

## Dokładnie, czyli jak?

### Accurately, which is how?

Aleksandra Gadomska (Główny Urząd Miar)

Od 100 lat oficjalnie w Polsce mierzymy i ważymy, i robimy to z coraz większą dokładnością. Jednak ten, jakże ważny metrologiczny termin, jest niezwykle często przedstawiany w zupełnie niewłaściwym znaczeniu. Pożądana przez wszystkich metrologów jednolitość, to również jednolicie rozumiana terminologia. Niestety w zakresie „dokładności” sytuacja jest więcej niż niejednoznaczna. Artykuł przedstawia słownikową definicję tego terminu, jego interpretację oraz zawiera przykłady jego niewłaściwego użycia. Wskazuje możliwe kierunki działań służących poprawie terminologicznych niejednoznaczności.

We have been officially measuring and weighing in Poland for 100 years, and we are doing it with increasing accuracy. However, this important metrological term is enormously often presented in a completely wrong meaning. The uniformity desired by all metrologists is also a uniformly understood terminology. Unfortunately, in terms of “accuracy” the situation is more than ambiguous. This article presents a vocabulary definition of this term, its interpretation and contains examples of its misuse. The article summary indicates possible directions of actions to improve terminological ambiguities.

### Dokładnie 100 lat...

W lutym 2019 roku polska metrologia będzie obchodziła swój jakże piękny i okrągły jubileusz. Od 100 lat oficjalnie w Polsce mierzymy i ważymy, i robimy to z coraz większą dokładnością. Jednak, czy coraz bardziej poprawne i precyzyjne pomiary są jedynym aspektem metrologii? Na pewno, poza metodyką wykonywania pomiarów i konstrukcją coraz lepszych przyrządów pomiarowych, bardzo istotnym działem metrologii jest terminologia, która zapewnia, że używając ściśle określonego słownictwa będziemy rozumieć metrologię i nazywać wszelakie jej niuanse jednakowo na całym świecie.

### Słowniki i normy – oficjalne definicje

Dokładnie, niedokładnie, dokładność, niedokładność, z dokładnością, dokładny, niedokładny... to słowa dobrze znane każdemu metrologowi, odmieniane w języku pomiarów przez wszystkie możliwe przypadki, tryby, czasy i osoby. Czyż jest coś istotniejszego w metrologii niż dokładny pomiar? Jednak ten, jakże ważny termin, jest niezwykle często przedstawiany w zupełnie niewłaściwym znaczeniu.

Zanim przejdziemy do analizy napotykanych w praktyce metrologicznej przykładów, warto na początek, *nomen omen*, dokładnie wytłumaczyć, coż ów termin tak właściwie znaczy, lub co powinien znaczyć dla każdego metrologa. Międzynarodowy słownik metrologii (znany w środowisku pomiarów jako VIM3, autorka niniejszego

artykułu chętnie nazywa go „metrologiczną biblią”) definiuje:

#### **dokładność pomiaru (2.13)**

**bliskość zgodności zachodzącej pomiędzy wartością wielkości zmierzoną a wartością wielkości prawdziwą menzurandu**

Poza samą definicją, warto przyjrzeć się w szczególności dwóm pierwszym uwagom do definicji, w których możemy przeczytać:

**Uwaga 1: Pojęcie ‘dokładność pomiaru’ nie oznacza wielkości i nie jest wyrażane wartością liczbową wielkości. O pomiarze mówi się, że jest bardziej dokładny, gdy występujący przy nim błąd pomiaru jest mniejszy**

**Uwaga 2: Terminu ‘dokładność pomiaru’ nie należy używać w sensie poprawność pomiaru, ani terminu precyzja pomiaru nie należy używać w sensie ‘dokładność pomiaru’, która wszakże pozostaje w zależności od obu wspomnianych terminów.**

Poza „metrologiczną biblią” definicję dokładności podaje również norma PN-ISO 5725-1 Dokładność (poprawność i precyzja) metod pomiarowych i wyników pomiarów – Część 1: Ogólne zasady i definicje. W przytoczonej normie definicja dokładności brzmi:



### dokładność (3.6)

stopień zgodności między wynikiem badania a przyjętą wartością odniesienia.

Aby w wyczerpujący sposób zobrazować, czym jest dokładność, przytoczmy dla porządku definicje dwóch dodatkowych terminów, wprowadzonych w opisie dokładności. I tak, wg słownika VIM 3:

### poprawność pomiaru (2.14):

bliskość zgodności zachodzącej pomiędzy średnią z nieskończonej liczby powtórzonych wartości wielkości zmierzonych a wartością wielkości odniesienia

### precyzja pomiaru (2.15):

bliskość zgodności zachodzącej pomiędzy wskazaniem lub wartościami wielkości zmierzonymi otrzymanymi przy powtarzaniu pomiarów na tym samym lub podobnych obiektach w określonych warunkach.

