

Nowoczesne Systemy Zarządzania
Zeszyt 19 (2024), nr 3 (lipiec-wrzesień)
ISSN 1896-9380, s. 85-106
DOI: 10.37055/nasz/203232

Modern Management Systems
Volume 19 (2024), No. 3 (July-September)
ISSN 1896-9380, pp. 85-106
DOI: 10.37055/nasz/203232



Instytut Organizacji i Zarządzania
Wydział Bezpieczeństwa, Logistyki i Zarządzania
Wojskowa Akademia Techniczna
w Warszawie

Institute of Organization and Management
Faculty of Security, Logistics and Management
Military University of Technology
in Warsaw

Rola systemu zarządzania pomiarami i wyposażeniem pomiarowym w przemyśle zbrojeniowym

The role of the measurement and measurement equipment management system in the arms industry

Monika Bernatek

MESKO S.A., Skarżysko-Kamienna, Polska
monikabernatek9@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1849-9554

Mieczysław Jan Magierski

Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, Polska
mieczyslaw.magierski@wat.edu.pl; ORCID: 0000-0002-6912-6328

Abstrakt.

Cel badań i hipotezy/pytania badawcze

Celem artykułu jest przedstawienie cząstkowych wyników badań eksperymentalnych dotyczących wpływu niepewności pomiarowych na sprawdziany używane na różnych etapach produkcji wyrobów. Autorzy odpowiadają na pytania problemowe:

- Jaki wpływ na wynik pomiaru ma zmiana wzorca, zmiana operatora wykonującego pomiar oraz warunki środowiskowe?
- W jaki sposób wyniki pomiarów sprawdzianów wpływają na odbiór wyrobów?

Sformułowano hipotezę badawczą: przypuszcza się, że warunki i sposób wykonywania potwierdzeń metrologicznych sprawdzianów oddziałują na jakość i bezpieczeństwo produkowanych wyrobów.

Metody badawcze

W celu sprawdzenia wpływu wybranych wielkości niepewności pomiaru na wynik pomiaru przeprowadzono eksperyment badawczy, w którym wykonano pomiary 10 sprawdzianów szczegółowych z użyciem dwóch wzorców i dwóch operatorów oraz wykonano pomiar w dwóch różnych temperaturach. Dodatkowo porównano wpływ temperatury na płytki wzorcowe (które są głównym wzorcem dla sprawdzianów szczegółowych) za pomocą dwóch płytek wzorcowych: stalowej i ceramicznej o wartości nominalnej 100 [mm] z płytką wzorcową klasy K, korzystając z komparatora dwuczujnikowego. Przeprowadzono także analizę świadectw sprawdzeń płytek wzorcowych (zewnętrznego i aktualnego), zestawiając wyniki błędu długości środkowej. Ostatnim elementem była analiza założeń rysunkowych dla sprawdzianu gwintowego pierścieniowego oraz przeciw sprawdzianu M14x0,75-6h wraz z porównaniem na realnych obiektach badawczych.

Główne wyniki

Przeprowadzone badania potwierdzają zasadność stosowania warunków laboratoryjnych przy wykonywaniu potwierżeń metrologicznych sprawdzianów, gdyż w zależności od wymaganej tolerancji i rodzaju sprawdzianu suma wszystkich niepewności pomiaru może znacząco wpłynąć na jego status oraz na odbiór wyrobu. Sprawdziany są rodzajem wzorca, którego pomiar odbywa się często przez wciskanie – organoleptycznie. W zależności od operatora zarówno sprawdzian, jak i wyrób może być różnie klasyfikowany, stąd najlepszym rozwiązaniem byłoby zastosowanie nowoczesnych urządzeń elektronicznych, gdyż wynik pomiaru podawany jest automatycznie. W ten sposób pomiar jest bardziej wiarygodny, można wykluczyć zarówno błąd ludzki, jak i zawodność systemu.

Implikacje dla teorii i praktyki

Szacowanie niepewności pomiaru wiąże się z dodatkowymi kosztami: zwiększeniem personelu oraz innych obostrzeń. Jak wskazują przeprowadzone eksperymenty, jest jednak niezbędne do stosowania w praktyce. Szersze ujęcie tego problemu będzie przedmiotem dalszych badań.

Słowa kluczowe: produkcja, przemysł zbrojeniowy, wyrób, sprawdzian, wyposażenie pomiarowe

Abstract.

Research objectives and hypothesis/research questions

The aim of this paper is to present partial results of an experimental study on the influence of measurement uncertainty on gauges used at different stages of product manufacture. The authors will answer the problem questions:

- What effect does a change in the standard, a change in the operator performing the measurement and environmental conditions have on the measurement result?
- How do the results of gauge measurements affect the perception of products?

A research hypothesis was formulated: it is assumed that the conditions and method of performing metrological confirmations of gauges have an impact on the quality and safety of manufactured products.

Research methods

In order to check the effect of selected measurement uncertainty magnitudes on the measurement result, a research experiment was conducted in which 10 jaw gauges were measured using: two gauges, two operators, and the measurement was performed at two different temperatures. In addition, the effect of temperature on gauge blocks (which is the main standard for jaw gauges) was compared using two gauge blocks: steel and ceramic with a nominal value of 100 [mm] with a grade K gauge block using a two-sensor comparator. An analysis of the gauge block check certificates (external and current) was also carried out, compiling the results of the center length error. The final element was the analysis of drawing assumptions for the ring thread gauge and M14x0.75-6h counter gauge, along with a comparison on real test objects.

Main results

The study confirms the validity of using laboratory conditions when performing metrological confirmations of gauges, since, depending on the required tolerance and type of gauge, the sum of all measurement uncertainties can significantly affect its status and the acceptance of the product. Gauges are a type of standard, the measurement of which is often done by pressing – organoleptically. Depending on the operator, both the gauge and the product can be classified differently, hence the best solution would be to use modern electronic devices, where the measurement result is given automatically. In this way, the measurement is more reliable, both human error and system unreliability can be excluded.

Implications for theory and practice

Estimating measurement uncertainty comes at an additional cost: increased personnel and other restrictions. However, as the experiments indicate, it is necessary for practical use. A broader treatment of this problem will be the subject of further research.

Keywords: production, armaments, product, gauge, measuring equipment

Wprowadzenie

Przedsiębiorstwa produkujące wyroby na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa dla Sił Zbrojnych RP, Policji, innych służb oraz dla NATO zobowiązane są do spełniania wielu wymagań prawnych i normatywnych.

Zazwyczaj przedsiębiorstwa dążą różnymi sposobami do zwiększenia zysku i wielkości sprzedaży swoich wyrobów. Jedną z metod jest wprowadzenie zintegrowanego systemu zarządzania jakością obejmującego normy ISO 9001, ISO 14001 i PN 18001 (zastąpioną obecnie przez ISO 45001). Wprowadzenie tego systemu daje organizacji wiele korzyści: zwiększenie zysków ze sprzedaży, zmniejszenie strat wewnętrznych, co w efekcie poprawia wizerunek i wiarygodność firmy, dzięki czemu może ona uzyskać bezpieczną pozycję na rynku (Popiel, 2009, s. 119).

Większość zakładów ma wdrożony System Zarządzania Jakością ISO 9001:2015 oraz jest zobligowana do stosowania wymagań AQAP 2110:2016 – Zapewnienie jakości w projektowaniu, pracach rozwojowych i produkcji, wydanie D, wersja 1. Przepis zawarty w pkt 5.3.2. dotyczy m.in. stosowania normy ISO 10012:2003 – Wymagania dotyczące procesów pomiarowych i wyposażenia pomiarowego. Wyposażenie pomiarowe jest niezbędne na każdym etapie produkcji i kontroli każdego wyrobu bez względu na jego zastosowanie czy przeznaczenie. Jest to także wymogiem tzw. „ustawy OiB” (Ustawa, 2006), deklaracją zgodności w zakresie obronności i bezpieczeństwa – oświadczenie dostawcy stwierdzające na jego wyłączną odpowiedzialność, że wyrób jest zgodny ze specyfikacją techniczną. Wszędzie, począwszy od badania materiałów na wejściu, przez badania laboratoryjne, badania pirotechniczne, po procesy obróbki skrawaniem, chemiczne, cieplne, badania międzyoperacyjne czy strzelania na stacji prób, używane przyrządy pomiarowe i sprawdziany powinny być wzorcowane i/lub sprawdzone w odniesieniu do wzorca oraz zabezpieczone przed nieuprawnionymi adiustacjami lub uszkodzeniami poddającymi pod wątpliwość późniejsze wyniki pomiarów.

