

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE.....	5
2. WYBRANE ZAGADNIENIA Z PODSTAW METROLOGII.....	9
2.1. Modelowanie obiektów i zdarzeń	9
2.2. Podstawowe pojęcia metrologiczne	10
2.3. Układy wielkości. Układy jednostek. Układ SI.....	16
2.4. Błędy pomiarów.....	19
2.4.1. Definicje i klasyfikacje błędów	19
2.4.2. Zasady szacowania wartości błędów wypadkowych.....	26
2.5. Ogólna charakterystyka środków pomiarowych.....	28
2.5.1. Klasyfikacja środków pomiarowych.....	28
2.5.2. Użytkowe narzędzia pomiarowe.....	29
2.6. Metody pomiarowe	33
2.7. Pomiary wielokrotne.....	40
3. CHARAKTERYSTYKA PARAMETRÓW OPISUJĄCYCH KSZTAŁTY ELEMENTÓW MATERIALNYCH	43
3.1. Wymiary liniowe – rodzaje i parametry.....	43
3.2. Wymiary kątowe	49
3.3. Odchyłki kształtu i położenia.....	51
3.4. Parametry opisujące strukturę geometryczną powierzchni	51
4. PRZEGLĄD UNIWERSALNEGO SPRZĘTU DO POMIARÓW WIELKOŚCI GEOMETRYCZNYCH.....	52
4.1. Wzorce długości	52
4.1.1. Płytki wzorcowe długości	53
4.1.2. Szczelinomierze	62
4.1.3. Wałeczki pomiarowe	64
4.1.4. Kulki pomiarowe	66
4.2. Wzorce kąta	67
4.2.1. Pryzmy wielościenne	67
4.2.2. Płytki wzorcowe kąta.....	68
4.2.3. Kątowniki	71
4.3. Wzorce prostoliniowości i płaskości.....	74
4.4. Przyrządy suwmiarkowe	77
4.5. Przyrządy mikrometryczne	84
4.6. Czujniki.....	92
4.6.1. Czujniki mechaniczne.....	92
4.6.2. Czujniki optyczne	100
4.6.3. Czujniki elektryczne	102
4.6.4. Czujniki pneumatyczne.....	114

4.7. Kątomierze.....	118
4.8. Poziomnice.....	121
4.9. Elektroniczne narzędzia pomiarowe	125
4.9.1. Elektroniczne przetworniki położenia	125
4.9.2. Elektroniczne przyrządy pomiarowe	138
4.9.3. Elementy systemów automatycznego przetwarzania danych pomiarowych.....	142
4.9.4. Systemy przetwarzania danych pomiarowych	146
4.10. Mikroskopy warsztatowe	149
4.11. Projektory pomiarowe.....	155
4.12. Długościomierze	160
4.13. Maszyny współrzędnościowe.....	168
4.13.1. Informacje ogólne.....	168
4.13.2. Zasada pomiaru	168
4.13.3. Podstawowe zespoły i układy maszyn współrzędnościowych	170
4.13.4. Zespoły nośne	170
4.13.5. Zespół układów pomiarowych.....	175
4.13.6. Głowice pomiarowe.....	176
4.13.7. Napęd i sterowanie	180
4.13.8. Zespoły obliczeniowe	181
5. WYBRANE ZAGADNIENIA Z ZAKRESU PROJEKTOWANIA ZADAŃ KONTROLNO-POMIAROWYCH.....	184
5.1. Optymalna dokładność kontroli	184
5.2. Dobór metod i narzędzi pomiarowych.....	192
6. LABORATORIA – RODZAJE, ZADANIA, WYMAGANIA.....	195
6.1. Rodzaje laboratoriów	195
6.2. Zadania laboratoriów	196
6.3. Wymagania dotyczące laboratoriów	196
6.4. Warunki uznawania wyników badań.....	204
LITERATURA	205
Pozycje drukowane [Lxx]	205
Strony internetowe [Sxx]	206

1. WPROWADZENIE

Czytelnikowi skryptu należą się na wstępie dwa wyjaśnienia. Pierwsze to w miarę precyzyjna odpowiedź na pytania: co to jest występująca w tytule „metrologia wielkości geometrycznych”, jaka jest jej rola i znaczenie, dlaczego zasługuje na uwagę. Drugie dotyczy samego skryptu: celów, jakie postawił sobie autor decydując się na jego opracowanie, kryteriów wyboru poruszanych zagadnień, konstrukcji skryptu, a także sugestii dotyczących sposobu jego wykorzystania. Wyjaśnienia te stanowią zawartość tego rozdziału.