## Próba podsumowania i interpretacji zapisów słownika i normy

Definicje słownikowe pisane są w sposób specyficzny, uogólniony dla wszystkich przypadków i nawet u osób doświadczonych w działalności metrologicznej, powodują pewne trudności interpretacyjne.

Z przytoczonych definicji, możemy sformułować pewne podsumowanie, które będzie pomocne dla zrozumienia czym dokładność jest, a czym na pewno nie jest i jak na pewno nie należy jej wyrażać.

- Dokładność mówi nam o bliskości zgodności wartości, którą uzyskaliśmy w drodze pomiaru do wartości poprawnej, bądź wartości odniesienia (im bliżej tej wartości poprawnej/odniesienia tym wyższa dokładność).
- Dokładność jest pojęciem jakościowym, do jej opisu nie możemy stosować wartości liczbowych. Możemy powiedzieć, że pomiar był bardzo dokładny lub jeden przyrząd pomiarowy jest dokładniejszy od innego, ale zdecydowanie **nie możemy** powiedzieć, że zmierziliśmy coś z dokładnością do 0,5 %.
- Aby pomiar był dokładny musimy spełnić dwa warunki: wysoką poprawność i wysoką precyzję. Jeśli pomiar będzie poprawny, ale nieprecyzyjny, nie możemy mówić, że jest dokładny.
- Poprawność i precyzja odpowiadają znanym dobrze każdemu metrologowi terminom z teorii błędów, a mianowicie pojęciom błędu systematycznego i błędu przypadkowego, wraz z ich miarami w postaci

odchyłki czy uchybu, w odniesieniu do błędu systematycznego oraz z odchyleniem standardowym czy wariancją, w odniesieniu do błędu przypadkowego.

## Przykłady, przykłady, przykłady...

Teoria błędów oraz ich podstawowe rozróżnienie na składnik systematyczny i przypadkowy jest podstawą nauczania metrologii i w niezwykle licznych opracowaniach, przywołujących rodzaje błędów, ich klasyfikacja jest prawidłowa. Gdybyśmy poprosili dowolnego metrologa o przykładową, graficzną reprezentację błędów przypadkowych i systematycznych, rezultat z dużym prawdopodobieństwem byłby poprawny. Każdy metrolog wie, że dobry przyrząd charakteryzuje się niewielkimi błędami, zarówno systematycznymi jak i przypadkowymi.

Niezrozumiałym w kontekście powszechnego, właściwego rozumienia: *dobry przyrząd to małe błędy systematyczne i małe błędy przypadkowe* jest powszechne niezrozumienie: *dokładny to precyzyjny i poprawny*.

Co więcej, w ogólnodostępnych źródłach, na stronach internetowych, bardzo często napotykamy na niewłaściwie sformułowane definicje dokładności. Niewłaściwe definicje, czy też niewłaściwe użycie „dokładności” przydarza się zarówno źródłom o niskiej wiarygodności i jakości prezentowanych treści, ale także producentom najlepszej aparatury pomiarowej, jak też niektórym prestiżowym instytucjom metrologicznym (sic!).

Na metrologicznej „ścieżce życia” napotykamy mnóstwo materiałów, prezentacji, specyfikacji, norm i przepisów. Lektura wszystkich tych opracowań skłania do refleksji, że tak pożądana metrologiczna jednolitość, w kontekście użycia słowa „dokładność”, jest absolutnie zbiorem pustym. Powtarzające się przypadki złego użycia tego najbardziej popularnego metrologicznego pojęcia można podzielić na następujące grupy:

- 1) w specyfikacjach przyrządów pomiarowych (najprawdopodobniej) zamiast wyrażen „błąd dopuszczalny” lub „niepewność” wraz z przypisaniem wartości liczbowej, najczęściej wyrażona w liczbach względnych (% lub ppm);
- 2) w specyfikacjach przyrządów pomiarowych zamiast wyrażenia „rozdzielczość”;
- 3) w definicjach i materiałach edukacyjnych mylnie jako poprawność.

Poniżej zaprezentowano przykłady reprezentatywne dla każdej z wyróżnionych grup niewłaściwego użycia, jednak jest to tylko kropla w morzu tego, na co można

natknąć się w rozmaitych źródłach, w szczególności internetowych.

Przykłady ze specyfikacji multimetrów cyfrowych.