Jest to ważne z kilku powodów:

- Wyrób lub jego część może zostać zakwestionowany/zakwestionowana podczas odbiorów RPW (rejonowy przedstawiciel wojskowy). Jeżeli do sprawdzenia wyrobów użyto przyrządu pomiarowego niespełniającego warunków wzorcowania, np. z przekroczonym terminem ważności, lub jeżeli przyrząd pomiarowy nie otrzymał kolejnego potwierdzenia metrologicznego ze względu na przekroczenia parametrów, cała partia może być skierowana do ponownej weryfikacji sprzętem z aktualnym statusem w celu potwierdzenia zgodności wyrobu z dokumentacją techniczno-technologiczną;
- Poszczególne elementy wyrobu mogą nie pasować do siebie, może wystąpić problem ze złożeniem/skręceniem całego wyrobu;

- Wyrób wadliwy nie zostanie sprzedany, narażając zakład na straty. Im dalszy etap zaawansowania produkcji, tym wyższe koszty;
- Elementy wyrobu dostarczane przez poddostawców muszą spełniać wymagania techniczne. Niedotrzymanie parametrów, w wyniku weryfikacji przez dostawcę, spowoduje odrzucenie towaru. Poddostawca poniesie koszty niezgodnych elementów, a dostawca nie będzie mógł zmontować wyrobu na czas, za co grożą kary umowne.

Produkcja sprzętu i uzbrojenia to wiele współzależnych czynników, takich jak ekonomiczno-finansowe, gospodarka, baza naukowo-techniczna, dostęp do nowoczesnych rozwiązań i technologii, sojusze polityczno-wojskowe, przemiany systemowe, współpraca międzynarodowa. Zachodzące procesy polityczne i gospodarcze mają istotny wpływ na zabezpieczenie potrzeb obronnych państwa, w tym nowoczesnego uzbrojenia (Żebrowski, 2016, s. 70).

Warunki techniczne na wykonanie i odbiór konkretnego wyrobu określają m.in. jakie przyrządy i sprawdziany muszą być użyte do potwierdzenia zgodności parametrów na poszczególnych etapach procesu. Mogą to być np. wagi laboratoryjne służące do ustalenia i określenia rzeczywistej masy ładunku, który powinien się zawierać między określonym poziomem minimum i maksimum. Sprawdziany długości naboju, kształtu naboju, średnicy łuski, średnicy szyjki łuski itp. do sprawdzenia twardości materiału zarówno przed dopuszczeniem do produkcji, jak i po poszczególnych operacjach hartowania niezbędne są np. twardościomierze i maszyny wytrzymałościowe. W niektórych wyrobach dużą rolę będzie odgrywał ciśnieniomierz elektroniczny zwykły o zakresie pomiarowym 0-4000 barów, badający wartość ciśnienia, czy wkrętaki i klucze dynamometryczne ustawione na żądane wielkości służące do montażu elementów.

Amunicja/inne środki bojowe w wojskach występuje/występują jako sformowana/sformowane w całości (wyrób) lub w komplety (elementy), a także uzbrojona/uzbrojone z wkręconymi (włożonymi) zapalnikami i zapłonnikami, oraz nieuzbrojona/nieuzbrojone, tj. bez zapalników lub zapłonników, oraz ćwiczebna/ćwiczebne i pozoracyjna/porozoracyjne z materiałami wybuchowymi do strzelań szkolnych oraz pozorowania wystrzałów, wybuchów i celów (Stępień, Borkowski, 2010, s. 7-14).

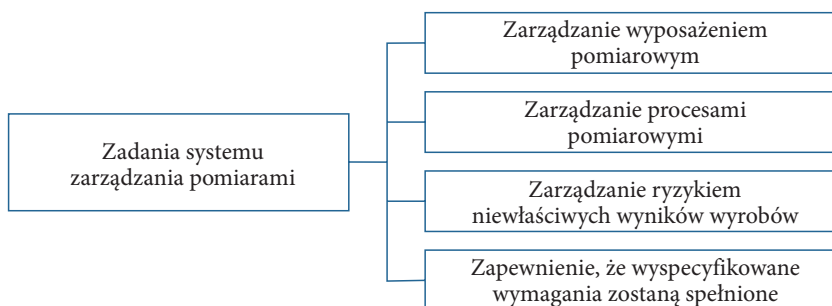
Celem artykułu jest przedstawienie cząstkowych wyników badań eksperymentalnych dotyczących wpływu niepewności pomiarowych na sprawdziany, używane na różnych etapach produkcji wyrobów w przemyśle zbrojeniowym.

1. System zarządzania pomiarami

Norma PN-EN-ISO 9001:2015 w pkt 7.1.5 określa wymagania dotyczące zasobów do monitorowania i pomiarów, które powinny być odpowiednie do specyficznego rodzaju podjętych działań oraz utrzymane w celu zapewnienia ich ciągłej przydatności do użycia zgodnie z przeznaczeniem. W celu zachowania spójności pomiarowej wyposażenie powinno być wzorcowane i/lub sprawdzone, zabezpieczone przed adiustacjami, mieć określony status. Jeżeli wyposażenie pomiarowe zostanie uznane za niezdatne, należy przeprowadzić działania korekcyjne i/lub korygujące oraz dokonać analizy wiarygodności poprzednich wyników.

Wymagania dotyczące procesów pomiarowych i wyposażenia pomiarowego, według normy ISO 10012:2003, dotyczą (Łagowski, Jasińska, 2022, s. 159) (zob. schemat 1):

- odpowiedzialności kierownictwa za określenie funkcji metrologicznych (administracyjne i techniczne określenie zakresu pomiarów) w organizacji oraz określenie celów jakości;
- zarządzanie zasobami, w tym personelem pomiarowym, informacjami dotyczącymi pomiarów i posiadanym wyposażeniem;
- realizacji przeglądów zarządzania i audytów systemu zarządzania pomiarami;
- analizy i doskonalenia systemu zarządzania pomiarami, w tym oceny zadowolenia klienta;
- potwierdzenia metrologicznego i realizacji procesów pomiarowych oraz oszacowania niepewności pomiarowej i spójności pomiarowej.



Schemat 1. Zadania systemu zarządzania pomiarami

Źródło: opracowanie własne na podstawie ISO 10012:2003

W organizacji należy określić i udokumentować wymagania dotyczące wyrobów i usług dostarczanych przez dostawców zewnętrznych na potrzeby systemu zarządzania pomiarami. Kryteria wyboru dostawców powinny być określone i udokumentowane, a wyniki oceny – przechowywane (Świdorski, 2007, s. 18-21).

