



ZARZĄDZANIE PROCESAMI POMIAROWYMI, WYNIKAMI BADAŃ I WZORCOWAŃ

*Roman Aleksander Tabisz, Politechnika Rzeszowska, Zakład Metrologii i Systemów Pomiarowych;
Laboratorium Badań i Kalibracji „LABBiKAL”*

Motto:

*„Kluczem do efektywnego wykorzystania wyników pomiarów jest zrozumienie źródeł ich zmienności. Wiele tych źródeł związanych jest z procesem pomiarowym. Dlatego też korzystne jest studiowanie tego procesu...” (Wheeler D.J., Lynday R.W.: *Evaluating the Measurement Process. Second Edition. SPC Press. Knoxville, Tennessee. 1989*)*

Wprowadzenie

Realizacja złożonych działań mających na celu osiągnięcie wspólnego dobra w skali globalnej lub regionalnej wymaga uzgodnienia i przyjęcia odpowiednich zasad, podjęcia właściwych działań organizacyjnych oraz konsekwentnego stosowania przyjętych postanowień. Jednym z ważnych celów strategicznych, o którego osiągnięcie troszczy się wiele międzynarodowych organizacji oraz instytucji rządowych, jest realizacja idei „zrównoważonego rozwoju”. Zagadnienie to było ostatnio myślą przewodnią XVIII Światowego Kongresu Międzynarodowej Federacji Metrologicznej IMEKO [1], który odbył się we wrześniu 2006 roku w Rio de Janeiro w Brazylii. Organizatorzy nie bez powodu wybrali takie hasło kongresu, ponieważ metrologia jako nauka o pomiarach stanowi jeden z trzech filarów infrastruktury technicznej potrzebnej do tego, aby „zrównoważony rozwój” mógł być realizowany. Pozostałe dwa filary tej infrastruktury to Normalizacja oraz System Oceny Zgodności [2]. Laboratoria badawcze stanowiące podstawowe ogniwa systemu oceny zgodności uzyskują wyniki pomiarów, które są podstawą dokonywanych ocen i analiz oraz wynikających z nich działań zapobiegawczych lub korygujących. Laboratoria te korzystają okresowo z Laboratoriów wzorcujących w celu zapewnienia spójności pomiarowej uzyskiwanych wyników pomiarów. Prowadzą także własne procesy wzorcowania w celu właściwego sterowania procesami pomiarowymi. Jednym z istotnych czynników zapewniających wiarygodność uzyskiwanych wyników pomiarów jest dysponowanie odpowiednią wiedzą metrologiczną wynikającą ze zgromadzonych wyników przeprowadzonych badań i wzorcowań. W dobie powszechnie dostępnych technologii informatycznych wiele laboratoriów stosuje informatyczne systemy zarządzania, które w skrócie nazywane są systemami typu **LIMS**.



Zarządzanie procesami pomiarowymi

Procesy Pomiarowe stosowane są w celu ustalania liczbowych wartości krytycznych właściwości jakościowych wyrobów, procesów wytwarzania, stanów zdrowia lub środowiska życia. **Na podstawie wyników pomiarów podejmowane są ważne decyzje dotyczące ocen zgodności, działań zapobiegawczych lub korygujących.**

Trafność tego rodzaju decyzji zależy w istotnym stopniu od dokładności wyników pomiarów, które były ich podstawą. Dokładność wyników pomiarów definiowana jest na różne sposoby, ale z punktu widzenia systemów oceny zgodności korzystne jest wyrażanie dokładności za pomocą dwóch charakterystyk metrologicznych. Jedną z nich jest miara poprawności, a drugą miara precyzji. Znajomość liczbowych wartości tych miar, oraz ich stabilności w czasie jest podstawą oceny przydatności danego procesu pomiarowego do realizacji zamierzonego celu pomiarów.