Co to jest metrologia wielkości geometrycznych?

Odpowiedź na pytanie, co to jest „metrologia wielkości geometrycznych” wymaga uprzedniego zdefiniowania pojęcia „metrologia”, a ponieważ w definicji metrologii występuje pojęcie „pomiaru”, zacznijmy od tego terminu.

Termin „pomiar”, bardziej szczegółowo przedstawiony w rozdziale 2.2, możemy określić jako „zespół działań i doświadczeń mających na celu wyznaczenie wartości wielkości” charakteryzującej interesujący nas przedmiot czy zjawisko (tzw. obiekt pomiaru) [L19]. Należy dodać, że pomiary są głównym źródłem obiektywnych informacji o otaczającej nas rzeczywistości. Informacje te są najczęściej wykorzystywane do:

- lepszego poznania rzeczy lub zjawisk;
- kontroli i sterowania przebiegiem różnych procesów;
- kontroli i oceny wyników ww. procesów (badania zgodności wyrobów).

Poprawne wykonanie pomiaru wymaga spełnienia szeregu warunków, w szczególności posiadania odpowiedniej wiedzy i umiejętności praktycznych. Zagadnieniami tymi zajmuje się dział nauki zwany metrologią.

„Metrologia jest to nauka o zabezpieczeniu środkami technicznymi i organizacyjnymi poprawności pomiarów we wszystkich dziedzinach nauki, techniki i gospodarki” [L31].

„Metrologia to dziedzina nauki i techniki zajmująca się pomiarami i wszystkimi czynnościami niezbędnymi do wykonywania pomiarów” [L19].

Tak zdefiniowana metrologia obejmuje bardzo szerokie spektrum różnych zagadnień. Grupując odpowiednio poszczególne zagadnienia, możemy podzielić metrologię na mniejsze obszary. Tradycyjnie dzieli się ją na metrologię ogólną, metrologię prawną oraz dość liczną grupę metrologii stosowanych.

Metrologia ogólna (zwana dość często podstawami metrologii) jest to dział metrologii zajmujący się zagadnieniami wspólnymi dla wszystkich rodzajów wielkości mierzonych, niezależnymi od natury tych wielkości. Obejmuje ona takie zagadnienia, jak teoria wielkości, jednostki miar, skale pomiarowe, błędy pomiarów, metody i algorytmy pomiarów, ogólna teoria pomiaru czy ogólna teoria narzędzi i systemów pomiarowych.

„Metrologia prawna jest to dział metrologii odnoszący się do jednostek miar, metod pomiarowych i narzędzi pomiarowych z punktu widzenia urzędowo ustalonych wymagań technicznych i prawnych, mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa i należytej dokładności pomiarów” [L18].

Metrologia stosowana (zwana również niekiedy miernictwem) jest to dział metrologii dotyczący pomiarów określonej wielkości fizycznej, grupy wielkości pokrewnych lub grupy wielkości występujących w określonej dziedzinie działalności człowieka. Jako przykłady metrologii dotyczących pojedynczych wielkości wymienić można metrologię długości, metrologię czasu (chronometrię) czy metrologię temperatury (termometrię). Z kolei jako przykłady metrologii dotyczących grup wielkości pokrewnych wymienić można metrologię elektryczną, metrologię akustyczną czy fotometrię¹. I wreszcie jako przykłady metrologii dotyczących grupy wielkości występujących w określonej dziedzinie wymienić można metrologię (miernictwo) przemysłowe, metrologię biomedyczną czy metrologię astronomiczną.

Zgodnie z przedstawionymi wyżej kryteriami metrologię wielkości geometrycznych należy zaliczyć do metrologii stosowanych, zajmujących się zagadnieniami związanymi z pomiarami grupy wielkości pokrewnych. W przypadku metrologii wielkości geometrycznych są to wielkości charakteryzujące rozmiary i kształty elementów materialnych, czyli długość, kąt, odchyłki kształtu i położenia oraz parametry określające strukturę geometryczną powierzchni (jej chropowatość i falistość).