Zasady wykonywania potwierdzeń metrologicznych wyposażenia pomiarowego:

- Wykonuje personel przeszkolony i upoważniony. Wykaz stempli wraz z podpisem personelu do poszczególnych grup metrologicznych przechowywany jest u osoby pełniącej funkcję metrologiczną;
- Na podstawie instrukcji sprawdzenia poszczególnych przyrządów pomiarowych odpowiednio oznaczonych – ułatwiających identyfikację, zatwierdzonych i zwalidowanych, nadzorowanych, aktualnych, dostępnych i dostarczanych na żądanie;
- Pomiar wykonany w nadzorowanym środowisku do zapewnienia wiarygodnych wyników, monitorowane i zapisywane, poprawki wprowadzone do wyników pomiarów;
- Zachowanie spójności pomiarowej z wzorcem państwowym jednostki miary przez przesłanie, np. płytek wzorcowych, do wzorcowania w Głównym Urzędzie Miar, uzyskanie świadectwa wzorcowania;
- Po przeprowadzonym potwierdzeniu metrologicznym wydanie świadectwa z wynikami pomiarów oraz wykonanie wpisów w karcie ewidencyjnej lub w przypadku sprawdzianu – metryki z wynikami pomiarów;
- Nadanie właściwego statusu na wyposażeniu pomiarowym, dostępnego dla operatora;
- Utrzymywanie zapisów potwierdzających funkcjonowanie systemu zarządzania pomiarami (rejstry sprawdzeń sprawdzianów, zapiski ze sprawdzeń sprzętów uniwersalnych, przechowywane zgodnie z procedurą przez określony czas).

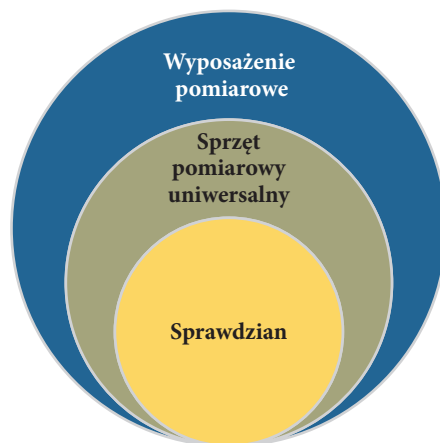
Nadzór nad wyposażeniem pomiarowym prowadzony jest przez: użytkowników sprzętu, pracowników wypożyczalni wydziałowych, pracowników izb pomiarów, osobę pełniącą funkcję metrologiczną w zakładzie. Ułatwieniem w tym zadaniu jest stosowanie harmonogramów wzorcowań/sprawdzeń sprzętu kontrolno-pomiarowego i/lub specjalnych programów elektronicznych opartych na intranecie zakładowym. Celem jest bezwzględne przestrzeganie terminów i przekazanie do potwierdzenia metrologicznego odpowiednio wcześniej oraz nieużywanie po upływie terminu na żadnym etapie jakiegokolwiek procesu. Każdy sprzęt kontrolno-pomiarowy w celu zachowania identyfikacji jest trwale oznakowany numerem fabrycznym i/lub numerem inwentarzowym. Aby uniknąć pomyłki podczas dokonywania sprawdzeń w izbie pomiarów, dodatkowo do numeru fabrycznego dodawane są kolejne numery, które nie mogą się dublować w zakładzie (dokumentacja zakładowa).

W celu uporządkowania działań w izbie pomiarów zaleca się zastosowanie normy 17025:2017 – Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących (Łagowski, Jasińska 2022, s. 160).

2. Sprawdziany w systemie zarządzania pomiarami

Wyposażenie pomiarowe w dużych organizacjach przemysłowych dzieli się zazwyczaj na: uniwersalne i specjalne (zob. schemat 2). Wśród uniwersalnych wyróżnia się przyrządy pomiarowe z różnych grup metrologicznych: masa, siła, własności mechaniczne, własności fizyko-chemiczne, ciśnienie, temperatura, czas itd.

Do specjalnych zalicza się sprawdziany przypisane do konkretnego wyrobu i określające wybrane parametry, np. wysokość, szerokość, rozstaw otworów itp. Sprawdziany odgrywają istotną rolę w produkcji seryjnej wyrobów, w przypadku której produkowana jest duża liczba powtarzalnych elementów. Zaletą używania sprawdzianów jest łatwość w obsłudze, zazwyczaj nie wymagają ustawień, tak jak to bywa w przyrządach pomiarowych uniwersalnych, po krótkim przeszkoleniu osoby o niskich kwalifikacjach mogą sprawdzać produkcję, nie ma konkretnego wyniku pomiaru, a jedynie zakwalifikowanie elementu jako zgodny lub niezgodny.



Schemat 2. Podział wyposażenia pomiarowego

Źródło: opracowanie własne

Sprawdziany można zastosować wszędzie tam, gdzie ze względów bezpieczeństwa nie należy stosować innych przyrządów, np. przyrządów elektronicznych w strefach wybuchowych.

Wykonywanie potwierdzeń metrologicznych sprawdzianów wiąże się z wieloma czynnikami wpływającymi na niepewność pomiarową, np. zależy od użytego przyrządu wzorcowego (jego stanu technicznego, zużycia, klasy przyrządu), personelu wykonującego pomiar (doświadczenia, bezstronności, predyspozycji), warunków środowiska pomiaru, np. parametry fizyko-chemiczne otoczenia (Łagowski, Jasińska, 2022, s. 160).

Wpływ poszczególnych charakterystyk metrologicznych na niepewność pomiaru zależy od procesu pomiarowego. Znajomość wartości charakterystyk metrologicznych może być podstawą projektu procesu pomiarowego i wyboru sprzętu pomiarowego. W przypadku płytek wzorcowych są to np. odchyłki płaskości i równoległości, mogą to być także współczynnik rozszerzalności cieplnej, stabilność wymiarowa czy odchyłki prostopadłości (Jakubiec, Wojtyła, 2013, s. 6).

Podstawowym zadaniem pomiarów jest pozyskanie wiarygodnych informacji jakościowych i ilościowych na temat badanego obiektu, tak aby otrzymane wyniki badań służyły określonej celowi. Błędne wyniki powodują dezinformację, co może prowadzić do podejmowania nieprawidłowych decyzji. Znajomość niepewności pomiarów wyników badań jest bardzo ważnym elementem dla klientów i instytucji korzystających z tych wyników (Terenowski, 2010, s. 77).

3. Metodyka badań

W celu sprawdzenia wpływu wybranych wielkości niepewności pomiaru na wynik pomiaru przeprowadzono eksperyment badawczy, w którym wykonano pomiary 10 sprawdzianów szczękowych (9 sprawdzianów posiadających stronę przechodnią SP i nieprzechodnią SN, 1 sprawdzian nr 6 posiadający tylko stronę nieprzechodnią SN) (zob. rys. 1). Miejsce wykonania badania – jedna z izb pomiarów MESKO S.A. Skarżysko-Kamienna.



Rys. 1. Sprawdziany szczękowe i komplet płytek wzorcowych

Źródło: MESKO S.A., 2024

Wzorcem zapewniającym spójność pomiarową z wzorcem krajowym były płytki wzorcowe, które złożono w stos odpowiadający wymiarom nominalnym szczęk SP i SN.

Termohigrometr sprawdzony wewnętrznie (z aktualnym statusem).

Wykonano następujące pomiary:

- pierwsze porównanie – zmienną były płytki wzorcowe (używane nr fabryczny 2605350 i nowe nr fabryczny 2000344). Temperatura wykonywania pomiarów w obu przypadkach 23°C, bez klimatyzacji, ten sam operator (kolumny I i II);
- drugie porównanie – zmienną był operator (pierwszy bez doświadczenia i drugi z kilkuletnim doświadczeniem). Temperatura wykonywania pomiarów w obu przypadkach 20°C, klimatyzacja, sprawdziany przechowywane w chłodziarce w temp. 8°C, płytki wzorcowe te same nr fabryczny 2000344 (kolumny III i IV);
- trzecie porównanie – zmienną była temperatura w pomieszczeniu 20°C, sprawdziany przechowywane w chłodziarce w temp. 8°C, w drugim przypadku temperatura 24°C (sprawdziany przechowywane w tej samej temperaturze co płytki wzorcowe) i operator ten sam, płytki wzorcowe nr fabryczny 2000344 (kolumny III i V).