Przykład 1

**Accuracy**

Accuracy is given as  $\pm$  (% measurement + % of range)

Range	24 Hour (23 $\pm$ 1 °C)	90 Days (23 $\pm$ 5 °C)
100 mV	0.0025 + 0.003	0.0025 + 0.0035
1 V	0.0018 + 0.0006	0.0018 + 0.0007
10 V	0.0013 + 0.0004	0.0018 + 0.0005
100 V	0.0018 + 0.0006	0.0027 + 0.0006
1000 V	0.0018 + 0.0006	0.0031 + 0.001

Przykład pochodzi ze specyfikacji anglojęzycznej, gdzie typowo stosuje się w zapisie liczb kropkę, w odróżnieniu od powszechnie stosowanego przecinka.

Uwagę zwraca również niepoprawny zapis zakresu temperatur, który powinien mieć formę (23  $\pm$  1) °C i (23  $\pm$  5) °C lub 23 °C  $\pm$  1 °C i 23 °C  $\pm$  5 °C.

Przykład 2

Funkcja	Podzakres	Rozdzielczość	Dokładność
Napięcie stałe	400 mV	0,01 mV	$\pm$ (0,06% w.w. + 2 cyfry)
	4 V	0,0001 V	
	40 V	0,001 V	
	400	0,01 V	
	1000 V	0,1 V	

Uwagę zwraca również niepoprawny zapis wartości względnej, powinien mieć on formę 0,06 % i 0,1 % (ze spacją pomiędzy liczbą a znakiem procenta).

Przykład ze specyfikacji wag cyfrowych

Przykład 1

Parametry wagi	
Obciążenie maksymalne:	600 g
Dokładność odczytu:	0.1 g
Ilość działek:	0.000 g.
Wymiary szalki:	125x145mm
Wymiary wagi:	172 x 240 x 60 mm

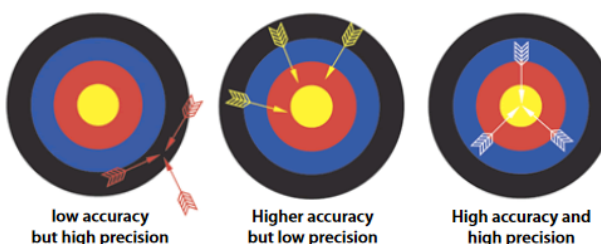
Uwagę zwraca również niepoprawny zapis ilości działek i oznaczenie grama (g) zakończone kropką oraz niepoprawny zapis wymiarów, który powinien mieć formę 125 mm  $\times$  145 mm i 172 mm  $\times$  240 mm  $\times$  60 mm (koniecznie ze spacją pomiędzy wartością liczbową a oznaczeniem jednostki miary).

Przykład 2

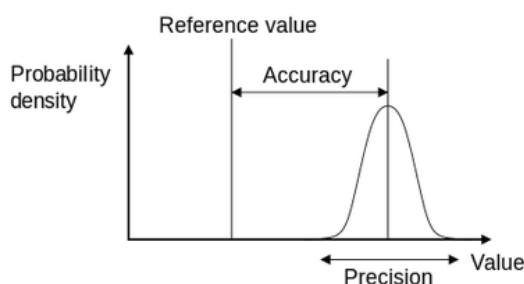
Typ:	Maksymalne obciążenie	Dokładność odczytu
wersja 600 kg	600 kg	0,2 kg
wersja 1500 kg	1500 kg	0,5 kg
wersja 3000 kg	3000 kg	1,0 kg

Przykłady z materiałów dydaktycznych

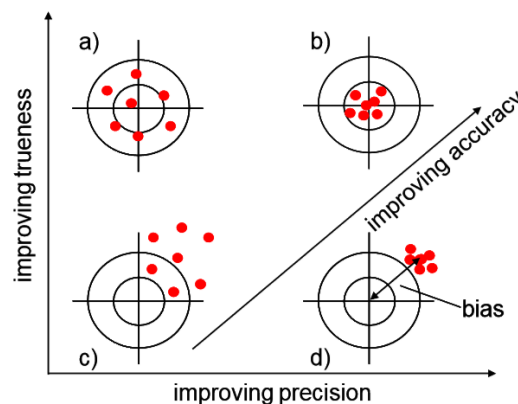
Przykład 1



Przykład 2



W gąszczu dezinformacji można jednak natknąć się na dobrze opracowane, poprawne informacje, również pięknie zilustrowane, jak np. na poniższej grafice.



