**Nazwa przedmiotu:**

Metrologia i zamienność

**Koordynator przedmiotu:**

Dr inż. Zbigniew Humienny, dr inż. Krzysztof Kiszka

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Mechatronika Pojazdów i Maszyn Roboczych

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1150-MT000-IZP-0205

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

2

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1) Liczba godzin kontaktowych – 17 godz., w tym:
a) wykład – 8 godz.;
b) ćwiczenia –8 godz.
c) konsultacje – 1 godz.
2) Praca własna studenta – 43 godziny, w tym:
a) 22 godz. – bieżące przygotowywanie się studenta do ćwiczeń i wykładów, (analiza literatury);
b) 21 godz. – przygotowywanie się studenta do 2 kolokwiów.
3) RAZEM – 60 godz.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

0,3 punktu ECTS: liczba godzin kontaktowych – 17, w tym:
a) wykład – 8 godz.;
b) ćwiczenia – 8 godz.
c) konsultacje – 1 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 8h |
| Ćwiczenia: | 8h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 0h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Umiejętność obliczania pochodnych oraz podstawy rachunku prawdopodobieństwa. Wiedza z zakresu zapisu konstrukcji: umiejętność sporządzania rysunków wyrobów oraz właściwego i jednoznacznego odtwarzania, a wiec wyobrażania obiektów na podstawie dokumentacji.