W dalszej części wykonano dodatkowe badania dotyczące wpływu temperatury na płytki wzorcowe, będące głównym wzorcem dla sprawdzianów szczękowych oraz innych przyrządów uniwersalnych. Przeprowadzono także analizę założeń rysunkowych dla sprawdzianu pierścieniowego oraz przeciw sprawdzianu PG min. M14x0,75-6h wraz z porównaniem na realnych obiektach badawczych.

4. Wyniki

W tabeli 1 przedstawiono surowe wyniki pomiarów sprawdzianów szczękowych przeznaczone do różnych elementów i różnych wyrobów wraz z tolerancjami.

Dane z tabeli 1 przedstawiono na wykresach 1-6.

Porównując wyniki pomiaru sprawdzianów szczękowych płytkami wzorcowymi używanymi wcześniej i nowymi, można zauważyć, że różnica między używanymi a nowymi płytkami dla strony przechodniej SP wynosi od +0,003 do +0,01 [mm] oraz od +0,004 do +0,01 [mm] dla strony nieprzechodniej SN. Płytki wzorcowe nowe, o mniejszych odchyłkach na brzegach – do pokrycia wartości nominalnej szczęki potrzeba stosu płytek o mniejszej wartości nominalnej.

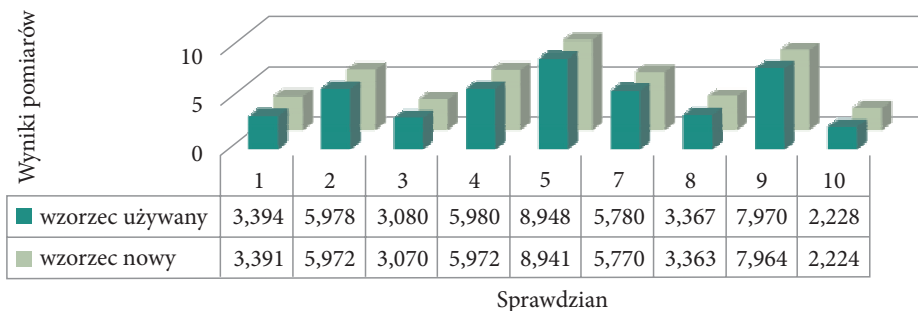
Tabela 1. Wyniki pomiarów sprawdzianów szczękowych

Lp.	Parametry sprawdzane	Gran. zuż.	Wyniki pomiarów				
			Płytki wzorcowe używane I	Płytki wzorcowe nowe II	Operator I III temp. 20°C	Operator 2 IV	Operator 1 V temp. 24°C
1.	Sp 3,374 + 0,008 SpK 3,388 + 0,005 Sn 3,306 + 0,008		7.11.2022 1,39 + 1 + 1,004 = = 3,394 1,31 + 1 + 1,003 = = 3,313 1,31 + 1 + 1,006 = 3,316	01.12.2022 1,39 + 1 + 1,001 = 3,391 1,31 + 1 + 1,003 = = 3,313	25.09.2024 1,38 + 1 + 1,009 = 3,389 1,31 + 1 + 1,002 = = 3,312	26.09.2024 1,39 + 1 + 1,004 = 3,394 1,31 + 1 + 1,005 = = 3,315	21.10.2024 1,39 + 1 + 1,002 = 3,392 1,31 + 1 + 1,004 = = 3,314
	Status sprawdzianu		niezgodny	zgodny	zgodny	niezgodny	zgodny
2.	Smax 5,975 + 0,010 Smin 5,855 + 0,010	6,000	3 + 1,47 + 0,5 + 1,008 = 5,978 3 + 1,35 + 0,5 + 1,008 = 5,858	3,5 + 1,47 + 1,002 = = 5,972 3,5 + 1,35 + 1,001 = = 5,851	3,5 + 1,47 + 1,004 = = 5,974 2,5 + 1,34 + 1,01 + 1,001 = 5,851	3,5 + 1,47 + 1,007 = = 5,977 3,5 + 1,35 + 1,006 = = 5,856	3,5 + 1,47 + 1,005 = = 5,975 3,5 + 1,35 + 1,005 = = 5,855
	Status sprawdzianu		zgodny	niezgodny	niezgodny	zgodny	zgodny
3.	Sp 3,078 + 0,009 Sn 2,895 + 0,009	3,095	2 + 1,08 = 3,080 1,39 + 0,5 + 1,006 = = 2,896	1,06 + 1,01 + 1 = = 3,070 1,38 + 0,5 + 1,008 = = 2,888	1,06 + 1,01 + 1,004 = 3,074 1,38 + 0,5 + 1,008 = = 2,888	1,07 + 1 + 1,008 = = 3,078 1,39 + 0,5 + 1,005 = = 2,895	1,07 + 1 + 1,006 = = 3,076 1,38 + 0,5 + 1,008 = = 2,888
	Status sprawdzianu		zgodny	niezgodny	niezgodny	zgodny	niezgodny
4.	Sp 5,972 + 0,012 Spk 5,992 + 0,004 Sn 5,834 + 0,012	5,989 WKJ 5,996 OW 6,000	4,5 + 1,48 = 5,980 4,5 + 1,34 = 5,840	3,5 + 1,47 + 1,002 = = 5,972 3,5 + 1,33 + 1,002 = = 5,832	3,5 + 1,47 + 1,005 = = 5,975 3,5 + 1,33 + 1,003 = = 5,833	4,5 + 1,48 = 5,980 3,5 + 1,33 + 1,008 = = 5,838	3,5 + 1,47 + 1,006 = = 5,976 3,5 + 1,33 + 1,005 = = 5,835
	Status sprawdzianu		zgodny	niezgodny	niezgodny	zgodny	zgodny
5.	Sp 8,939 + 0,015 Sn 8,787 + 0,015	8,967	6,5 + 1,44 + 1,008 = = 8,948 6,5 + 1,28 + 1,008 = = 8,788	6,5 + 1,44 + 1,001 = = 8,941 6,5 + 1,28 + 1,002 = = 8,782	6,5 + 1,43 + 1,007 = = 8,937 6,5 + 1,28 + 1,006 = = 8,786	6,5 + 1,44 + 1,003 = = 8,943 6,5 + 1,28 + 1,008 = = 8,788	6,5 + 1,43 + 1,01 = = 8,940 6,5 + 1,28 + 1,009 = = 8,789
	Status sprawdzianu		zgodny	niezgodny	niezgodny	zgodny	zgodny