Pomiar jako działanie eksperymentalne wymaga jednoczesnego zaangażowania kilku istotnych czynników, takich jak: obiekt mierzony, metoda pomiarowa, procedura pomiarowa, wyposażenie pomiarowe, wzorcowanie wyposażenia, operator prowadzący pomiary oraz otoczenie w którym cały proces jest realizowany. Każdy z wymienionych czynników nie jest stały. Zmienność naturalna poszczególnych czynników zaangażowanych w proces pomiarowy wpływa w mniejszym lub w większym stopniu na zmienność wyników pomiarów. Jeśli chcemy więc nadzorować dany proces pomiarowy oraz sterować jego przebiegiem, konieczne jest studiowanie zmienności własnej poszczególnych czynników oraz badanie jej wpływu na zmienność końcowych wyników pomiarów uzyskiwanych w analizowanym procesie pomiarowym. Definicja pomiaru (procesu pomiarowego) zaproponowana w projekcie nowej wersji międzynarodowego słownika metrologicznego [3] jest następująca:

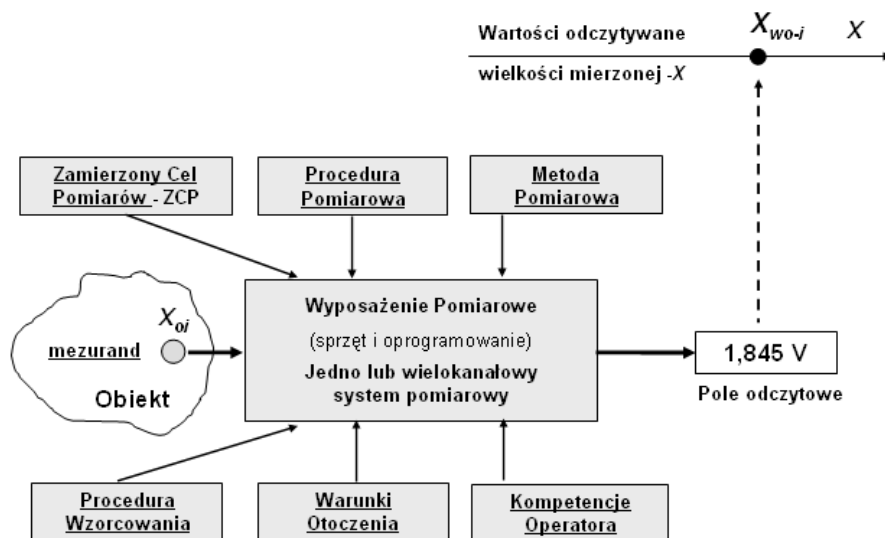
Pomiar (2.1 VIM-draft-2006)

proces doświadczalnego uzyskiwania jednej lub więcej wartości wielkości, których przypisanie do wielkości jest słuszne.

UWAGI:

1. Pomiar implikuje porównywanie wielkości albo liczenie jednostek.
2. Pomiar z góry zakłada opis wielkości współmiernej z **zamierzonym użyciem wyniku pomiaru**, procedurą pomiarową oraz wywzorcowanym systemem pomiarowym działającym zgodnie z wyspecyfikowaną procedurą pomiarową.

Na rys. 1. przedstawiono graficzną interpretację wyżej przedstawionej definicji procesu pomiarowego.



Rys. 1. Graficzna interpretacja procesu pomiarowego uwzględniająca *Zamierzony Cel Pomiarów – ZCP*, dostępne liczbowe wartości odczytane lub obliczone X_{wo-i} oraz prawdziwą wartość wielkości mierzonej (mezurandu) X_{oi} , która w przypadku prowadzenia badań nie jest znana.

Z przedstawionej na rys. 1. interpretacji procesu pomiarowego wynika, że jedynymi wartościami liczbowymi dostępnymi dla operatora prowadzącego ten proces są wartości liczbowe odczytywane X_{wo-i} z pola odczytowego lub wartości obliczone w przypadku pomiarów pośrednich. Tylko na podstawie tych dostępnych wartości operator może opracować końcowy wynik pomiarów. Postać końcowego wyniku pomiarów zależy od przyjętej konwencji jego wyrażania. W procesach pomiarowych stosowanych w systemach oceny zgodności [5] użyteczną konwencją jest wyrażanie końcowego wyniku pomiarów w postaci:

$$X_m = X_{nowo} \pm U \quad (1)$$

gdzie:

X_{nowo} – najlepsze oszacowanie wartości odczytanych lub obliczonych (najczęściej średnia z „n-razy” powtórzonych pomiarów tej samej wielkości),

U – niepewność rozszerzona określona zgodnie z wytycznymi przewodnika [4].

