wag laboratoryjnych użytkownik ma dość duże możliwości w zakresie optymalizacji czasu ważenia względem istniejących warunków pracy. Zmieniając ustawienia wagi można osiągnąć dłuższy lub krótszy czas ważenia w tych samych warunkach zewnętrznych. Można zatem mówić o „optymalizacji szybkości ważenia”.

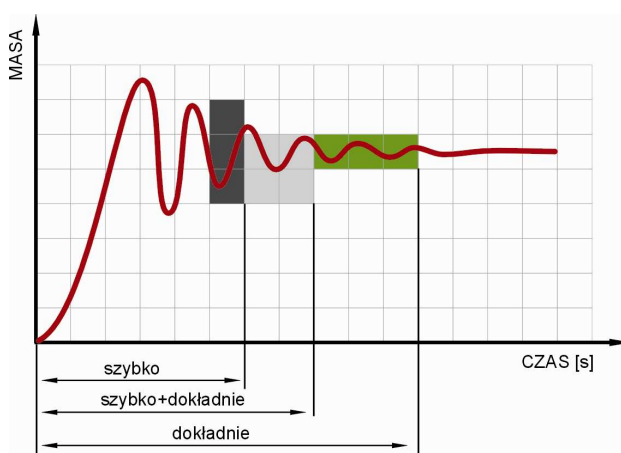
1.5. Przystosowanie wagi do istniejących warunków pracy

Każda waga opuszczająca zakład producenta jest przygotowana do pracy w pewnych domyślnych warunkach. Generalnie przyjmuje się założenie, że warunki te będą zgodne z wymaganiami producenta w zakresie temperatury, wilgotności oraz ewentualnych zakłóceń.

Jak pokazuje praktyka, takie założenie nie zawsze jest prawdziwe.

Dla większości wag elektronicznych przystosowanie wagi do warunków pracy polega na:

- wyborze innej skali dla procesów filtrowania sygnału /filtr silniejszy lub słabszy/
- wyborze innego kryterium dla określenia, kiedy wynik należy uznać za stabilny.

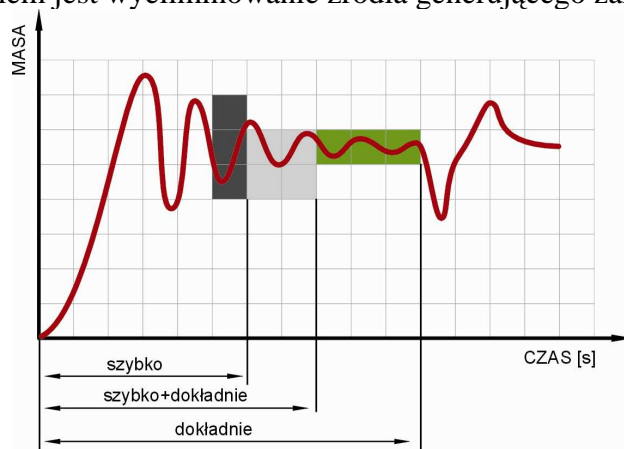


Rys. 5. Wykres stabilizacji wskazań wagi

Ze względów praktycznych stosowane jest nazewnictwo w postaci filtr szybki, średni, wolny, bardzo wolny dla określenia procesów filtrowania. Natomiast kryterium dla określenia stabilizacji wyniku jest przedstawiane jako: szybko, szybko+dokładnie i dokładnie. Można sformułować generalną zasadę:

wraz ze zwiększaniem się zakłócenia należy zwiększać wielkość filtrów

Konsekwencją takiego działania jest wydłużenie czasu pomiaru, ale czasami jest to jedyna możliwość dla osiągnięcia poprawnego wyniku pomiaru. Ponad wszelką wątpliwość najlepszym rozwiązaniem jest wyeliminowanie źródła generującego zakłócenie.



Rys. 6. Wykres stabilizacji wskazań wagi, gdy występuje zakłócenie

1.6. Pomost wagowy

Powinien być tak dobrany, żeby ważony ładunek nie wystawał poza jego obszar. Wszelkie obiekty wystające poza obrys szalki mogą powodować zakłócenia w procesie ważenia. Jest to związane z dryftem powietrza w komorze wagowej lub wokół wagi.

Ważone ładunki, opakowania należy umieszczać zawsze na środku szalki. Dzięki temu unikniemy błędów, które mogą wynikać z braku centryczności wagi. Oceniając wielkość tego błędu można użyć obciążenia o wartości $\frac{1}{3}$ Max i takie obciążenie stawiać na $\frac{1}{2}$ powierzchni pomostu (zgodnie z normą PN-EN 45501 pkt. A.4.7. Próby przy niecentrycznym obciążeniu.

1.7. Stosowanie naczyń wagowych

Podczas stosowania naczyń wagowych należy zwracać uwagę na poniższe zależności, które mogą zdecydować o poprawności wykonanej analizy:

wielkość naczynia

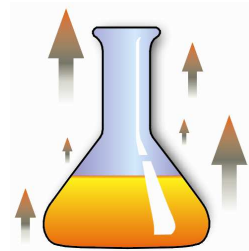
zawsze należy używać naczyń wagowych dostosowanych wielkością do próbki, która będzie w nim ważona.

materiał naczynia

podczas stosowania naczyń z tworzyw sztucznych należy zwracać uwagę na zjawisko elektrostatyki. Może ono wystąpić przy niskich wilgotnościach rzędu 25-30%. Wyniki ważenia będą wówczas obarczone znacznym błędem lub wskazania wagi będą niestabilne.

temperatura naczynia

powinna być taka sama jak temperatura próbki, która będzie w nim umieszczona. Niedotrzymanie tego warunku może skutkować powstawaniem dryftów powietrza – rezultat ważenia może nie być poprawny. Jest to szczególnie istotne dla pomiarów wykonywanych z dużą dokładnością 0,1mg i większą. Ta sama próbka poddana analizie w naczyniu zimnym a następnie ogrzanym będzie wykazywać różne masy.