**Limit liczby studentów:**

zgodnie z zarządzeniem Rektora

**Cel przedmiotu:**

Student w wyniku zaliczenia przedmiotu powinien zdobyć wiedzę, umiejętności i kompetencje niezbędne do:
• wykorzystania układ kodowania ISO wymiarów liniowych;
• szacowania błędów pomiarów i zastosowania podstawowego wyposażenia pomiarowego do pomiaru wielkości geometrycznych;
• realizacji analizy i syntezy wymiarowej zespołów i zastosowania zamienności;
• specyfikacji i interpretacji tolerancje geometrycznych;
• określenia potrzeby i koncepcji wykorzystania współrzędnościowych systemów pomiarowych.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
1. Pomiary i ich niepewność. Pomiar i jego zasada. Wielkości mierzona i wpływowe. Warunki normalne pomiaru przy pomiarach długości i kąta. Metody pomiarowe: bezpośrednia i pośrednia, bezpośredniego porównania, różnicowa, wychyleniowa. Błędy metody pomiarowej, narzędzia i obserwacji. Wynik pomiaru, jako zmienna losowa. Błędy systematyczne, przypadkowe i nadmierne. Poprawki. Niepewność pomiaru. Szacowanie niepewności standardowej i rozszerzonej pojedynczego wyniku pomiaru oraz wartości średniej – metody typu A i B. Analiza statystyczna (metoda A) niepewności pomiaru – długa seria (rozkład Gaussa); krótka seria (zastosowanie statystyki t-Studenta). Błędy i niepewność pomiarów pośrednich.
2. Łańcuchy wymiarowe. Łańcuchy proste i złożone, konstrukcyjne, montażowe i technologiczne. Kryteria ustalania wymiaru zależnego. Równanie łańcucha. Równanie wymiarów nominalnych, równania odchyłek i równanie tolerancji. Obliczanie wymiaru zależnego i jego odchyłek granicznych – metoda arytmetyczna i metoda rozwinięcia funkcji wymiarowej w szereg Taylora. Metody deterministyczne i stochastyczne. Synteza i analiza łańcuchów wymiarowych na przykładach łańcuchów prostych. Zasada najkrótszych łańcuchów wymiarowych. Zamienność całkowita i częściowa; konstrukcyjna, technologiczna i selekcyjna.
3. Tolerancje geometryczne. Elementy geometryczne wyrobu – element nominalny, rzeczywisty oraz zaobserwowany (integralny i pochodny). Interpretacja profilu powierzchni. Ramka tolerancji geometrycznych oraz ramka bazy. Tolerancje i odchyłki kształtu – prostoliniowości, płaskości, okrągłości i walcowości. Potrzeba stosowania baz – bazy pojedyncze, układy baz, baza wspólna, bazy cząstkowe. Tolerancje i odchyłki kierunku – równoległości, prostopadłości i nachylenia względem pojedynczej bazy oraz układu dwóch baz. Tolerancje i odchyłki położenia – współosiowości, pozycji i symetrii. Tolerancja szyku otworów. Tolerancje kształtu wyznaczonego zarysu oraz kształtu wyznaczonej powierzchni, jako tolerancje kształtu, kierunku albo położenia. Tolerancje i odchyłki bicia obwodowego oraz bicia całkowitego promieniowego i osiowego. Związki pomiędzy wybranymi tolerancjami geometrycznymi. Zasady sytemu ISO GPS (definitywnego rysunku, elementów geometrycznych, niezależności). Wymaganie powłoki. Wymaganie maksimum materiału dla elementu tolerowanego i elementu bazowego.
4. Wyposażenie pomiarowe. Pojęcia ogólne i wymagania dotyczące wyposażenia pomiarowego do pomiarów charakterystyk geometrycznych. Wzorce miar, przetworniki i przyrządy pomiarowe. Urządzenia wskazujące analogowe i cyfrowe. Najważniejsze charakterystyki metrologiczne i charakterystyki konstrukcyjne: zakres wskazań, wartość działki elementarnej, maksymalny dopuszczalny błąd wskazań (MPE), zakres pomiarowy, nacisk pomiarowy. Wzorcowanie wyposażenia pomiarowego. Spójność pomiarowa.
5. Wybrane przykłady pomiarów wielkości geometrycznych. Wzorce długości i kąta oraz ich zastosowania. Pomiary przyrządami suwmiarkowymi i mikrometrycznymi. Pomiary różnicowe czujnikami. Pomiary przyrządami optycznymi (mikroskopy i projektory pomiarowe). Pomiary odchyłek geometrycznych za pomocą okrągłościomierzy. Koncepcja reprezentacji elementów geometrycznych przez chmurę punktów. Pomiary współrzędnościowe (współrzędnościowe maszyny pomiarowe, ramiona pomiarowe, skanowanie 3D). Racjonalny dobór narzędzi pomiarowych.
Ćwiczenia:
1. Tolerancje i pasowania. Układ kodowania ISO wymiarów liniowych. Wymiary graniczne, wymiar nominalny i odchyłki. Tolerancja. Przedział tolerancji: schemat graficzny, interpretacja deterministyczna i stochastyczna. Normalizacja tolerancji: klasy tolerancji, odchyłki podstawowe. Pasowanie i jego parametry: wskaźnik pasowania, luzy i wciski graniczne, tolerancja pasowania. Zasada stałego otworu/wałka. Praktyczne korzystanie z tablic układu kodowania ISO wymiarów liniowych: obliczanie wymiarów granicznych, określanie charakteru pasowania. Normalne i uprzywilejowane przedziały tolerancji. Tolerancje ogólne wymiarów.
2. Błędy pomiarów. Błędy systematyczne i obliczanie poprawki. Temperatura odniesienia. Błąd systematyczny pomiaru długości spowodowany rozszerzalnością cieplną. Błędy przypadkowe, analiza statystyczna niepewności pomiaru zastosowanie statystyki t-studenta (krótka seria). Niepewność pomiaru (standardowa i rozszerzona). Błędy systematyczne i niepewność pomiarów metodą pośrednią.
3. Łańcuchy wymiarowe. Zamienność. Analiza łańcuchów wymiarowych prostych – zadanie proste i odwrotne; metody arytmetyczna i rozwinięcia funkcji wymiarowej w szereg Taylora. Metody deterministyczne i stochasty-czne. Łańcuchy montażowe i technologiczne. Synteza łańcuchów – metoda jednakowej klasy. Zastosowanie zasady najkrótszych łańcuchów wymiaro-wych. Projektowanie zamienności konstrukcyjnej i technologicznej.
4. Tolerancje geometryczne. Specyfikacje tolerancji geometrycznych w dokumentacji technicznej i ich interpretacja wg PN-EN ISO 1101. Odchyłki i tolerancje kształtu. Odchyłki i tolerancje kierunku. Odchyłki i tolerancje położenia. Odchyłki i tolerancje bicia obwodowego i całkowitego. Element zaobserwowany jako element tolerowany. Element skojarzony jako element bazowy. Postać i usytuowanie pola tolerancji. Zasady tolerowania (PN-EN ISO 8015). Tolerancje zależne i ich zastosowanie (PN-EN ISO 2692). Specyfikacja i interpretacja wymagania maksimum materiału (związki pomiędzy tolerancjami kształtu, kierunku, położenia, a tolerancjami wymiaru).