Jedną z podstawowych zasad, którą należy stosować w zarządzaniu procesami pomiarowymi, jest podawanie końcowych wyników pomiarów według ściśle określonej konwencji ustalonej i udokumentowanej w odpowiedniej procedurze pomiarowej. Przedstawiona wyrażeniem (1) konwencja wyrażania wyniku pomiarów zgodna jest z zaleceniami międzynarodowych organizacji metrologicznych, które od lat pracują nad przewodnikami [4] i słownikami metrologicznymi [3] w celu osiągnięcia w systemach oceny zgodności sytuacji, w której: *taki sam proces pomiarowy zastosowany do badania tego samego*



obiekty wykonany według takiej samej procedury zrealizowanej w dowolnym miejscu na świecie będzie dawał taką samą ocenę zgodności.

Drugą ważną zasadą, która powinna być stosowana w zarządzaniu procesami pomiarowymi, jest realizacja tych procesów w kontrolowanych warunkach otoczenia przez wyszkolonych operatorów posiadających potrzebne kompetencje oraz znających wpływ istotnych czynników na zmienność (niepewność) uzyskiwanych wyników pomiarów.

Trzecią i najważniejszą zasadą zarządzania procesami pomiarowymi jest stosowanie wyposażenia pomiarowego o znanych właściwościach metrologicznych spełniających wymagania zamierzonego celu pomiarów. Podstawową właściwością metrologiczną wyposażenia pomiarowego jest jego dokładność, która może być wyrażona za pomocą dwóch miar liczbowych: miary poprawności oraz miary precyzji. Liczbową miarą poprawności jest w praktyce laboratoryjnej odchylenie eksperymentalne Δ^* , w anglojęzycznej literaturze nazywane **Bias**. Wartości liczbowe tej miary można wyznaczyć w procesach wzorcowania lub w eksperymentach wspólnej oceny, zwanych także porównaniami międzylaboratoryjnymi. Liczbową miarą precyzji jest odchylenie standardowe powtarzalności lub odtwarzalności wartości odczytanych X_{wo-i} uzyskiwanych z powtarzanych procesów pomiarowych. Można zastosować i często jest używane odchylenie standardowe wynikające z łącznego działania warunków powtarzalności i odtwarzalności. W takim przypadku wyznaczenie liczbowej wartości takiego odchylenia standardowego wymaga przeprowadzenia eksperymentu, zwanego eksperymentem **R&R** [ang: **Repeatability & Reproducibility**].

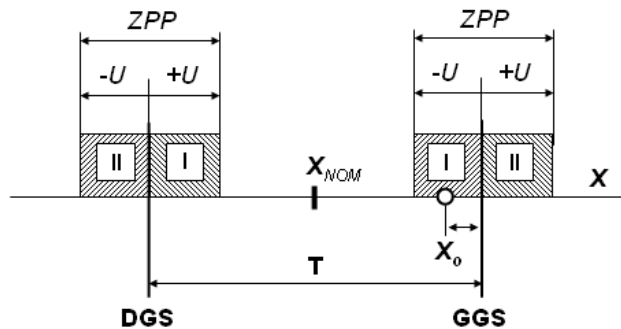
Zarządzanie wynikami badań

Każdy wynik badania jest „produktem” działań laboratorium badawczego wytworzonym na podstawie wyników pomiarów uzyskanych w określonych i nadzorowanych procesach pomiarowych. Należy przy tym podkreślić, że wynik badania ma charakter oceny i jest czymś zupełnie innym niż wynik pomiarów. Wyniki pomiarów są liczbami lub przedziałami wartości liczbowych i mogą być obarczone błędami pomiarów, a ich rozrzut wokół wartości najlepszego oszacowania X_{nowo} może być określony wartościami niepewności standardowej u , lub rozszerzonej U .

Wynik badania jest oceną tego, czy wartość badanej cechy zgodna jest z wymaganiami specyfikacji technicznej, przepisów prawnych lub specjalistycznej wiedzy (lekarzy, ekologów itp.). Ocena ta może być trafna, a więc zgodna z rzeczywistością, lub fałszywa, czyli niezgodna z rzeczywistością. Kluczową więc sprawą w zarządzaniu wynikami badań jest ich podawanie w odniesieniu do diagramu oceny zgodności. Diagram taki sporządzony na podstawie wiedzy o właściwościach metrologicznych procesu pomiarowego oraz wiedzy o stosowanym kryterium oceny zgodności pozwala na ustalenie tego czy podawane przez laboratorium wyniki badań sformułowane zostały na podstawie wyników pomiarów należących do przedziału dającego oceny pewne czy też zostały sformułowane na podstawie wyników pomiarów należących do jednego z przedziałów dających oceny niepewne. Laboratorium może przyjąć zasadę podawania wyników swoich badań tylko takich, które zostały sformułowane na podstawie wyników pomiarów należących do strefy ocen