1.8. Dodatkowe osłony szalki

Przeznaczone są do izolowania pomostu wagowego od podmuchów powietrza. Można wyróżnić:

- osłony nakładane na konstrukcje wagi,
- zabezpieczenie z 4 stron oraz tzw. szafki przeciwpodmuchowe.

Pierwsze rozwiązanie stosowane jest dla wag, które posiadają działkę elementarną 1mg. Drugie dla wag z działką elementarną co najmniej 0,1mg (wagi analityczne, mikrowagi). Podczas użytkowania wagi z szafka przeciwpodmuchową należy unikać wkładania dłoni do jej wnętrza. Powoduje to wzrost temperatury, co nie sprzyja uzyskiwaniu powtarzalnych pomiarów. Należy otwierać szafkę tylko wówczas, gdy jest to konieczne – stabilizacja temperaturowa wnętrza szafki. Po kilku godzinach ciągłej pracy temperatura wnętrza wagi analitycznej rośnie (1-2°C) w wyniku ciepła wypromieniowanego od osoby przy niej pracującej.

Część 2. Miejsce pracy wagi

Uzyskiwanie powtarzalności w serii pomiarów jest uzależnione nie tylko od parametrów wagi, ale również od warunków w jakich ona pracuje. Jak pokazują badania i własne doświadczenia optymalizacja miejsca pracy jest pierwszym krokiem na drodze do otrzymywania rzetelnych i prawdziwych pomiarów.

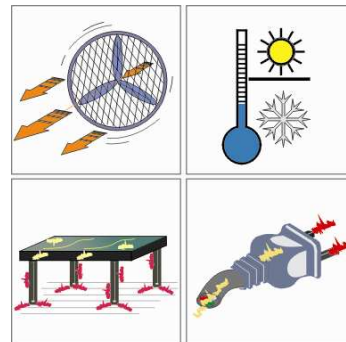
SPIS TREŚCI

2.1. Miejsce ustawienia wagi	11
2.2. Kubatura pokoju wagowego	11
2.3. Temperatura w pokoju wagowym	11
2.4. Wilgotność w pokoju wagowym	12
2.5. Oświetlenie	13
2.6. Podmuchy powietrza.....	13
2.7. Kompatybilność elektromagnetyczna EMC	13

2.1. Miejsce ustawienia wagi

Powinno być stabilne pod względem wibracji oraz wstrząsów. Jeżeli takie czynniki występują powinny być skutecznie eliminowane przez podłoże na którym stoi waga np. stół antywibracyjny. Stół oraz podłoże na którym on stoi nie powinno się ugiąć pod wpływem przemieszczających się osób jak i umieszczanych próbek.

Niedopuszczalne jest występowanie elementów magnetycznych, które mogą zaburzać proces ważenia. Elektryczność statyczna nie powinna występować, ponieważ ma znaczący wpływ przy dokładnych pomiarach masy. Stanowisko wagowe nie powinno być narażone na podmuchy. Sieć zasilająca powinna być stabilna i wolna od zakłóceń



2.2. Kubatura pokoju wagowego

Przy wyborze miejsca instalacji wagi należy uwzględnić kubaturę pomieszczenia oraz ilość osób, które będą jednocześnie tam przebywać. Taka ocena jest konieczna ze względu na stabilizację termiczną pomieszczenia.

Zbyt małe pomieszczenie będzie szybko nagrzewane przez osoby tam przebywające, co przekłada się na występowanie dynamicznego błędu temperaturowego. Z drugiej strony utrzymanie stabilnej temperatury w takim pomieszczeniu wymaga praktycznie ciągłej pracy klimatyzacji, która jest źródłem podmuchów. Nie bez znaczenia jest również aspekt ekonomiczny – ciągła praca urządzeń odpowiedzialnych za mikroklimat. Należy więc ocenić zmiany temperatury w ciągu dnia pracy w ramach monitoringu i być może ograniczyć ilość osób jednocześnie tam pracujących.

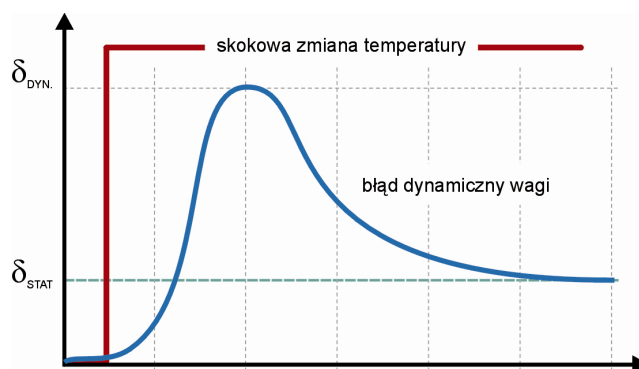
2.3. Temperatura w pokoju wagowym

Jest to jeden z ważniejszych czynników w procesie ważenia. Temperatura pokoju wagowego powinna być utrzymywana na stałym poziomie w zakresie podanym w instrukcji obsługi. Dyskusyjną kwestią jest termin „stały poziom”. Inaczej jest one definiowany dla wag z działką elementarną 100mg a inaczej dla wag z $d=0,01\text{mg}$. Przyjmuje się, że temperatura jest uznawana za stabilną, wówczas, gdy jej zmiany są nie większe niż $0,5^{\circ}\text{C}/\text{godz}$.