Lp.	Parametry sprawdzane	Gran. zuż.	Wyniki pomiarów				
			Płytki wzorcowe używane I	Płytki wzorcowe nowe II	Operator I III temp. 20°C	Operator 2 IV	Operator 1 V temp. 24°C
6.	Sn 4,917 + 0,005		7.11.2022 3,5 + 1,42 = 4,920	01.12.2022 2,5 + 1,41 + 1,001 = 4,911	25.09.2024 2,5 + 1,41 + 1,003 = 4,913	26.09.2024 2,5 + 1,41 + 1,007 = 4,917	21.10.2024 2,5 + 1,41 + 1,006 = 4,916
	Status sprawdzianu		zgodny	niezgodny	niezgodny	zgodny	niezgodny
7.	Sp 5,772 + 0,012 SpK 5,792 + 0,008 Sn 5,494 + 0,012	5,7935 5,800	3 + 1,7 + 1,08 = 5,780 4,5 + 1,002 = 5,502	2 + 1,7 + 1,07 + 1 = 5,770 3 + 1,49 + 1,002 = 5,492	2 + 1,7 + 1,07 + 1,002 = 5,772 3 + 1,49 + 1,005 = 5,495	2 + 1,7 + 1,07 + 1,007 = 5,777 3 + 1,49 + 1,008 = 5,498	2 + 1,7 + 1,07 + 1,006 = 5,776 3 + 1,49 + 1,007 = 5,497
	Status sprawdzianu		zgodny	niezgodny	zgodny	zgodny	zgodny
8.	Sp 3,365 + 0,004 SpK 3,372 + 0,004 Sn 3,348 + 0,004	3,373 3,376	1,36 + 1 + 1,007 = 3,367 1,34 + 1 + 1,01 = 3,350	1,36 + 1 + 1,003 = 3,363 1,34 + 1 + 1,003 = 3,343	1,36 + 1 + 1,005 = 3,365 1,34 + 1,005 + 1,002 = 3,347	1,36 + 1 + 1,008 = 3,368 1,34 + 1,005 + 1,006 = 3,351	1,36 + 1 + 1,007 = 3,367 1,34 + 1,005 + 1,004 = 3,349
	Status sprawdzianu		zgodny	niezgodny	niezgodny	zgodny	zgodny
9.	Sp 7,965 + 0,015 SpK 7,996 + 0,004 Sn 7,6325 + 0,015	Rob 7,9865 OKT 7,996 8,000	6,5 + 1,47 = 7,970 6,5 + 1,14 = 7,640	5,5 + 1,46 + 1,004 = 7,964 5,5 + 1,13 + 1,003 = 7,633	5,5 + 1,45 + 1,005 = 7,955 5,5 + 1,13 + 1,004 = 7,634	5,5 + 1,45 + 1,006 = 7,956 5,5 + 1,13 + 1,009 = 7,639	5,5 + 1,45 + 1,004 = 7,954 5,5 + 1,13 + 1,007 = 7,637
	Status sprawdzianu		zgodny	niezgodny	niezgodny	niezgodny	niezgodny
10.	Sp 2,22 + 0,004 Sn 2,178 + 0,004	2,24	1,008 + 1,2 = 2,228 1,01 + 1,17 = 2,180	1,22 + 1,004 = 2,224 1,17 + 1,005 = 2,175	1,22 + 1,00 = 2,225 1,17 + 1,006 = 2,176	1,22 + 1,008 = 2,228 1,17 + 1,01 = 2,180	1,22 + 1,007 = 2,227 1,17 + 1,009 = 2,179
	Status sprawdzianu		zgodny	niezgodny	niezgodny	zgodny	zgodny

Źródło: opracowanie własne

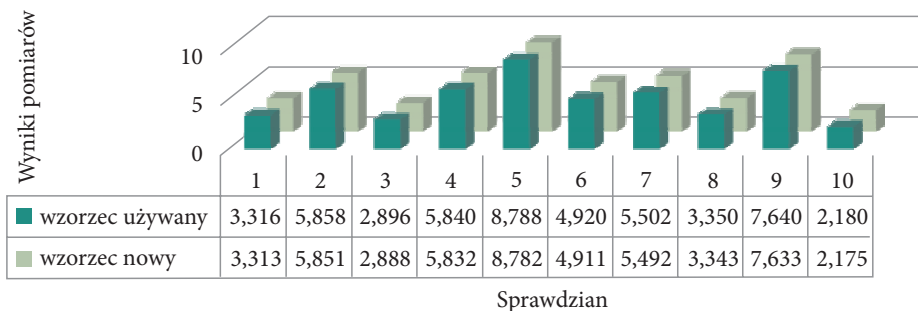
Zestawienie wyników pomiaru sprawdzianów SP w zależności od użytego wzorca



Wykres 1. Wykres kolumnowy SP dotyczący pierwszego porównania – zmiana wzorca: używany i nowy

Źródło: opracowanie własne

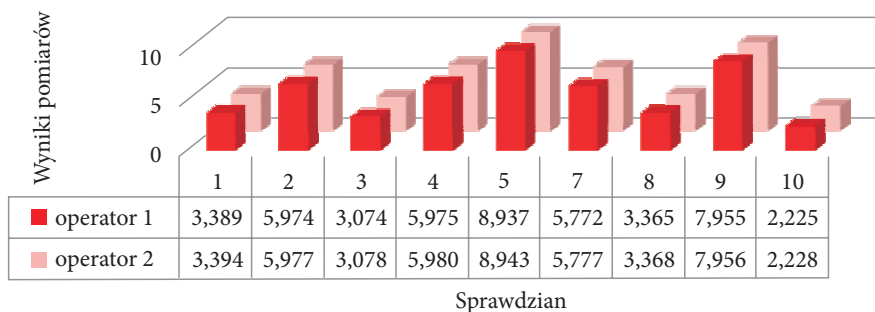
Zestawienie wyników pomiaru sprawdzianów SN w zależności od użytego wzorca



Wykres 2. Wykres kolumnowy SN dotyczący pierwszego porównania – zmiana wzorca: używany i nowy

Źródło: opracowanie własne

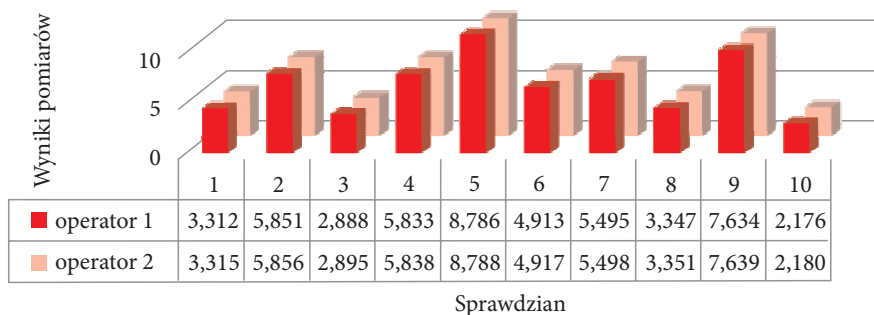
Zestawienie wyników pomiaru sprawdzianów SP w zależności od operatora



Wykres 3. Wykres kolumnowy SP dotyczący drugiego porównania – zmiana operatora 1 i 2

Źródło: opracowanie własne

Zestawienie wyników pomiaru sprawdzianów SN w zależności od operatora



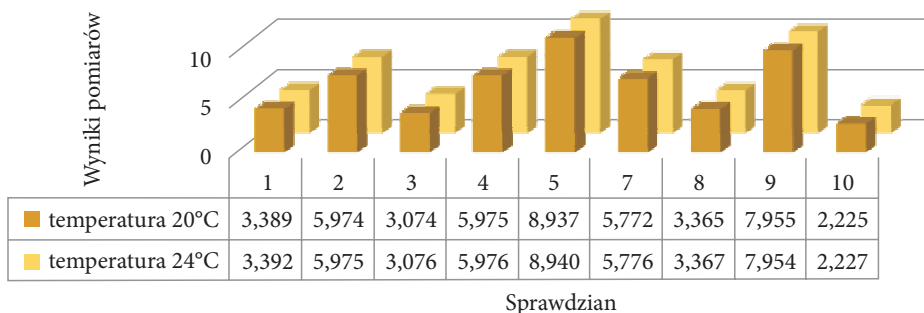
Wykres 4. Wykres kolumnowy SN dotyczący drugiego porównania – zmiana operatora 1 i 2

Źródło: opracowanie własne

Porównując wyniki pomiarów sprawdzianów wykonane przez dwóch różnych operatorów, można zauważyć, że wyniki dla strony przechodniej SP różnią się od $+0,001$ do $+0,005$ [mm] dla operatora doświadczonego. Operator niedoświadczony, tworząc stos płytek wzorcowych, nie złożył ich właściwie (płytki powinny się skleić), powodując powstanie szczeliny powietrza. Różnica dla strony nieprzechodniej SN wynosi od $+0,002$ do $+0,007$ [mm]. Im więcej użytych płytek wzorcowych, tym więcej możliwości tworzenia się szczeliny i różnica pomiaru pomiędzy operatorami będzie większa.

Porównując wyniki pomiarów sprawdzianów w związku ze zmianą temperatury z 20°C do 24°C , można zauważyć, że różnica dla SP wynosi maks. $+0,003$ [mm] oraz maks. $+0,004$ [mm] dla SN (dla temperatury wyższej). Wartości zmiany są niewielkie z uwagi na rozmiary mierzonych szczęk (zob. tabelę 2).