Ranga i znaczenie metrologii wielkości geometrycznych wynikają z faktu, że właściwa postać geometryczna produktów jest bardzo często jednym z najważniejszych warunków zapewnienia ich odpowiedniej wartości użytkowej. Chcąc produkować wyroby o odpowiedniej wartości użytkowej, a zwłaszcza chcąc w dalszym ciągu podnosić ich jakość, musimy w większości przypadków coraz dokładniej kształtować ich geometrię. A to wymaga coraz dokładniejszych pomiarów wielkości geometrycznych, pomiarów, które w procesie wytwarzania dostarczają informacji niezbędnych zarówno do prawidłowego sterowania procesem, jak i do oceny wyników tego procesu. Z powyższego wynika, że bardzo często odpowiedni poziom pomiarów wielkości geometrycznych jest warunkiem uzyskania odpowiedniej jakości produktów².

Dodatkowym czynnikiem zwiększającym znaczenie metrologii wielkości geometrycznych w grupie metrologii stosowanych jest fakt, że wielkości będące przedmiotem jej zainteresowania (zwłaszcza długość) występują w bardzo wielu dziedzinach działalności człowieka. W związku z powyższym metrologia wielkości geometrycznych znajduje stosunkowo szeroki zakres zastosowań.

¹ Fotometria – dział optyki zajmujący się pomiarem wielkości charakteryzujących promieniowanie świetlne.

² Metrologia wielkości geometrycznych jest „najbardziej bezpośrednio i organicznie związana z kontrolą jakości produkcji” [L 31].

zamieszczono dlatego, że nie wszyscy studenci, do których adresowany jest niniejszy skrypt, uczestniczyli w zajęciach z „Podstaw metrologii”. Dla tych, którzy uczestniczyli, rozdział ten może stanowić pomoc w „odświeżeniu sobie” poznanych wcześniej wiadomości.

W rozdziale trzecim – „Charakterystyka parametrów opisujących kształty elementów materialnych” zamieszczono elementarne wiadomości dotyczące modeli wielkości geometrycznych. Ze względu na ograniczoną objętość skryptu również w tym przypadku konieczne okazało się odesłanie czytelników do materiałów źródłowych (głównie norm) zawierających bardziej szczegółowe informacje na ten temat.

W rozdziale czwartym zawarto informacje dotyczące najbardziej popularnych grup narzędzi do pomiaru długości i kąta. Informacje te są z reguły podawane w układzie: definicja grupy, klasyfikacja wewnątrz grupy, zasady działania poszczególnych odmian, przykłady istniejących w praktyce rozwiązań wraz z ich podstawowymi parametrami metrologicznymi. Głównym celem zamieszczenia tego rozdziału było podanie informacji umożliwiających podjęcie właściwych decyzji przy doborze narzędzi do realizacji różnego rodzaju zadań pomiarowych.

W rozdziale piątym przedstawiono zagadnienia związane z projektowaniem pomiarów. Wyjaśniono pojęcie optymalnej dokładności kontroli, podano sposób praktycznego wyznaczania odpowiadającej jej niepewności pomiaru oraz wykorzystania wyznaczonej wartości niepewności w celu doboru właściwych narzędzi pomiarowych.

W rozdziale szóstym przedstawiono wymagania, które muszą spełniać laboratoria pomiarowe, aby wyniki ich badań mogły być uznawane w skali międzynarodowej.

Ostatni, siódmy rozdział zawiera wykaz wykorzystanej literatury: książek, artykułów, norm, aktów prawnych i stron internetowych.

Mam nadzieję, że skrypt pomoże jego Czytelnikom w lepszym zrozumieniu istoty pomiarów, ułatwi ich projektowanie, przeprowadzanie i właściwą interpretację uzyskanych wyników.

Na zakończenie chciałbym serdecznie podziękować recenzentom – panu prof. dr hab. inż. Janowi Szadkowskiemu i panu dr hab. inż. Ryszardowi Wójcikowi, za szereg cennych uwag i sugestii, które przyczyniły się do podniesienia poziomu niniejszego opracowania.

Łódź, październik 2011

Józef Zawada