Problem stabilności temperatury jest szczególnie ważny dla wag, których dokładność jest ustalana wzorcem zewnętrznym – wagi z adiustacją zewnętrzną. Jeżeli warunki otoczenia ulegną zmianie, należy ponownie ustalić dokładność wagi.

Dla wag wyposażonych w system automatycznej adiustacji proces odnawiania dokładności wagi przebiega samoczynnie z uwzględnieniem zmian temperatury oraz upływu czasu. Takie rozwiązanie jest powszechnie stosowane w wagach produkcji RADWAG.

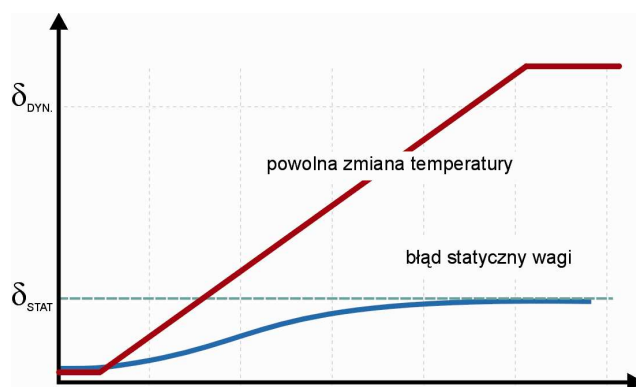
Efekt dynamicznej zmiany temperatury w pokoju wagowym jest temperaturowy dynamiczny błąd wagi. W praktyce nastąpi pogorszenie się parametrów wagi takich jak powtarzalność oraz liniowość.



Rys. 7. Błąd dynamiczny temperaturowy

Zjawisko dynamicznego błędu temperaturowego jest szczególnie groźne w przypadku wag dla których dokładność jest ustalana wzorcem zewnętrznym. Takie wagi zazwyczaj nie są wyposażone w urządzenia sygnalizujące zmianę temperatury.

W przypadku powolnych zmian temperatury, waga będzie się nagrzewała wraz z pokojem wagowym. Taki proces nie jest źródłem błędów ze względu na małą dynamikę oraz współczynniki kompensujące błędy statyczne. Proces wyznaczania tych współczynników jest realizowany w czasie produkcji wag i dotyczy stanów statycznych.



Rys. 8. Błąd statyczny temperaturowy

2.4. Wilgotność w pokoju wagowym

Powinna się zawierać w granicach od 40% do 60%. Nie powinno się użytkować wagi poniżej 30% oraz powyżej 80% wilgotności względnej. Zbyt wysoka wilgotność to dyskomfort pracy oraz możliwość absorbowania wilgoci przez analizowane próbki.

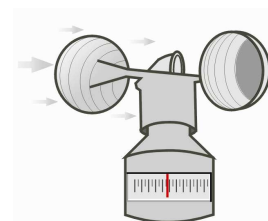
Zbyt niskie wilgotności sprzyjają powstawaniu ładunków elektrostatycznych, które mogą mieć wpływ na dokładność ważenia oraz stabilność wagi. Mówi się wówczas o elektryczności statycznej, która, jest definiowana jako zespół zjawisk towarzyszących pojawieniu się niezrównoważonego ładunku elektrycznego na materiałach o małej przewodności elektrycznej (tworzywa sztuczne, szkło).

2.5. Oświetlenie

Oświetlenie powinno zapewniać poprawność odczytu pomimo powszechnie stosowanych układów podświetlających w konstrukcjach wyświetlaczy. Należy się wystrzegać umieszczania wag przy oknach (pomimo dobrego oświetlenia) oraz tuż przy źródłach światła ze względu na wpływ temperatury.

2.6. Podmuchy powietrza

Widocznym efektem ich działania jest niestabilność wskazań oraz zbyt długi czas ważenia. Stanowisko dla wagi nie powinno być zlokalizowane tuż przy drzwiach oraz otworach okiennych. Należy unikać również bliskości urządzeń oraz miejsc generujących podmuchy takich jak klimatyzacja, wentylatory, ciągi komunikacyjne.

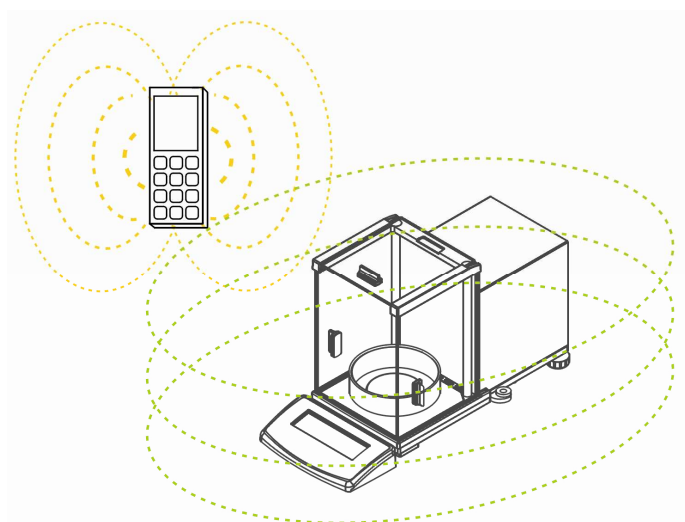


2.7. Kompatybilność elektromagnetyczna EMC

Pojęcie kompatybilności elektromagnetycznej odnosi się do urządzeń, które są użytkowane w miejscu pracy. Urządzenie jest kompatybilne wówczas, gdy:

- emituje zaburzenia elektromagnetyczne w stopniu nie zakłócającym pracy innych urządzeń oraz
- nie jest zakłócanie zaburzeniami emitowanymi przez inne urządzenia.