pewnych. W każdej sytuacji można taką strategię zarządzania wynikami badań zaakceptować. Należy przy tym pamiętać, że inny cel prowadzonych badań i związane z tymi badaniami koszty mogą okazać się wystarczającym uzasadnieniem do tego, aby zakupić nowe wyposażenie pomiarowe o lepszych właściwościach metrologicznych. Lepsze właściwości metrologiczne wyposażenia pomiarowego to mniejsze przedziały wyników pomiarów dające oceny niepewne, a tym samym mniejsze pomiarowe ryzyko decyzji.

Na rys. 2. przedstawiono konstrukcję diagramu oceny zgodności zawierającego przedziały wyników pomiarów dający oceny pewne oraz przedziały wyników pomiarów dające oceny niepewne. Przedziały te wyznaczone zostały na podstawie znajomości Metrologicznych Właściwości Procesu Pomiarowego – MWPP, z którego uzyskiwane są wyniki pomiarów będące podstawą dokonywanych ocen, i zostały naniesione na kryterium oceny zgodności sformułowane w postaci dwustronnych granic specyfikacji: **DGS** – *Dolnej Granicy Specyfikacji* [ang: *LSL*] oraz **GGS** – *Górnej Granicy Specyfikacji* [ang: *USL*].



$$ZPP = 2 \cdot U - \text{Zmienność Procesu Pomiarowego}$$

$$U - \text{Niepewność rozszerzona wyników pomiarów}$$

Rys. 2. Diagram oceny zgodności określający przedziały wyników pomiarów dające oceny pewne oraz przedziały I i II dające oceny niepewne.

Na podstawie diagramu przedstawionego na rys. 2. można wyciągnąć istotne wnioski mające znaczenie dla wiarygodności uzyskiwanych ocen zgodności. Jeżeli przyjmiemy, że rzeczywista wartość X_o badanej cechy X ocenianego obiektu będzie należeć do przedziału wartości $[(DGS + U), (DGS - U)]$, to ocena zgodności obiektu z wymaganiami specyfikacji będzie w pełni wiarygodna i obiekt będzie oceniony jako zgodny ze specyfikacją, bez żadnych wątpliwości. Jeżeli zaistnieje prawdopodobieństwo tego, że rzeczywista wartość X_o , cechy X , ocenianego obiektu znajdzie się w przedziałach wartości oznaczonych jako I, to zaistnieje również prawdopodobieństwo tego, że w wyniku zmienności (ZPP) charakteryzującej proces pomiarowy wystąpią zdarzenia polegające na fałszywym odrzuceniu obiektu, który w rzeczywistości zgodny jest ze specyfikacją. Prawdopodobieństwo występowania takich zdarzeń nazywane jest „*ryzykiem fałszywego odrzucenia*”. Tego rodzaju

przypadek zaznaczono na rys. 2. Zaznaczenie to dotyczy sytuacji, w której rzeczywista wartość X_o należy do przedziału **I** znajdującego się z prawej strony diagramu w punkcie wyznaczonym przez $r = [GGS - X_o]$. Jeżeli dla uproszczenia założymy, że rozrzut wyników pomiarów wynikający z niedoskonałości procesu pomiarowego można opisać rozkładem normalnym $N[\mu, \sigma_{pp}]$, to można dla tego pojedynczego przypadku wyliczyć ryzyko fałszywego odrzucenia, które równe będzie wartości prawdopodobieństwa odczytanego z tablic rozkładu $N(0, 1)$ dla:

$$z = \frac{GGS - X_o}{\sigma_{pp}} \quad (2)$$

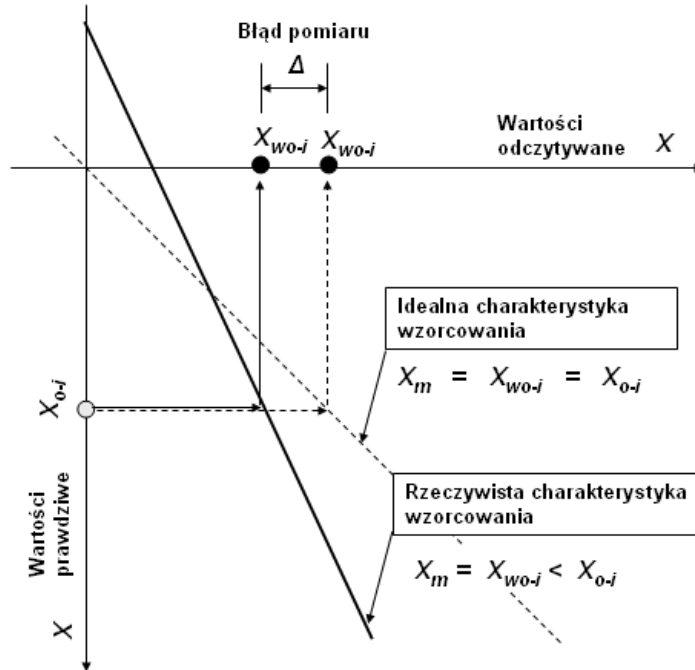
gdzie:

σ_{pp} – jest odchyleniem standardowym procesu pomiarowego.

Jeżeli natomiast zaistnieje prawdopodobieństwo tego, że rzeczywista wartość X_o cechy X ocenianego obiektu znajdzie się w przedziałach oznaczonych jako **II**, to zaistnieje prawdopodobieństwo tego, że w wyniku zmienności procesu pomiarowego (**ZPP**) wystąpią zdarzenia polegające na fałszywym przyjęciu obiektu, który w rzeczywistości nie jest zgodny ze specyfikacją. Prawdopodobieństwo takich zdarzeń nazywane jest „**ryzykiem fałszywej akceptacji**”. Prawdopodobieństwo zdarzeń polegających na występowaniu obydwu rodzajów fałszywych ocen zgodności nazywane jest „**pomiarowym ryzykiem decyzji**”. Ryzyko to powinno być oszacowane przez każde laboratorium badawcze i podawane razem z wynikami badań w celu ustalenia tego, czy jego wartość możliwa jest do przyjęcia przez odbiorcę wyników badań.

Zarządzanie wynikami wzorcowań

Każde laboratorium badawcze, chcąc udokumentować spójność pomiarową uzyskiwanych wyników pomiarów, oraz to że wyniki te zostały uzyskane w procesach pomiarowych, w których użyto wyposażenia o znanych i kontrolowanych właściwościach metrologicznych, powinno prowadzić okresowe wzorcowania we własnym zakresie lub też zlecać tego rodzaju czynności do laboratorium wzorcującego. W przypadku samodzielnie prowadzonych wzorcowań używane do tego celu **Wzorce Robocze – WR** lub **Materiały Odniesienia – MO** powinny reprezentować wartości odniesienia X_{odn} określone z niepewnością U_{odn} . Wykonywane okresowo procesy wzorcowania, których złożoność i właściwą organizację bardzo dobrze opisano w publikacji [6], pozwalają na wyznaczanie i zatwierdzanie do stosowania podstawowej funkcji, według której uzyskiwane są liczbowe wartości odczytywane X_{wo-i} . Funkcja ta nazywana jest funkcją wzorcowania (kalibracji) i jest utrwalana w wyposażeniu pomiarowym. Decyduje ona o tym, jaka jest zależność pomiędzy prawdziwymi wartościami mierzonymi X_{o-i} a wartościami odczytywanymi X_{wo-i} . Na rys. 3. przedstawiono idealną i rzeczywistą funkcję wzorcowania wyposażenia pomiarowego oraz zaznaczono skutki jej działania w obydwu przypadkach.



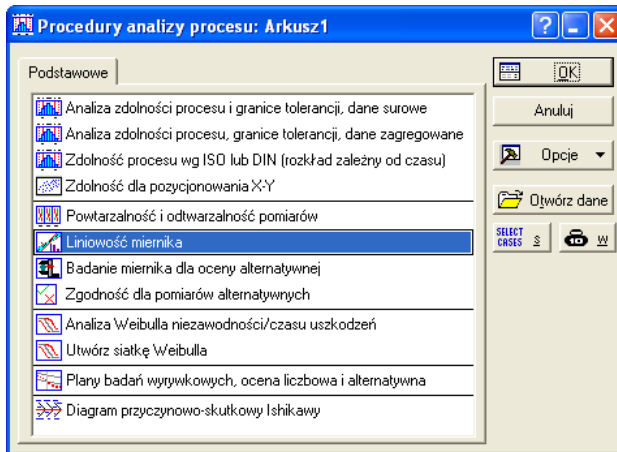
Rys. 3. Idealna i rzeczywista funkcja wzorcowania oraz wpływ tych funkcji na błąd pomiaru Δ .

