**Nazwa przedmiotu:**

Metrologia i zamienność

**Koordynator przedmiotu:**

Dr inż. Zbigniew Humienny, dr inż. Krzysztof Kiszka

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Inżynieria Pojazdów Elektrycznych i Hybrydowych

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1150-00000-ISP-0205

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

2

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

1) Liczba godzin kontaktowych: 30 - w tym
a) wykład – 1 godz.x15 tyg.;
b) ćwiczenia –1 godz. x15 tyg;
2) Praca własna studenta – 30 godzin, w tym:
a) 15 godz. – bieżące przygotowywanie się studenta do ćwiczeń i wykładów, (analiza literatury);
b) 15 godz. – przygotowywanie się studenta do 4 kolokwiów.
3) RAZEM – 60.

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

1 punkt ECTS: liczba godzin kontaktowych – 30, w tym:
a) wykład – 15 godz.;
b) ćwiczenia – 15 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: | 15h |
| Ćwiczenia: | 15h |
| 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 stochastyczne. Łańcuchy montażowe i technologiczne. Synteza łańcuchów – metoda jednakowej klasy. Zastosowanie zasady najkrótszych łańcuchów wymiarowych. 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 kolokwia. Każde z czterech kolokwiów oceniane jest w skali punktowej od 0 do 5 punktów. 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 przy ustalaniu ostatecznej oceny przeliczany jest na 0,5 punktu. Ostateczna ocena ustalana jest na podstawie łącznej liczby punktów uzyskanych w semestrze Do zaliczenia przedmiotu należy uzyskać ponad 11 punktów (powyżej 11,0 do 12,5 ocena 3,0; powyżej 12,5 do 14,0 ocena 3,5; powyżej 14,0 do 16,0 ocena 4,0; powyżej 16,0 do 18,0 ocena 4,5; powyżej 18,0 ocena 5,0).

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Białas S., Humienny Z., Kiszka K.: Metrologia z podstawami specyfikacji geometrii wyrobów (GPS). Ofic. Wyd. PW, 2021.
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, 2018.
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:**

-

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka 1150-00000-ISP-0205\_W02:**

Potrafi scharakteryzować metody szacowania niepewności pomiarów bezpośrednich i pośrednich oraz sformułować kryteria oceny zgodności wyrobów ze specyfikacją.

Weryfikacja:

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-00000-ISP-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.

Weryfikacja:

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

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W15, K\_W17

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-00000-ISP-0205\_W3:**

Zna metody analizy oraz syntezy wymiarowej niezbędne do projektowania zespołów i urządzeń o wymaganej zamienności.

Weryfikacja:

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

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-00000-ISP-0205\_W4:**

Potrafi rozpoznać na rysunku konstrukcyjnym tolerancje geometryczne oraz podać interpretację tolerancji określonych na rysunku wyrobu.

Weryfikacja:

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

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-00000-ISP-0205\_W5:**

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 charakterystyki kierunkowe:** K\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka 1150-00000-ISP-0205\_U01:**

Student potrafi zaprojektować pasowanie luźne/mieszane/ciasne, czyli dobrać wałek /otwór do otworu/wałka podstawowego w celu uzyskania określonego charakteru pasowania.

Weryfikacja:

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

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U09, K\_U12, K\_U13, K\_U17, K\_U24, K\_U02, K\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-00000-ISP-0205\_U02:**

Potrafi oszacować niepewność pomiarów bezpośrednich i pośrednich oraz zastosować kryteria oceny zgodności wyrobów ze specyfikacją.

Weryfikacja:

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

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U03, K\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-00000-ISP-0205\_U03:**

Student 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. Student potrafi zastosować (wyspecyfikować) na prostym rysunku konstrukcyjnym tolerancje kształtu, kierunku, położenia, bicia oraz tolerancje z modyfikatorem wymaganie maksimum materiału.

Weryfikacja:

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

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U14, K\_U24

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka 1150-00000-ISP-0205\_U04:**

Student potrafi 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 charakterystyki kierunkowe:** K\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka 1150-00000-ISP-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 charakterystyki kierunkowe:** K\_K02, K\_K03, K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**