W świetle powyższego można mówić również o środowisku kontrolowanym pod względem elektromagnetycznym. Praktycznie użytkownik nie ma wpływu na kompatybilność stosowanych urządzeń, ponieważ opiera się on na deklaracjach producenta w tym zakresie.



Rys. 9. Kompatybilność urządzeń elektronicznych

W przypadku wag legalizowanych deklarowanie zgodności w zakresie EMC tylko i wyłącznie zgodnie z normą PN-EN 45501 jest niewystarczające. Norma ta obejmuje tylko badanie odporności wag, nie obejmuje badania emisji. W związku z tym należy wykonywać dodatkowe badania potwierdzające w PEŁNI, że waga jest kompatybilna np. zgodnie z normą PN-EN 61326-1.

Część 3. Czynniki fizyczne podczas procesów ważenia

Czynniki fizyczne oddziałują zarówno na wagę jak i na obiekt, który jest ważony. Oceniając całościowo proces ważenia należy je rozróżnić i potrafić zdiagnozować, który z nich ma decydujące znaczenie dla poprawności analizy. Czy należy skoncentrować się na powiązaniu:

- waga – czynnik zewnętrzny, czy też
- próbka – czynnik zewnętrzny?

SPIS TREŚCI

3.1. Temperatura w czasie analizy	15
3.2. Struktura próbki, higroskopijność.....	15
3.3. Elektrostatyka w procesie ważenia	16
3.4. Magnetyzm jako czynnik zakłócający proces ważenia.....	17
3.5. Gęstość powietrza atmosferycznego a dokładność wskazań wag	17
3.6. Przyspieszenie ziemskie – wpływ na procesy ważenia.	20

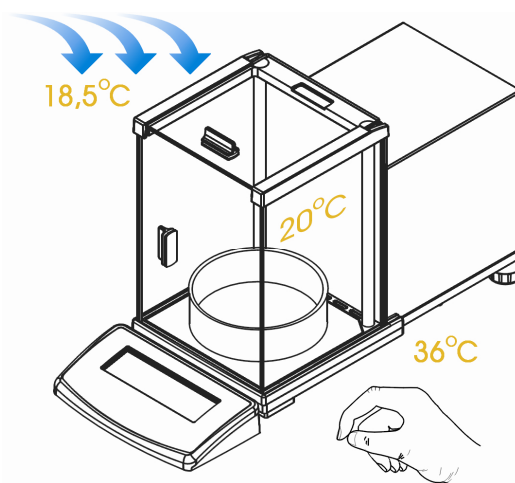
3.1. Temperatura w czasie analizy

Przed rozpoczęciem analizy w czasie jej wykonywania oraz po jej zakończeniu temperatura powinna być stabilna.

Czasami pomimo stabilnej temperatury waga wykazuje dryft wskazania. Może on wynikać z braku stabilności termicznej wagi, która została załączona do sieci tuż przed pomiarami. Oceniając wpływ temperatury na próbkę czy też naczynie wagowe należy zaznaczyć, że znacząco różna temperatura próbki, naczyń wagowych względem temperatury otoczenia przyczynia się do powstawania dryftów powietrza.

Jak powszechnie wiadomo jest to czynnik zakłócający. W efekcie otrzymujemy wynik mniejszy lub większy zależnie od kierunku dryftu. Z powyższych stwierdzeń wynikają praktyczne aspekty dla procesów ważenia:

- nie należy ważyć próbek bezpośrednio po wyjęciu z suszarki
- próbki należy aklimatyzować przed wykonaniem analizy
- nie należy wkładać rąk do wnętrza komory ważenia (zmiana temperatury komory ważenia)
- próbki należy ujmować za pomocą pincety lub innych uchwytów (zmiana temperatury próbki)



Rys. 10. Temperatura w czasie analizy

3.2. Struktura próbki, higroskopijność

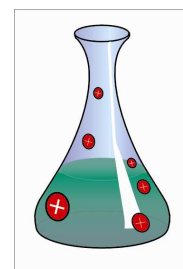
Na wynik ważenia, jaki osiągamy w czasie analizy ma wpływ szereg czynników związanych z wagą oraz ze środowiskiem pracy. Należy jednakże uwzględniać również zachowanie się próbki, gdy jest ona ważona. Dla próbek w postaci cieczy może występować zjawisko parowania. Otrzymamy wówczas dryft wskazania w postaci ciągłego ubytku masy. Może on być maskowany przez układy filtrujące w wadze. Dla takich próbek należy używać naczyń wagowych w postaci kolb o wąskich szyjkach lub też naczyń z przykrywkami. Jeżeli oceniamy nie masę próbki, ale szybkość parowania należy zmienić ustawienia wagi w zakresie filtrów, co pozwoli poprawnie wyznaczyć ten parametr.

Zjawiskiem odwrotnym dla parowania może być zjawisko absorpcji wilgoci z otoczenia. Jest to ważne podczas analiz próbek higroskopijnych. Efektem tego zjawiska będą rozbieżności w wyznaczeniu masy, która będzie się zwiększała przy każdym kolejnym pomiarze. Naczynia wagowe dla takich próbek zawsze powinny być suche oraz czyste. Najprostszym sposobem wyeliminowania zjawiska absorpcji jest stosowanie szczelnych naczyń.