Sytuacja idealnej funkcji kalibracji może zaistnieć jedynie jako bardzo rzadki przypadek. W rzeczywistości funkcja kalibracji nie jest idealna i wartości odczytane X_{wo-i} , różnią się od prawdziwych wartości X_{o-i} mierzonego mezurandu. Różnice między tymi wartościami to błędy pomiarów Δ .

Dokładną wartość błędu tkwiącego w wyniku pomiaru uzyskanego w jednej realizacji procesu pomiarowego można wyrazić równaniem (3)

$$\Delta_i = X_{wo-i} - X_{o-i} \quad (3)$$

Analizując rys. 3. łatwo zauważyć, że wartości błędów pomiarów Δ mogą być takie same dla różnych prawdziwych wartości mierzonych X_{o-i} lub mogą być inne dla każdej innej prawdziwej wartości mierzonej. Chcąc więc dysponować wiedzą pozwalającą na wyznaczanie wartości błędów pomiarowych w całym zakresie pomiarowym oraz ich pożądaną korekcję, konieczne jest eksperymentalne wyznaczanie rzeczywistej funkcji wzorcowania. W tym celu stosuje się odpowiednie procedury wzorcowania oraz odpowiednie metody analizy uzyskanych według tych procedur wyników. Jednym z przykładów tego rodzaju procedury jest procedura „liniowość miernika” dostępna w programie *STATISTICA* w module *Analiza procesu* w grupie analiz *Statystyki przemysłowe*. Na rys. 4. przedstawiono okno programu *STATISTICA*, w którym można wybrać tę procedurę.



Rys. 4. Okno modułu *Analiza procesu*, w którym można wybrać procedurę **Liniowość miernika**.

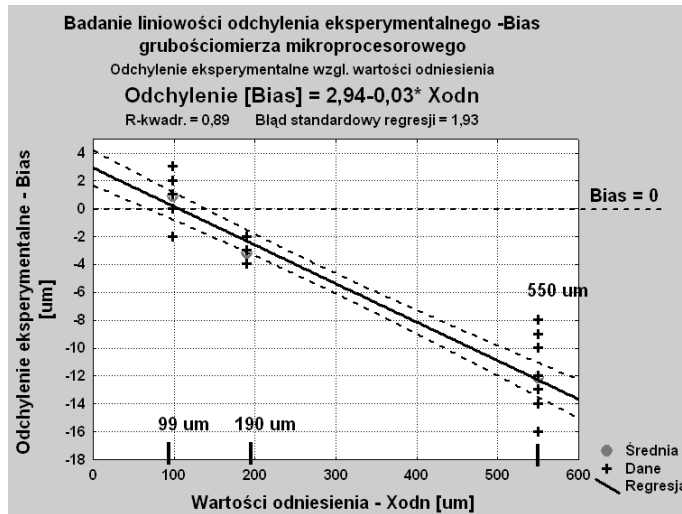
Procedura *Liniowość miernika* możliwa do zrealizowania za pomocą programu *STATISTICA* została opracowana i jest zalecana przez grupę **AIAG** (*Automotive Action Group. Daimler Chrysler, Ford Motor and General Motors*). Szczegółowy opis tej procedury można znaleźć w przewodniku do Analizy Systemów Pomiarowych – **MSA** [7]. Procedura ta przeznaczona jest do przemysłowych zastosowań i wymaga użycia kilku **Wzorców Roboczych** – **WR** reprezentujących wartości odniesienia X_{odn} , które mierzone są kilkakrotnie (co najmniej 10 razy), a wyniki takiego wzorcowania wpisywane są w odpowiednio zorganizowany arkusz danych. Po wpisaniu danych do arkusza wykonywana jest analiza regresji liniowej, a na jej podstawie wyznaczana zależność liniowa pomiędzy wartościami odniesienia a wartościami odchyłen eksperymentalnych Δ^* . Zależność ta podawana jest w postaci wyrażenia matematycznego oraz przedstawiana graficznie w postaci odpowiedniego wykresu. Na rys. 5. przedstawiono graficzną postać końcowego wyniku analizy liniowości miernika przeprowadzonej dla grubościomierza mikroprocesorowego za pomocą trzech roboczych wzorców grubości reprezentujących wartości odniesienia:

$$X^1_{odn} = 99 \mu\text{m}, \quad X^2_{odn} = 190 \mu\text{m}, \quad X^3_{odn} = 550 \mu\text{m}$$