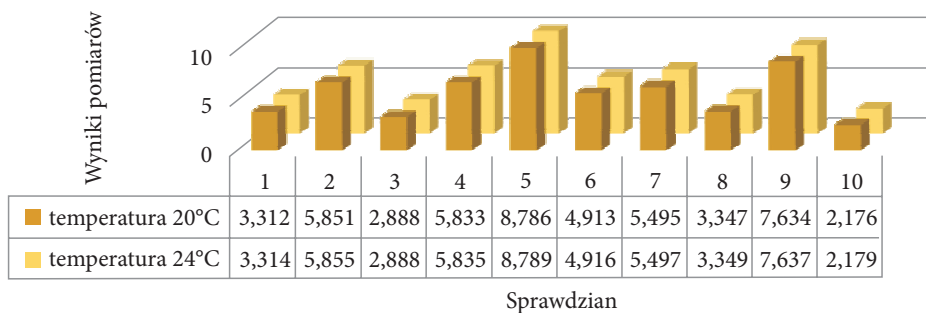
Zestawienie wyników pomiaru sprawdzianów SP w zależności od temperatury



Wykres 5. Wykres kolumnowy SP dotyczący trzeciego porównania – zmiana temperatury

Źródło: opracowanie własne

Zestawienie wyników pomiaru sprawdzianów SN w zależności od temperatury



Wykres 6. Wykres kolumnowy SN dotyczący trzeciego porównania – zmiana temperatury

Źródło: opracowanie własne

Tabela 2. Różnice w sprawdzeniach poszczególnych sprawdzianów w [μm]

	Δ wzorzec [μm]	Δ operator [μm]	ΔT [μm]	Maksymalna suma Δ [μm]
1 Sp	3	5	3	11
1 Sn	3	3	2	8
2 Smax	6	3	1	10
2 Smin	7	5	4	16
3 Sp	10	4	2	16
3 Sn	12	3	0	15
4 Sp	8	5	1	14
4 Sn	8	5	2	15
5 Sp	7	4	3	14
5 Sn	6	2	3	11
6 Sn	9	4	3	16
7 Sp	10	5	4	19
7 Sn	10	3	2	15
8 Sp	4	3	2	9
8 Sn	7	4	2	13
9 Sp	6	1	1	8
9 Sn	7	5	3	15
10 Sp	4	3	2	9
10 Sn	5	4	3	12

Źródło: opracowanie własne

4.1. Temperatura a płytki wzorcowe

Wpływ temperatury na wyposażenie pomiarowe jest widoczny w przeprowadzonym badaniu porównawczym płytek wzorcowych o długości nominalnej 100 [mm]. Na komparatorze dwuczujnikowym F-my MAHR o numerze fabrycznym 1168/21 wykonano pomiar dwóch płytek wzorcowych:

- pierwsza płytka wzorcowa stalowa z kompletu nr fabryczny 2000344;
- druga płytka wzorcowa ceramiczna z kompletu nr fabryczny 2104523.

Do obu porównań użyta została płytka stalowa z kompletu wzorcowego klasy K nr fabryczny 2201557, temperatura w pomieszczeniu 22°C.

W przypadku pierwszej płytki stalowej – w związku z ograniczeniem przez trzymanie w dłoniach przez 90 [s] – nastąpił wzrost odchyłki długości środkowej o 5,2 [μm], natomiast w drugim przypadku płytka ceramiczna zwiększyła długość środkową o 4,3 [μm]. Wynika z tego, że przy wszelkich pomiarach, w których będą używane płytki wzorcowe, należy stosować rękawiczki bawełniane oraz dostępne przyrządy pomocnicze, aby nie nagrzewać płytek i nie wpływać na wynik pomiaru sprawdzianów lub innych przyrządów uniwersalnych, w których wzorcem długości są płytki. Trzeba także mieć na uwadze, że płytka ceramiczna nagrzewa się wolniej niż stalowa, jest bardziej odporna na wzrost temperatury.

Innym przykładem wpływu warunków środowiskowych na komplet płytek wzorcowych jest porównanie wyników pomiaru płytek wzorcowych (zakupionych w klasie 0) numer fabryczny 2000344 używanych do badania wspomnianych sprawdzianów szczegółowych. Zgodnie z certyfikatem dostarczonym wraz z płytkami wzorcowymi pomiar wykonano w firmie Mitutoyo w styczniu 2020 r. W marcu 2024 r. wykonano sprawdzenie tychże płytek z użyciem komparatora dwuczujnikowego nr 1168/21. Wynikło z tego sprawdzenia, że błąd długości środkowej uległ znacznej zmianie, nie tylko w wyniku użytkowania, na co wskazują wartości ze znakiem minus, lecz także zwracają uwagę wartości ze znakiem plus, które mogą świadczyć o niewłaściwym przechowywaniu płytek, tj. w porze letniej przechowywanie w nagrzanym, nasłonecznionym pomieszczeniu, natomiast w porze jesiennej oraz wiosennej, gdy noce są chłodne, a nie ma włączonego ogrzewania, temperatura spada do 16°C. Brak stabilności temperatury. Różnica w miejscu przechowywania wynosząca 10°C powoduje wzrost błędu środkowego, który jest zmianą nieodwracalną i kwalifikuje płytki wzorcowe według instrukcji zakładowej w trzeciej klasie. Należy zaznaczyć, że przekroczenie wartości dopuszczalnych na jednej płytce wzorcowej kwalifikuje cały komplet w niższej klasie. Zgodnie z normą PN-EN ISO 3650:2000 – Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – Wzorce długości – Płytki wzorcowe występują cztery klasy płytek: K, 0, 1, 2 (zob. tabelę 3).

Tabela 3. Porównanie błędów długości środkowej z certyfikatów dla wybranych wartości nominalnych płytek

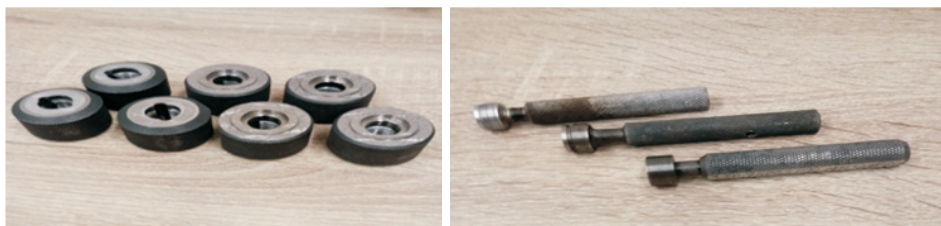
Długość nominalna [mm]	Certyfikat Mitutoyo 22.01.2020	Sprawdzenie wewnętrzne 12.03.2024
	Błąd długości środkowej [μm]	Błąd długości środkowej [μm]
1.45	+0,04	+0,09
3.50	0,00	+0,08
10.50	+0,07	+0,13
60.00	+0,07	+0,32
25.00	-0,04	-0,07
90.00	+0,03	-0,06

Źródło: opracowanie własne

Płytki wzorcowe są wrażliwe nie tylko na zmianę temperatury i wilgotności, lecz także niewskazany jest nawiew powietrza z klimatyzacji, gdyż wykonywany pomiar wydłuża się, urządzenie podaje wyniki do chwili ustabilizowania się temperatury, czego można było doświadczyć, przeprowadzając eksperymenty.

4.2. Niepewności pomiaru a sprawdzian gwintowy

Zgodnie z normą PN-ISO 1502:1998 – Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia – Sprawdziany i sprawdzanie uprzywilejowaną metodą pomiaru sprawdzianów gwintowych pierścieniowych jest przeciw sprawdzian. Powinien być sprawdzony przeciw sprawdzianem przechodnim i nieprzechodnim oraz powinien być systematycznie monitorowany przeciw sprawdzianem zużycia (zob. rys. 2).