3.3. Elektrostatyka w procesie ważenia

Ocena zjawisk związanych z elektrostatyką jest dość kłopotliwa z tego względu, że należy oceniać coś czego nie widać. Widoczny jest skutek występowania zjawiska a nie ono samo. Ładunki elektrostatyczne mogą powstawać na wskutek:

- przejmowania nie skompensowanego ładunku z powietrza (jony dodatnie lub ujemne),
- poprzez potarcie dwóch nie przewodzących materiałów o siebie,
- dotknięcie ręką
- niskiej wilgotności w pomieszczeniu wagowym



Zgodnie z prawem Coulomba siła wzajemnego oddziaływania dwóch punktowych ładunków elektrycznych jest wprost proporcjonalna do iloczynu tych ładunków i odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między nimi. Praktycznie może to powodować reakcję pomiędzy ważoną próbką a elementami komory ważenia.

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \quad \text{gdzie:} \quad [1]$$

F – siła wzajemnego oddziaływania dwóch punktowych ładunków elektrycznych,

k – współczynnik proporcjonalności

q₁ q₂ – punktowe ładunki elektryczne

r² – odległość pomiędzy ładunkami

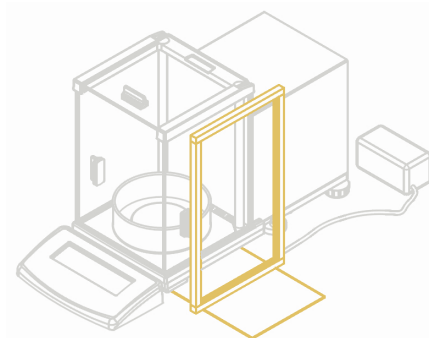
Widocznym efektem występowania elektrostatyki jest:

- powolny dryft wyniku ważenia,
- znaczne rozrzuty występujące w serii ważeń oraz
- brak powrotu do wskazania zerowego po zdjęciu obciążenia.

Ponieważ niemożliwe jest usunięcie przyczyny, stosuje się działania eliminujące lub kompensujące niepożądane ładunki elektrostatyczne.

Jedną z metod eliminującą w pewnym zakresie wpływ elektrostatyki na wynik pomiaru jest zapewnienie odpowiedniej wilgotności powietrza. Zaleca się utrzymywanie wilgotności względnej w pomieszczeniu w granicach 40 do 60%. Są jednak przypadki, kiedy zapewnienie takiej wilgotności jest niemożliwe a nawet niewskazane. W takim przypadku rozwiązaniem jest zastosowanie jonizatora – ramki jonizującej

Urządzenie to generuje jony tzw. aerojony, których ładunek elektryczny jest przeciwnego znaku względem ładunku, który chcemy usunąć. Działanie jonizatora polega na kompensacji ładunków znajdujących się na ręku operatora oraz wewnątrz komory ważenia podczas otwierania szafki. W warunkach równowagi tempo jonizacji jest równe tempu rekombinacji, co powoduje utrzymywanie się stałego stopnia jonizacji danego ośrodka. Dodatkowo stosuje się również maty, folie antystatyczne oraz odpowiednie uniformy dla użytkowników.



Rys. 11. Ramka jonizująca dla wagi analitycznej (wyposażenie opcjonalne)

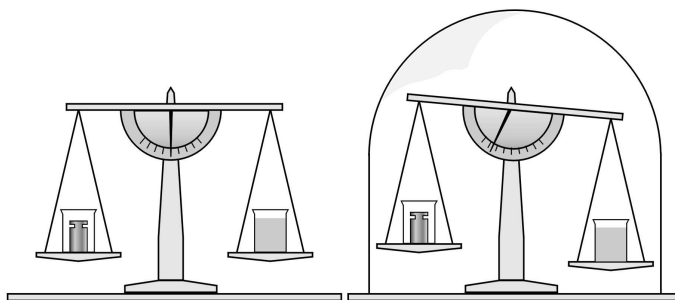
3.4. Magnetyzm jako czynnik zakłócający proces ważenia

Większość układów pomiarowych wag o dużych dokładnościach ważenia wykorzystuje do określania masy systemy magnetoelektryczne, których główną częścią jest siłownik z magnesem. Podczas ważenia ładunków magnetycznych istnieje niebezpieczeństwo zakłócenia pola magnetycznego siłownika lub oddziaływania siłownika zainstalowanego w wadze na ważoną próbkę. Efektem tego może być błędne wskazanie dla ważonej próbki.

Rozwiązaniem tego problemu jest usunięcie próbki magnetycznej z obszaru wagi np. poprzez podwieszenie lub zwiększenie odległości próbki od szalki. Służą do tego celu różnego rodzaju stelaże, uchwyty np. z aluminium.

3.5. Gęstość powietrza atmosferycznego a dokładność wskazań wag

Podczas bardzo dokładnych pomiarów należy uwzględnić gęstość powietrza. Jak dowiedziono doświadczalnie określanie masy tego samego ciężaru w próżni oraz w powietrzu daje różne wyniki. Dla umieszczonego na wadze dzwigniowej wzorca 100g wykonanego ze stali oraz cieczy, która równoważy ten ciężar otrzymujemy położenie równowagi. Jeżeli oba te objekty umieścimy w próżni, to okaże się, masa wody jest większa od masy wzorca.



Rys. 12. Gęstość powietrza

Jest to potwierdzeniem prawdziwości prawa Archimedesesa, które brzmi:

„Na ciało zanurzone w cieczy lub gazie działa pionowa, skierowana ku górze siła wyporu. Wartość siły jest równa ciężarowi wypartego płynu”

W związku z powyższym dla bardzo dokładnych analiz należy kontrolować gęstość powietrza, która jest zależna od wilgotności, temperatury oraz ciśnienia. Przyjmuje się, że na poziomie morza w temperaturze 20°C powietrze suche ma gęstość około 1,2 kg/m³

Gęstość powietrza a wilgotność

Wilgotne powietrze ma mniejszą gęstość, niż suche. Tłumaczy to prawo natury włoskiego fizyka Amadeo Avogadro. Prawo to mówi, że przy tej samej temperaturze i ciśnieniu w tej samej objętości (np. 1m³), zawsze jest ta sama liczba cząsteczek gazowych. Jeżeli we wspomnianym 1m³ będą wymieniane cząsteczki gazu cięższego na lżejsze, to gęstość w tej objętości zmaleje.