Matematyczne wyrażenie wyznaczonej zależności przedstawionej graficznie na rys. 5. ma postać:

$$\Delta^* [\mu\text{m}] = 2,94 [\mu\text{m}] - 0,03 \cdot X_{odn} [\mu\text{m}] \quad (4)$$

Wyrażenie to pozwala w praktyce na dokonywanie korekcji błędów systematycznych, którymi „obarczone” są wskazania badanego grubościomierza **w zakresie od 0-600 μm** .



Rys. 5. Graficzna postać końcowego wyniku analizy „liniowość miernika” przeprowadzonej za pomocą programu *STATISTICA* dla mikroprocesorowego grubościomierza.

Innym przykładem procedury wzorcowania za pomocą *Materiałów Odniesienia – MO*, zalecanej dla laboratoriów analitycznych, jest procedura kalibracji liniowej, szczegółowo opisana w normie międzynarodowej [8].

Wiedza uzyskiwana z tych dodatkowych eksperymentów wzorcowania, takich jak wyżej przedstawione lub innych, obejmujących także przypadki nieliniowej zależności odchylenia eksperymentalnego Δ^* od wartości odniesienia X_{odn} , pozwala na stosowanie najbardziej odpowiedniej dla oceny zgodności konwencji wyrażania wyniku pomiarów. Konwencja ta przedstawiona w postaci wyrażenia (5) jest rozwinięciem postaci podanej wyrażeniem (1). Rozwinięcie to polega na dodaniu wartości poprawki P.

$$X_m = X_{nowo} + P \pm U \quad (5)$$

gdzie:

P – jest dodawaną algebraicznie poprawką równą wartości błędów systematycznych Δ_s , przyjmowanej ze znakiem przeciwnym. Pozostałe składowe wyniku pomiarów są takie jak w wyrażeniu (1).

Jeżeli przyjmiemy, że:

$$P = (-\Delta_s) \approx (-\Delta^*) = -[(X_{nowo} - X_{odn})] = P^* \quad (6)$$

to wstawiając do wyrażenia (5) eksperymentalnie wyznaczone wartości poprawek P^* , równe wartościom odchylenia eksperymentalnego Δ^* brany z znakiem przeciwnym, uzyskamy wyniki pomiarów prawie pozbawione błędów systematycznych. Pozwoli to na wykonywanie ocen zgodności, na których trafność wpływać będzie jedynie miara precyzji – zmienność procesu pomiarowego **ZPP** równa podwójnej wartości niepewności rozszerzonej U.



Tylko w takiej sytuacji, w której stosowana jest korekcja błędów systematycznych, możliwe jest korzystanie z diagramu oceny zgodności przedstawionego na rysunku 2.

Informatyczne systemy zarządzania laboratoriami

Ilość oraz złożoność czynności potrzebnych do uzyskania danych z procesów wzorcowania pozwalających na prawidłową korektę błędów systematycznych, kierowanie badaniami od momentu pobrania próbki do wygenerowania końcowego ich wyniku wymaga odpowiedniego systemu zarządzania działalnością laboratorium. Szczegółowe wymagania stawiane laboratoriom w zakresie systemu zarządzania oraz doskonalenia kompetencji zawarte są w międzynarodowej normie [9] oraz zasadach Dobrej Praktyki Laboratoryjnej – GLP [10]. Wieloletnia praktyka laboratoryjna wykazała że w dobie powszechnej dostępności technologii informatycznych niezwykle pomocnym dla każdego laboratorium jest informatyczny system wspomagający zarządzanie typu – LIMS [*ang: Laboratory Information Management System*]. Systemy tego rodzaju są dynamicznie rozwijane od 1982 roku [11]. W tabeli 1. przedstawiony jest krótki rys historyczny rozwoju systemów typu LIMS uwzględniający pojawianie się nowych technologii informatycznych.