**Metody oceny:**

Wiedza i umiejętności studentów oceniane są na bieżąco podczas ćwiczeń oraz poprzez sprawdziany. Każdy z dwóch sprawdzianów oceniany jest w skali punktowej od 0 do 5. Za aktywność na ćwiczeniach (np. rozwiązanie zadnia na tablicy, zdecydowanie szybsze rozwiązanie zadania w zeszycie niż realizowane jest to na tablicy, trafne uwagi i spostrzeżenia odnośnie rozwiązania realizowanego przy tablicy, …) można uzyskać dodatkowo „+”, który uwzględniany jest przy ustalaniu ostatecznej oceny z przedmiotu. Ocena ta stanowi wypadkową aktywności na zajęciach w semestrze oraz średniej ocen uzyskanych ze sprawdzianów. Do zaliczenia przedmiotu niezbędne jest zaliczenie obydwu sprawdzianów.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Białas S., Humienny Z., Kiszka K.: Metrologia z podstawami specyfikacji geometrii wyrobów (GPS). Ofic. Wyd. PW, 2014.
2. Humienny Z., Kiszka K.: Metrologia i zamienność. Materiały dydaktyczne dla studentów kierunku „Edukacja Techniczno-Informatyczna”. PW, W-wa, 2011.
3. Humienny Z. (red.): Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS) – podręcznik europejski. WNT, Warszawa, 2004.
4. Jakubiec W., Zator S., Majda P.: Metrologia. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne. Warszawa, 2014.
5. Jakubiec W., Malinowski J.: Metrologia wielkości geometrycznych. WNT, Warszawa, 2009.
6. Adamczak S. Makieła W.: Podstawy metrologii i inżynierii jakości dla mechaników. WNT, Warszawa, 2006.
7. Adamczak S. Makieła W.: Metrologia w budowie maszyn. Zadania z rozwiązaniami. WNT, Warszawa, 2010.
8. Sałaciński T.: Elementy metrologii wielkości geometrycznych. Przykłady i zadania. Ofic. Wyd. PW, 2013.
9. Ratajczyk: E., Woźniak A.: Współrzędnościowe systemy pomiarowe. Ofic. Wyd. PW, 2016.
10. Arendarski J.: Niepewność pomiarów. Ofic. Wyd. PW, 2013.
11. Tomasik J. (red): Sprawdzanie przyrządów do pomiaru długości i kąta. Ofic. Wyd. PW, 2009.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

-

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt 1150-00000-IZP-0205\_W1:**

Student:
• posiada wiedzę o tym, iż w wyniku wytwarzania otrzymuje się wyroby z odchyłkami wymiaru, kształtu, kierunku, położenia oraz bicia zaś zadaniem konstruktora jest określenie tolerancji, tj. maksymalnych dopuszczalnych odchyłek, przy których wyrób spełnia założone wymagania funkcjonalne;
• potrafi rozpoznać charakter pasowania oraz zna zasady doboru wałków/otworów dla uzyskania określonego pasowania;
• potrafi scharakteryzować metody szacowania niepewności pomiarów bezpośrednich i pośrednich oraz sformułować kryteria oceny zgodności wyrobów ze specyfikacją;
• zna metody analizy oraz syntezy wymiarowej niezbędne do projektowania zespołów i urządzeń o wymaganej zamienności;
• potrafi rozpoznać na rysunku konstrukcyjnym tolerancje geometryczne oraz podać interpretację tolerancji określonych na rysunku wyrobu;
• zna zasady i metody pomiarowe oraz kryteria doboru przyrządów do weryfikacji wymagań geometryczno-wymiarowych.

Weryfikacja:

Kolokwium, ocena realizowanych przez studenta w trakcie ćwiczeń zadań, rozmowa ze studentem.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMchtr\_W15

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, InzA\_W02

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt 1150-00000-IZP-0205\_U01:**

Student:
• potrafi zaprojektować pasowanie luźne/mieszane/ciasne, czyli dobrać wałek /otwór do otworu/wałka podstawowego w celu uzyskania określonego charakteru pasowania;
• potrafi oszacować niepewność pomiarów bezpośrednich i pośrednich oraz zastosować kryteria oceny zgodności wyrobów ze specyfikacją;
• wykorzystuje zasady analizy oraz syntezy wymiarowej niezbędne do projektowania zespołów i urządzeń o wymaganej zamienności;
• potrafi ocenić poprawność tolerancji geometryczno-wymiarowych podanych na rysunku konstrukcyjnym, zastosować (wyspecyfikować) na prostym rysunku konstrukcyjnym tolerancje kształtu, kierunku, położenia, bicia oraz tolerancje z modyfikatorem wymaganie maksimum materiału;
• dobrać i zaproponować metody oraz przyrządy pomiarowe do weryfikacji podstawowych wymagań geometryczno-wymiarowych.

Weryfikacja:

Kolokwium, ocena realizowanych przez studenta w trakcie ćwiczeń zadań, rozmowa ze studentem.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMchtr\_U03, KMchtr\_U09

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U03, InzA\_U02, T1A\_U09, T1A\_U12, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U05

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt 1150-00000-IZP-0205\_K01:**

Student jest świadomy, iż system specyfikacji geometrii wyrobów ISO GPS jest przyjętym w skali międzynarodowej językiem symboli graficznych umożliwiającym komunikację i wymianę informacji między konstruktorami, technologami oraz metrologami pracującym wspólnie dla producentów samochodów oraz ich dostawców w różnych lokalizacjach na całym świecie.

Weryfikacja:

Osiągane przez studentów efekty kształcenia w zakresie kompetencji społecznych weryfikowane są na bieżąco na ćwiczeniach, gdzie wymagana jest umiejętność współpracy w grupie i dyskusji.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMchtr\_K01, KMchtr\_K04

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_K01, T1A\_K03, T1A\_K04