Takie zjawisko występuje kiedy para wodna będzie dostawać się do suchego powietrza. Powietrze składa się głównie z azotu (dwa atomy N₂ z masą atomową po 14, czyli 28) i tlenu (dwa atomy O₂ z masą atomową po 16, czyli 32). Masa atomowa powietrza suchego wynosi więc 28+32=60. Natomiast masa atomowa cząsteczki wody wynosi 18 (dwa wodory z masą atomową po 1 i jeden tlen 16).

Wilgotność ma stosunkowo mały wpływ na gęstość powietrza w porównaniu z wpływem temperatury i ciśnienia.

Gęstość powietrza a temperatura

Cząsteczki azotu, tlenu i innych gazów (składniki powietrza) poruszając się zderzają się ze sobą i z otoczeniem. Im wyższa jest temperatura, tym szybciej poruszają się cząsteczki. Zatem kiedy powietrze jest podgrzewane, molekuly przyspieszają, a to oznacza, że ich zderzenia są coraz silniejsze. Jeśli ogrzane powietrze jest otoczone tylko powietrzem (o innej temperaturze) będzie ono odpychało powietrze otaczające je. Podobny proces zachodzi w atmosferze - gęstość powietrza zmniejsza się kiedy jego temperatura rośnie (jest ono ogrzewane).

Gęstość powietrza a ciśnienie

Ciśnienie ma odwrotny wpływ na gęstość powietrza niż temperatura. Wraz ze wzrostem ciśnienia wzrasta gęstość. Układy ciśnienia mają także wpływ na gęstość powietrza, ale nie tak znaczący jak wysokość.

Można zauważyć, że gęstość powietrza jest najniższa na dużej wysokości w upalny dzień, kiedy ciśnienie atmosferyczne jest niskie, zaś najwyższa na małej wysokości, przy wysokim ciśnieniu i niskiej temperaturze (słoneczny, ale mroźny dzień).

Wielkość błędów wynikających ze zmian gęstości powietrza jest silnie zależna od gęstości ważonej próbki. Dla próbek o małych gęstościach rzędu 500 – 4000 kg/m³ błąd wynikający ze zmian gęstości powietrza jest znaczny. Jego wielkość jest zależna również od masy próbki.

Wyliczenie gęstości powietrza:

$$\rho_a = \frac{0,348444 \cdot p - h \cdot (0,00252 \cdot t - 0,020582)}{273,15 + t} \quad \text{gdzie:} \quad [2]$$

ρ_a – gęstość powietrza [kg/m³]
 p – ciśnienie atmosferyczne [hPa]
 h – wilgotność powietrza [%]
 t – temperatura powietrza [°C]

Wyliczenie poprawnej masy [**m**] skorygowanej o wypór powietrza

$$m = \frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_c}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho}} \cdot w \quad \text{gdzie:} \quad [3]$$

m – masa próbki
 ρ_a – gęstość powietrza [kg/m³]
 ρ_c – gęstość wzorca jakim była ustalana dokładność wagi [8000kg/m³]
 ρ – gęstość próbki, która jest ważona [kg/m³]
 w – wynik ważenia

Przykład:

Ciśnienie powietrza 996hPa, wilgotność 45%, temperatura 25°C, próbka typu korek o gęstości 240kg/m³ o masie 5g

Wyliczenie gęstości powietrza:

$$\rho_a = \frac{0,348444 \cdot 996 - 45 \cdot (0,00252 \cdot 25 - 0,020582)}{273,15 + 25} = 1,1576 \text{ kg / m}^3$$

Wyliczenie rzeczywistej masy próbki:

$$m = \frac{1 - \frac{1,1576 \text{ kg/m}^3}{8000 \text{ kg/m}^3}}{1 - \frac{1,1576 \text{ kg/m}^3}{240 \text{ kg/m}^3}} \cdot 5 \text{ g} = 5,023506$$

W rzeczywistości wszelkie pomiary, które są codziennie wykonywane przez setki laborantów raczej nie uwzględniają powyższych zależności. Dla określenia poprawnej masy analizowanej próbki należy znać:

- gęstość próbki oraz
- gęstość powietrza

a następnie wyliczyć poprawkę. Określenie gęstości próbki z odpowiednią dokładnością jest tu pierwszym podstawowym problemem. Z tego też powodu określenie rzeczywistych mas ma zastosowanie w pracach badawczych. Wsparciem może być funkcja korekcji wyporu powietrza dostępna w niektórych modelach wag.

Dzięki tej funkcji można wyliczyć gęstość powietrza. Procedura jest dość prosta: należy zważyć wzorec stalowy o masie 100g a następnie wzorec aluminiowy o masie 100g. Ponieważ, gęstość wzorca stalowego wynosi 8000kg/m³ a wzorca aluminiowego 2400kg/m³ siła wyporu powietrza jest różna dla każdego z nich. Pozwala to wyznaczyć gęstość powietrza, która jest potrzebna dla wyznaczenia rzeczywistej masy próbki.