Rysunek zaczerpnięty z materiałów Eurachem „Terminology in Analytical Measurement – Introduction to VIM3” First edition 2011



### Przyczyny, skutki, ryzyka, sugestie poprawy

Niewłaściwe rozumienie i użycie terminu dokładność jest powszechne. Najgorszym tego przykładem są materiały opracowane przez instytucje metrologiczne, gdzie precyzja i dokładność wymieniane są jako pojęcia na tym samym poziomie hierarchii pojęć, z zupełnym pominięciem poprawności, która jest równie istotna dla dokładności, co precyzja.

Przykłady użycia terminu w odniesieniu do specyfikacji przyrządów (dokładność jako błąd, niepewność lub rozdzielczość) są niezwykle liczne i dotyczą bardzo szerokiej grupy producentów, nie tylko producentów przyrządów niskiej klasy, ale również przyrządów najdokładniejszych. Pewnym wytłumaczeniem (choć nie usprawiedliwieniem) stosowania wyrażenia dokładność w specyfikacjach przyrządów pomiarowych, przy określaniu ich błędów (lub niepewności), może być, bardzo powszechnie kiedyś stosowany i nadal funkcjonujący w metrologii, termin klasa dokładności. Klasa dokładności, w przypadku, kiedy wyrażana jest liczbą, wskazuje dopuszczalny błąd względny przyrządu (np. miernik klasy dokładności 0,5 – maksymalny błąd dopuszczalny wynosi 0,5 % zakresu). Być może dla zachowania analogii do terminu klasa dokładności, producenci podają w specyfikacjach współczesnych przyrządów pomiarowych (w większości cyfrowych) błąd dopuszczalny (zazwyczaj względny), określając go mianem dokładności (niepoprawnie). Również pewnym wytłumaczeniem zaistniałego chaosu znaczeniowego może być ograniczona dostępność źródeł oficjalnych, zarówno norma ISO 5725-1, jak i VIM3, wydany w naszym kraju jako Przewodnik ISO, dostępne są wyłącznie za opłatą, a definicje np. z bardzo popularnej Wikipedii są darmowe. Możliwe jest również, że stopień skomplikowania i ogólność sformułowania definicji w normach i słownikach powoduje pewne trudności interpretacyjne.

Wykorzystanie przyrządu pomiarowego w życiu codziennym na ogół nie rodzi wielkiego ryzyka, co do konsekwencji niewłaściwej interpretacji jego specyfikacji, natomiast może mieć poważne konsekwencje

w przypadku zastosowania profesjonalnego. Dorożumienie, że dokładność w specyfikacji wyraża tak naprawdę błąd dopuszczalny, jest obarczone pewnym ryzykiem. Ze względu na niepoprawność użycia terminu, nie ma żadnej pewności co do intencji sporządzającego specyfikację, że tak naprawdę chodzi o błąd dopuszczalny. Łatwo wyobrazić sobie skutki użycia niewłaściwie dobranego przyrządu, na podstawie podanych w specyfikacji dopuszczalnych jego parametrów w krytycznej aplikacji, związanej np. z bezpieczeństwem, lub też konsekwencje finansowe niepotrzebnego zakupu lepszego niż wymagany przyrządu, z powodu niezrozumienia jego specyfikacji.

Powszechność nieprawidłowego stosowania „dokładności” skłania do refleksji, że każda próba walki z tym zjawiskiem będzie tak efektywna, jak walka Don Kichota z wiatrakami. Nie oznacza to jednak, że nie należy podejmować prób poprawy tej sytuacji, chociażby w środowisku profesjonalnie zajmującym się metrologią. Dobrym krokiem może być chociażby niniejszy artykuł. Bardzo udaną próbę „przetłumaczenia” słownika VIM 3 na język bardziej przystępny dla specjalistów, w zakresie analityki chemicznej podjął Eurachem w opracowaniu „Terminology in Analytical Measurement – Introduction to VIM3”. Opracowanie to jest pozycją zdecydowanie godną polecenia każdemu metrologowi, nawet nie związanemu z chemią analityczną. Opracowanie to może również stanowić dobry wzór do naśladowania dla innych dziedzin pomiarowych, aby postarały się przygotować „terminologiczny przewodnik interpretacyjny” dla swoich specjalistów.

### Literatura

- [1] Międzynarodowy słownik metrologii. Pojęcia podstawowe i ogólne oraz terminy z nimi związane (VIM) Przewodnik PKN-ISO/IEC Guide 99.
- [2] PN-ISO 5725-1 Dokładność (poprawność i precyzja) metod pomiarowych i wyników pomiarów – Część 1: Ogólne zasady i definicje.
- [3] Terminology in Analytical Measurement – Introduction to VIM 3. Eurachem First edition 2011 <https://eurachem.org/index.php/publications/guides/terminology-in-analytical-measurement>