Tabela.1. Krótki rys historyczny rozwoju informatycznych systemów zarządzania laboratoriami typu LIMS [11].

Okres	Charakterystyczna technologia i cechy LIMS
Przed 1982 rokiem	Ręcznie notowane wyniki badań i wzorcowań oraz ręcznie tworzona dokumentacja wewnętrzna laboratorium
1982	Pierwszy komercyjny system LIMS zwany systemem (1G) – pierwszej generacji umieszczony na jednym centralnym minikomputerze
1988	Druga generacja (2G) systemów typu LIMS z relacyjną bazą danych na pierwszych komputerach typu PC
1991	Ukierunkowany rozwój LIMS na systemy otwarte trzeciej generacji (3G) z relacyjną bazą danych. Architektura typu klient-serwer umożliwiającą zbieranie i analizowanie danych od wielu klientów
1995	Czwarta generacja systemów typu LIMS (4G) o zdecentralizowanej strukturze typu klient-serwer działającej w sieci komputerowej
1996	Dostępne za pomocą stron internetowych systemy typu LIMS
1997	Wprowadzenie w USA przez FDA procedury 21 CFR part 11 dotyczącej elektronicznego zapisu danych i elektronicznego podpisu
1998	Wprowadzenie języka XML (<i>eXtensible Markup Language</i>) oraz jego specyficznych odmian – CML (<i>Chemical Markup Language</i>)
1999	Wprowadzenie technologii ASP (<i>Application Service Provider</i>) do systemów LIMS z zabezpieczonym dostępem przez Internet
2002	Wprowadzenie systemów LIMS bazujących w pełni na technologii Microsoft's.NET



Podsumowanie

Laboratoria badawcze i wzorcujące są podstawowymi ogniwami systemu oceny zgodności rozwijanego w skali globalnej i regionalnej w celu realizacji idei „zrównoważonego rozwoju”. Doskonalenie systemów zarządzania tymi laboratoriami osiągane jest między innymi dzięki spójnemu systemowi akredytacji. Doskonalenie to prowadzone jest w celu doprowadzenia do takiego stanu systemu oceny zgodności, w którym taki sam proces pomiarowy zastosowany do badania tego samego obiektu wykonany według takiej samej procedury zrealizowanej w dowolnym miejscu na świecie będzie dawał taką samą ocenę zgodności. Realizacja tego wyzwania wymaga od laboratoriów badawczych i wzorcujących stosowania odpowiednich zasad zarządzania procesami pomiarowymi, wynikami badań i wzorcowań. Wiele laboratoriów na świecie stosuje w tym celu informatyczne systemy zarządzania typu LIMS, których możliwości rozwijane są w miarę rozwoju technologii informatycznych. [11].

Bibliografia

1. Brandi H.S.: Metrology for sustainable development. Proceedings of the XVIII IMEKO World Congress. Rio de Janeiro. Brasil. 2006.
2. Polski System Oceny Zgodności i kontrola wyrobów podlegających dyrektywom nowego podejścia – Przewodnik. Urząd Ochrony Konkurencji i Konsumenta. Warszawa. 2005.
3. International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM) 3rd edition. Final draft 2006-08-01, JCGM/WG-2 Document N318, ISO VIM (DGUIDE 99999.2).
4. BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML.: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. 1995, Second edition.(tłumaczenie polskie – Główny Urząd Miar. 1999).
5. Tabisz R.A.: Measurement Process in Conformity Assessment Systems. Proceedings of the 15th IMEKO TC4 International Symposium. Iasi. Romania. September 19–21, 2007 (w druku).
6. Piotrowski J., Kostyrko K.: Wzorcowanie Aparatury Pomiarowej. PWN. Warszawa. 2000.
7. Measurement System Analysis – MSA. Third Edition. AIAG Group. 2002.
8. PN-ISO 11095:2001 – Kalibracja liniowa z zastosowaniem materiałów odniesienia.
9. PN-EN ISO/IEC -17025:2005. Ogólne wymagania dotyczące laboratoriów badawczych i wzorcujących.
10. Praca zbiorowa OECD.: Dobra Praktyka Laboratoryjna w badaniach nieklinicznych. Instytut Medycyny Pracy. Łódź. 1999. wyd. 1.
11. www.limsources.com.