3.6. Przyspieszenie ziemskie – wpływ na procesy ważenia.

Obok niezaprzeczalnych zalet współczesnych wag elektronicznych takich jak wygoda użytkowania, szybkość ważenia, ergonomiczność, jest też istotny czynnik negatywny, który jest niedoceniany a wręcz czasami pomijany. Tym czynnikiem jest przyspieszenie ziemskie, które może powodować zmianę dokładności wag elektronicznych. Oczywiście problem ten nie dotyczy wszystkich wag i jest związany zarówno z konstrukcją wagi jak i z jej rozdzielczością. Szczegółowa analiza problemu została omówiona w publikacji WELMEC 2. – Gravity zones 3.3. co podkreśla znaczenie tego problemu.

Jak pokazuje praktyka nie wszyscy użytkownicy oraz producenci wag zdają sobie sprawę z błędów, jakie mogą wystąpić. Wartość przyspieszenia ziemskiego jest zależna od zmian:

- szerokości geograficznej oraz
- wysokości nad poziomem morza, co dodatkowo komplikuje w pewnym stopniu to zagadnienie zarówno dla użytkowników jak i producentów wag.

Wyskalowanie wag elektronicznych w jednostkach masy wymaga uwzględnienia wartości przyspieszenia ziemskiego „g” występującego w miejscu adiustacji. Natomiast przemieszczenie wagi z miejsca adiustacji do miejsca użytkowania wymaga uwzględnienia zmian dokładności wagi na skutek zmian wartości przyspieszenia ziemskiego.

Taką korektę można realizować na różne sposoby zależnie od możliwości funkcjonalnych wagi. Zaniechanie takiej procedury wiąże z występowaniem błędów w ważeniu. Żeby uświadomić sobie skalę problemu należy wykonać praktyczne obliczenia zmian wielkości przyspieszenia ziemskiego biorąc pod uwagę wpływ szerokości geograficznej oraz maksymalnej wysokości nad poziom morza a następnie odnieść je do błędów, jakie powstaną w wadze. Dokładną procedurę postępowania w tym zakresie zawiera Dyrektywa 90/384/EEC. Wzór dla wyliczania wartości przyspieszenia ziemskiego z uwzględnieniem szer. geograf. i wysokości n.p.m:

$$g = 9,780318 \{1 + 5,3024 \cdot 10^{-3} \sin^2 \varphi - 5,8 \cdot 10^{-6} \sin^2(2\varphi)\} - 3,085 \cdot 10^{-6} \cdot a \text{ [m s}^{-2}\text{]} \quad [4]$$

gdzie:

- g* - wartość przyspieszenia ziemskiego
- φ* - szerokość geograficzna [°]
- a* - położenie nad poziomem morza [m]

Zgodnie z Dyrektywą 90/384/EEC błędy, jakie mogą być efektem zmian szerokości geograficznej nie mogą być większe niż 1/3 Błędów Granicznych Dopuszczalnych, co obrazuje poniższa zależność.

$$\frac{n(\Delta g \varphi + \Delta g a)}{g_R} \leq \frac{\text{BGD}}{3e} \quad [5]$$

gdzie:

n - ilość działek legalizacyjnych wagi

Δg_φ - odchylenie wynikające ze zmian szerokości geograficznej

Δg_a - odchylenie wynikające ze zmian wysokości n.p.m.

g_R - wartość nominalna przyspieszenia ziemskiego dla wybranej strefy

BGD - błąd graniczny dopuszczalny

Uwzględniając powyższy warunek dowolny obszar można podzielić na strefy grawitacyjne w taki sposób, żeby:

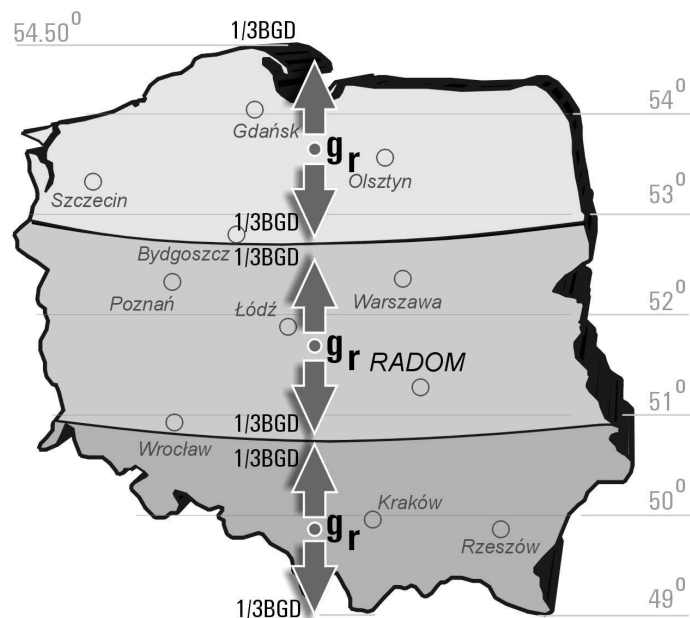
- różnice przyspieszenia ziemskiego występujące pomiędzy dowolnymi miejscami użytkowania przyrządu u obrębie danej strefy a
- wartością nominalną przyspieszenia ziemskiego [g_r] dla danej strefy

nie powodowały wystąpienia błędu większego niż $1/3\text{BGD}$.

Ilość stref grawitacyjnych jest oczywiście zależna od rozdzielczości wagi – im dokładniejsza waga tym więcej stref jest wymaganych.

Dla wag klasy dokładności III wystarczający jest podział Polski na 3 strefy grawitacyjne. Dla wag klasy dokładności II należałoby wprowadzić znacznie więcej stref, ale w zasadzie jest to pozbawione sensu, zwłaszcza, że w obrębie strefy należy rozpatrywać zmianę nie tylko szerokości geograficznej, lecz również wysokości n.p.m.