Rys. 2. Sprawdziany gwintowe pierścieniowe przechodnie M14x0,75-6h i przeciw sprawdziany

Źródło: MESKO S.A., 2024

Przeciwsprawdzian gwintowy przechodni przy ręcznym wkręcaniu bez nadmiernego wysiłku powinien przechodzić przez nowy sprawdzian gwintowy pierścieniowy stały przechodni. Przeciwsprawdzian nieprzechodni stały może wchodzić z każdej strony na nie więcej niż jeden zwój przy ręcznym wkręcaniu bez nadmiernego wysiłku. Producent wykonał sprawdziany, bardzo mocne w granicach nominalu, przy pomiarze sprawdzianów skorzystał z innej metody niż kontrola metrologiczna przeciwsprawdzianami. Nie ustalił metody pomiaru z zamawiającym. Nowe sprawdziany przed przekazaniem do pomiaru elementów wyrobu są sprawdzane w izbach pomiarów za pomocą wcześniej zakupionych przeciwsprawdzianów. Sprawdzenia nie udało się skutecznie przeprowadzić ze względu na zbyt ciasne sprawdziany pierścieniowe.

Tabela 4. Parametry gwintu M14x0,75-6h dla sprawdzianu i PG min

Symbol	Spr. SG maks. M14x0,75-6h	PG min. M14x0,75-6h
Sprawdzane parametry	Ds=14,063min	14,009-0,018
	D2s = 13,504+0,014	d2s = 13,500-0,008
	D1s = 13,181+0,014	d1s = 13,063maks

Źródło: opracowanie na podstawie rysunków konstrukcyjnych MESKO S.A.

Jak wynika z danych w tabeli 4, różnica między podziałową sprawdzianu M14x0,75-6h i przeciwsprawdzianu PG min. M14x0,75-6h przy wymiarach nominalnych wynosi 0,004 [mm]. Brak możliwości wkręcenia przeciwsprawdzianu PG min w sprawdzian zgodnie ze wspomnianą normą dyskwalifikuje przekazanie sprawdzianów do produkcji. Istnieje realne zagrożenie powstania braków. Kontroler sprawdzający wyrób mógłby dopuszczać elementy o zbyt małym gwincie, a odrzucać elementy grubsze. Pomimo istniejącej obliczeniowej różnicy w tolerancji dla nominalu sprawdzianu i przeciwsprawdzianu czynniki niepewności pomiaru, tj. temperatura, błąd przy wykonaniu sprawdzianu dotyczącego skoku lub kąta, wpłynął na brak potwierdzenia metrologicznego.

Ryzyko powstania braków stanowi jeden z rodzajów ryzyka operacyjnego. Ryzyko operacyjne jest ryzykiem strat materialnych i reputacyjnych oraz odpowiedzialności prawnej, wynikających z niedostosowania lub zawodności procesów i niezbędnych dla nich zasobów (osobowych, materialnych, informacyjnych i finansowych), a powstających w wyniku zakłóceń będących następstwem oddziaływania zagrożeń wewnętrznych i zewnętrznych (Zawiła-Niedźwiecki, 2013, s. 62).

5. Dyskusja

W literaturze przedmiotu brak jest odniesienia do badań wyposażenia pomiarowego używanego w przemyśle zbrojeniowym oraz jego wpływu na wyrób, głównie ze względów bezpieczeństwa informacji. Występują wymagania ogólne przedstawiające zagadnienia związane ze stosowaniem normy 10012:2003 lub odnoszące się do zintegrowanych systemów zarządzania jakością.

Z przeprowadzonych eksperymentów badawczych wynika, że w przypadku sprawdzianów szczękowych sprawdzanych w różnych kombinacjach, tj. z użyciem dwóch wzorców, dwóch operatorów i przy zmienionej temperaturze, suma niepewności pomiarowych ma znaczący wpływ na uzyskanie potwierdzenia metrologicznego sprawdzianu i przekazanie go do dalszej pracy na produkcji lub w kontroli. W zależności od użytych płytek wzorcowych, operatora czy temperatury ten sam sprawdzian może być zakwalifikowany jako zgodny lub niezgodny.

Jak można zauważyć w tabeli 2, maksymalna suma różnic badanych czynników dla sprawdzianu nr 7 SP wynosi 0,019 [mm]. Praktycznie wynik ten po dodaniu do nominału pochłania całą tolerancję dla strony przechodniej roboczej i kontrolnej. Nie wiemy, czy jeden z czynników nie zmieni się np. przez wzrost temperatury, wykonywanie pomiarów bez rękawiczek, przetrzymywanie płytek wzorcowych w dłoniach, użycie płytek wzorcowych o innym nominale, które mogą mieć większe błędy długości środkowej.

Sprawdzian nr 7 posiada również stronę nieprzechodnią, dla której suma wynikająca z różnic czynników badanych wynosi 0,015 [mm]. Jest to wartość większa od tolerancji SN. Nadając status metrologiczny dla sprawdzianu, musimy mieć na względzie dwie strony SP i SN, przekroczenie tolerancji jednej z nich dyskwalifikuje sprawdzian. Trzeba też uwzględnić fakt, że jeżeli sprawdzian trafi na produkcję, będzie używany w liczbie sztuk partii sprawdzanego elementu wyrobu. Stąd też należy przewidzieć, aby w trakcie kontroli elementów nie przekroczył on tolerancji rysunkowych. Jeżeli nie uwzględni się odchyłek dotyczących zużycia płytek wzorcowych oraz poprawek do temperatury oraz innych czynników, wynik pomiaru może być wypaczony. Sytuacja ta dotyczy wszystkich badanych sprawdzianów szczękowych. Wszędzie sumy różnic między używanymi wzorcami, operatorami czy zmianą temperatury są duże i w zależności od zakresu pomiarowego sprawdzianu przekraczają tolerancję, np. sprawdzian nr 10 – dwukrotnie dla SP i trzykrotnie dla SN. Sprawdziany szczękowe kontrolują wysokość, szerokość wyrobu, średnicę zewnętrzną gwintu zewnętrznego. Skutkiem wykonania odbioru elementów niezgodnym sprawdzianem jest wykonanie wadliwej produkcji. Każda odchyłka od normy może być niebezpieczna dla kontrolera i użytkownika wykonującego strzelanie na stacji prób lub poligonie oraz może wpływać niekorzystnie na niezawodność wyrobu i jego skuteczność.

Wyrób zbyt długi, ciężki, o większej średnicy po przekroczeniu wymaganych błędów dopuszczalnych dla poszczególnych parametrów, nie spełni wymagań. Do odbioru np. pocisków małego kalibru stosowane są *Procedury kontroli wyrывkowej metodą alternatywną. Część 1: Schematy kontroli indeksowane na podstawie granicy akceptowanej jakości (AQL) stosowane do kontroli partii za partią*. W zależności od liczebności próbki, np. dla liczebności partii od 3201 do 10 000, przy ogólnym poziomie drugim stosuje się literową liczbę próbek L (tablica 1 PN-ISO 2859-1). Czyli przy pierwszej próbce do badania wybierane jest 125 sztuk wyrobu, z czego tylko jeden może być niezgodny, przy próbce drugiej zwiększamy liczbę próbek do 250 sztuk i mogą być niezgodne tylko dwa wyroby (tablica 3-A PN-ISO 2859-1). Są to bardzo „wysrubowane” wymagania, stąd używane sprawdziany i przyrządy uniwersalne muszą spełniać wszelkie tolerancje i wymagania producenta.

Troskę o zapewnienie jakości można nazwać nieustanną walką z prawem Murphy’ego, głoszącym, iż jeśli istnieje najmniejsza szansa, że coś może pójść źle, to prędzej czy później tak się stanie. Dlatego tak ważna jest niezawodność w przemyśle zbrojeniowym. Najbliższa usterka może kosztować ludzkie życie. Stąd też przeniesienie rozwiązań projakościowych na inne branże przemysłu i usług jest niewątpliwie przyczynkiem do doskonalenia produktów oraz zapewnienia jakości na poziomie oczekiwanym przez klientów (Figarski, 2016, s. 73).