Poza tym niedokładność wskazania miejsca użytkowania pod względem szerokości geograficznej i wysokości n.p.m. może powodować wyliczenie błędnego współczynnika korygującego. W efekcie klient otrzyma wagę obciążoną błędem wskazań. Należy przy tym zaznaczyć, że BGD dla wag klasy II nie jest zbyt duży, więc o pomyłkę nietrudno. Z tego też powodu jest to rozwiązanie niestosowane.



Rys. 13. Podział Polski na strefy grawitacyjne

Wielkości błędów jakie mogą być efektem zmian wartości „g” są uzależnione od rozdzielczości wag, czyli ilości działek legalizacyjnych (n). Nie bez znaczenia jest również wielkość przemieszczenia uwzględniając:

- zmianę szerokości
- zmianę wysokości nad poziom morza

Dla potrzeb obliczeń przyjęto założenie, że waga była adiustowana w Krakowie a następnie przemieszczona do Gdańska, gdzie po instalacji nie wykonano adiustacji.

1. Położenie Krakowa: 50° szerokości geograficznej, 250m.n.p.m

2. Położenie Gdańska 54° szerokości geograficznej, 10m.n.p.m

Parametry techniczne wagi:

- Obciążenie maksymalne 220g
- Działka elementarna d=0,1mg
- Działka legalizacyjna e=1

Max	d	e	Błąd Gr. Dopuszcz. PN-EN 45501	Dopuszczalny błąd od zmian „g”	Błąd spowodowany zmianą „g”		Suma błędów
					Szer. geogr.	Wys. n.p.m.	
			[MPe]	[MPe] / 3	[E]	[E]	[E]
220 g	0,1mg	1mg	1,5mg	0,5mg	+79 mg	+16 mg	95mg

Jak widać błędy wagi znacznie przekraczają wartości dopuszczalne. Stąd wynika praktyczny wniosek, że adiustacja po przemieszczeniu wagi jest koniecznością. Podobne zależności dotyczą również innych wag klasy dokładności II oraz III.

Korekta błędów wynikających z przemieszczenia wagi

Jednym ze skutecznych sposobów eliminacji tych błędów jest adiustacja wagi w miejscu jej ustawienia. Dla wag klasy dokładności I oraz większości wag klasy dokładności II, problem uodpornienia wagi na wpływ zmiany „g” rozwiązuje się poprzez wprowadzenie automatycznej adiustacji wewnętrznej, odważnikiem zabudowanym wewnątrz wagi. Dodatkowo system ten eliminuje błędy temperaturowe, dzięki ciągłemu pomiarowi temperatury pracy wagi i wykrywaniu istotnych dla jej pracy zmian tzw. adiustacja temperaturowa.

Jednakże istnieją na rynku wagi klasy dokładności II, dla których realizuje się tzw. **dwuetapowe deklarowanie zgodności**. Procedura taka polega na wykonaniu adiustacji wzorcem zewnętrznym w miejscu instalacji wagi eliminując tym samym błąd wynikający ze zmian wartości przyspieszenia ziemskiego.

Taką procedurę można realizować również dla wag klasy dokładności III, jeżeli uznana ona będzie za zasadną. Innym akceptowanym sposobem korekty błędów pochodzących od zmian „g” jest wprowadzenie w momencie produkcji przez producenta odpowiedniej poprawki uwzględniającej różnicę między miejscem produkcji a rzeczywistym miejscem pracy wagi. Z punktu widzenia ekonomii jest to słuszne rozwiązanie, ale wymaga precyzyjnego określenia miejsca pracy wagi względem miejsca pierwszej adiustacji i może być stosowane praktycznie tylko w wagach o rozdzielczości mniejszej niż 5000e.

Literatura

- [1] Zagadnienia metrologiczne wag nieautomatycznych – norma PN-EN 45501
- [2] WELMEC 2. – Gravity zones 3.3
- [3] Wyposażenie elektryczne do pomiarów, sterowania i użytku w laboratoriach. Wymagania dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) – PN-EN 61326

Wykaz rysunków

- Rys. 1. Wpływ warunków środowiskowych na pomiar, str. 2
- Rys. 2. Wpływ parametrów wagi na czas ważenia, str. 2
- Rys. 3. Dryft wskazania wagi zależnie od zmian temperatury np. w czasie nagrzewania własnego wagi, str. 6
- Rys. 4. Kryterium stabilności a czas pomiaru, str. 7
- Rys. 5. Wykres stabilizacji wskazań wagi, str. 8
- Rys. 6. Wykres stabilizacji wskazań wagi, gdy występuje zakłócenie, str. 8
- Rys. 7. Błąd dynamiczny temperaturowy, str. 12
- Rys. 8. Błąd statyczny temperaturowy, str. 12
- Rys. 9. Kompatybilność urządzeń elektronicznych, str. 13
- Rys. 10. Temperatura w czasie analizy, str. 15
- Rys. 11. Ramka jonizująca w konstrukcji wagi, str. 16
- Rys. 12. Gęstość powietrza, str. 17
- Rys. 13. Podział Polski na strefy grawitacyjne, str. 21

Wykaz przywołanych wzorów

- [1] Prawo Coulomba, str. 16
- [2] Gęstość powietrza, str. 18
- [3] Obliczenie rzeczywistej masy, str. 18
- [4] Przyspieszenie ziemskie -wg. Dyrektywy 90/384/EEC, str. 20
- [5] Warunek dla max. błędu pochodzącego od zmian przyspieszenia ziemskiego - wg. Dyrektywy 90/384/EEC/ str. 20