Przemysł zbrojeniowy dla państwa i społeczeństwa występuje z reguły w każdym państwie w kilku rolach (Klimek, 2018, s. 144-156):

- jako gwarant bezpieczeństwa państwa, który w okresie zagrożenia potrafi zapewnić armii środki walki;
- jako narzędzie polityki, zgodnie z zasadą, która mówi, że silna armia i silny przemysł zbrojeniowy, pozwala budować silną pozycję polityczną w kraju;
- jako jeden z filarów eksportu z reguły wysoce rentownych wyrobów;
- jako najnowocześniejszy przemysł z rozbudowaną strefą badawczą, w którym powstaje najwięcej innowacji, mających później zastosowanie w przemyśлах niezwiązanych z armią.

Podsumowanie

System zarządzania pomiarami pełni bardzo ważną rolę w przemyśle zbrojeniowym: sposób zarządzania personelem wykonującym pomiary z różnych grup metrologicznych, dobór właściwego wyposażenia do obiektu mierzzonego, dobór właściwych procesów pomiarowych, nadzór całości dokumentacji, zapisów pomiarowych, przestrzeganie terminów wzorcowań/sprawdzeń, środowiska wykonywania pomiarów, nadzór nad dostawcami usług metrologicznych – są to czynności niezbędne do uzyskania jakości, niezawodności i bezpieczeństwa wyrobu.

Zakład zbrojeniowy produkujący lotnicze środki bojowe, w tym pociski kierowane przeciwpancerne, jest zobligowany w ramach badania OiB poddać je: badaniu prędkości maksymalnej, początkowej, w wybranej odległości, sprawdzeniu czasu lotu na określonej odległość, czasu balistycznego, hermetyczność, fragmentację, skupienie pocisków na tarczy, sprawdzeniu cech fizycznych, tj. długość, średnica i masa itd. (OiB, 2022). Aby wyrób osiągnął wszystkie parametry, musi być nadzorowany, kontrolowany i sprawdzany, począwszy od doboru materiału, przez poszczególne etapy powstawania elementów, aż do wyrobu gotowego. Do wszystkich procesów potrzebne jest wyposażenie pomiarowe. Z przeprowadzonego eksperymentu i porównań wynika, że na sprawdziany oraz płytki wzorcowe mają wpływ używane wzorce, operator wykonujący pomiar oraz temperatura w chwili pomiaru oraz podczas przechowywania. Sprawdzian może być błędnie zakwalifikowany jako zgodny lub niezgodny, powodując, że trafi do produkcji lub kontroli i tam będzie wykorzystywany do pomiaru tysięcy elementów. Błędna kwalifikacja może powodować powstanie braków. W każdym przypadku wiąże się to z kosztami: energii, materiału, pracy personelu. Nawet jeżeli elementy uda się naprawić, to także generuje to koszt: rozkręcania, wymiany itp., w zależności od etapu wykorzystania sprawdzianu. W celu uniknięcia błędu pomiaru należy: stosować procedurę szacowania niepewności pomiaru dla każdego procesu pomiarowego, poprawki dla każdej zmiennej, wyznaczyć budżet niepewności pomiaru, oszacować niepewność pomiaru. Rozwiązaniem usprawniającym pracę w izbach pomiarów i niektórych wydziałach jest zastosowanie urządzeń elektronicznych, które eliminują lub zmniejszają wpływ składników niepewności. Wynik podawany jest automatycznie i uwzględnia temperaturę mierzonego elementu. Nie wszędzie jest możliwe zastosowanie takich rozwiązań, ze względu m.in. na bezpieczeństwo operatora wykonującego pomiary oraz liczbę potrzebnych maszyn (przy dużej różnorodności produkcji i mnogości elementów do każdego wyrobu). Potwierdza się zatem hipoteza, że warunki i sposób wykonywania potwierżeń metrologicznych sprawdzianów mają wpływ na jakość i bezpieczeństwo wyrobów. Szersze ujęcie tego problemu będzie przedmiotem dalszych badań.

BIBLIOGRAFIA

- [1] AQAP 2110, 2016. *AQAP 2110:2016 – Wymagania NATO dotyczące zapewnienia jakości w projektowaniu, pracach rozwojowych i produkcji*. Wydanie D, Wersja 1.
- [2] FIGARSKI, J., 2016. Przemysł zbrojeniowy motorem postępu w normalizacji i kontroli jakości wyrobów, *Studia Ekonomiczne, Prawne i Administracyjne*, nr 3, s. 61-73.
- [3] JAKUBIEC, W., WOJTYŁA, M., 2013. *Wybrane aspekty metrologiczne nadzorowania wyposażenia pomiarowego do GPS*, [w:] Matuszek, J., Gregor, M., Micieta, B. (red.), *Metody i techniki zarządzania w inżynierii produkcji*, Bielsko-Biała: Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej.
- [4] KLIMEK, D., 2018. Structural Changes in the Polish Arms Industry, *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, vol. 32, nr 3, s. 144-156.
- [5] ŁAGOWSKI, E., JASIŃSKA, J., 2022. *Ewolucja systemów zarządzania jakością*, Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna.
- [6] MESKO S.A., 2024. Materiały zakładowe MESKO S.A.
- [7] OiB, 2022. *Zakres akredytacji OiB nr 2/MON/2022 – Załącznik 15*.
- [8] PN-EN ISO 10012, 2004. *PN-EN ISO 10012:2004 – Systemy Zarządzania Pomiarami – Wymagania dotyczące procesów pomiarowych i wyposażenia pomiarowego*.
- [9] PN-EN ISO 3650, 2000. *PN-EN ISO 3650:2000 Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – Wzorce długości – Płytki wzorcowe*.
- [10] PN-EN ISO 9001, 2015. *PN-EN ISO 9001:2015 – Systemy Zarządzania Jakością – Wymagania*.
- [11] PN-ISO 1502, 1998. *PN-ISO 1502:1998 Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia – Sprawdziany i sprawdzanie*.
- [12] PN-ISO 2859-1, 2003. *PN-ISO 2859-1:2003 Procedury kontroli wrywkowej metodą alternatywną. Część 1: Schematy kontroli indeksowane na podstawie granicy akceptowanej jakości (AQL) stosowane do kontroli partii za partią*.
- [13] POPIEL, H., 2009. *Integracja systemów zarządzania*, [w:] Gonciarski, W., Zaskórski, P. (red.), *Wybrane koncepcje i metody zarządzania początku XXI wieku*, Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna.
- [14] STĘPIEŃ, L., BORKOWSKI, J., 2010. Wpływ warunków eksploatacji na stan techniczny amunicji, *Problemy Techniki Uzbrojenia*, nr 39, s. 7-14.
- [15] ŚWIDERSKI, A., 2007. Postępowanie z procesami pomiarowymi w systemach zarządzania jakością, *Pomiary, Automatyka, Kontrola*, vol. 53, nr 1, s. 18-21.
- [16] TERENOWSKI, H., 2010. Szacowanie niepewności pomiarów, *Problemy Techniki Uzbrojenia*, nr 39, s. 77-84.
- [17] USTAWA, 2006. *Ustawa z dnia 17 listopada 2006 r. o systemie oceny zgodności wyrobów na potrzeby obronności i bezpieczeństwa państwa* (Dz.U. 2022 poz. 747).
- [18] ZAWIŁA-NIEDŹWIECKI, J., 2013. *Zarządzanie ryzykiem operacyjnym w zapewnieniu ciągłości działania organizacji*, Kraków – Warszawa: edu-Libri.
- [19] ŻEBROWSKI, A., 2016. *Zagrożenia i bezpieczeństwo przemysłu zbrojeniowego u progu XXI wieku (wybrane aspekty)*, [w:] Kopeć, R., (red.), *Przemysł zbrojeniowy. Tendencje, perspektywy, uwarunkowania, innowacje*, Kraków: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego.

