**Nazwa przedmiotu:**

Opto-numeryczne metody pomiaru

**Koordynator przedmiotu:**

Prof. hab. inż. Małgorzata Kujawińska, prof. zw. PW ; dr hab. inż. Leszek Sałbut, prof. ndzw PW

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Mechatronika

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

brak

**Semestr nominalny:**

7 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1) Liczba godzin bezpośrednich – 49, w tym:
• wykład: 30 godz.,
• projekt i ćwiczenia w ramach laboratorium: 15 godz.,
• konsultacje – 2 godz.
• egzamin – 2 godz.
2) Praca własna studenta – 30 godz.
• przygotowanie do zajęć laboratoryjnych 6 godz.,
• przygotowanie modelu MES - 5 godz.,
• przygotowanie sprawozdań 4 godz.,
• przygotowanie do egzaminu: 15 godz.
Razem 79 godz. = 3 punkty ECTS

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

2 punkty ECTS - Liczba godzin bezpośrednich – 49, w tym:
• wykład: 30 godz.,
• projekt i ćwiczenia w ramach laboratorium: 15 godz.,
• konsultacje – 2 godz.
• egzamin – 2 godz

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1,5 punktu ECTS – 32 godz., w tym:
• przygotowanie do zajęć laboratoryjnych 6 godz.
• , przygotowanie modelu MES - 5 godz.,
• przygotowanie sprawozdań 4 godz.,
• projekt i ćwiczenia w ramach laboratorium: 15 godz.,
• konsultacje – 2 godz.

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 15h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Optomechatronika, Optyka instrumentalna, Technika laserowa, Widzenie maszynowe

**Limit liczby studentów:**

12

**Cel przedmiotu:**

Poznanie polowych opto-numerycznych metod badań i ich wykorzystania w metrologii optycznej, mechanice eksperymentalnej i inżynierii materiałowej.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
 Wstęp. Metody eksperymentalne, numeryczne i hybrydowe:
Metody doświadczalne i numeryczne: zalety i ograniczenia. Metody hybrydowe łączące zalety metod eksperymentalnych i numerycznych: charakterystyka i systematyka, zastosowania.
Metody numeryczne:
Modelowanie w technice: badania operacyjne, metody numeryczne MES, statystyczne
i sztucznej inteligencji. Koncepcja metody elementów skończonych MES: podstawy metody
i jej ograniczenia, geometria układu elementów skończonych, rodzaje elementów i zasady ich wyboru. Organizacja programu do obliczeń MES. Komputerowe wspomaganie badań
w technice. Połączenie metod CAD i MES.
Polowe optyczne metody badań. Automatyczna analiza obrazów prążkowych:
Systematyka polowych optycznych metod badań. Metody interferencyjne i korelacyjne. Podstawy automatycznej analizy obrazów prążkowych i korelogramów. Metody dyskretnej zmiany fazy w wersji czasowej i przestrzennej: podstawowe algorytmy i ich charakterystyka. Metoda transformaty Fouriera.
Opto-numeryczne metody hybrydowe:
Metody opto-numeryczne: podstawowa, zlokalizowana i pełna technika hybrydowa. Problem konwersji danych. Przykłady w zastosowaniach inżynierskich Zastosowanie metod opto-numerycznych do analizy naprężeń w złączach spawanych laserowo oraz w złączach ceramika-metal. Wyznaczanie naprężeń własnych.
Pomiary przemieszczeń i odkształceń w płaszczyźnie próbki:
Metody i układy prążków mory, interferometrii plamkowej i interferometrii siatkowej: podstawy fizyczne, zalety i ograniczenia, podstawowe systemy pomiarowe. Przykłady zastosowań w mechanice pękania, badaniach materiałowych i zmęczeniowych oraz identyfikacji defektów.
Pomiary kształtu i deformacji powierzchni:
Metody interferencyjne, holografii optycznej i cyfrowej. Metody prążków mory i projekcji prążków. Metody deflektometrii. Przykładowe zastosowania w badaniach i kontroli przemysłowej.
Laboratorium:
Badanie metod automatycznej analizy obrazów prążkowych: Automatyczna analiza obrazów prążkowych metodami dyskretnej zmiany fazy w wersji czasowej i przestrzennej. Porównanie uzyskanych wyników i oszacowanie błędów.
Analiza elementu mechanicznego metodą MES: Modelowanie geometrii wskazanego elementu mechanicznego. Analiza pól przemieszczeń i odkształceń metodą MES.
Badanie rozkładu odkształceń metodą interferometrii siatkowej: Wyjustowanie laboratoryjnego interferometru siatkowego LIS. Przeprowadzenie próby rozciągania. Pomiar pól przemieszczeń i wyznaczenie rozkładu odkształceń. Porównanie z wynikami symulacji numerycznych MES.
Badanie kształtu obiektów z powierzchniami odbijającymi i rozpraszającymi: Wyznaczenie kształtu i badanie jego zmian metodą projekcji prążków i deflektometrii.
Identyfikacja wad materiałowych metodami optycznej defektoskopii: Identyfikacja defektów w elementach mechanicznych metodą interferometrii plamkowej z rozdwojeniem czoła fali.

**Metody oceny:**

Wykład zakończony jest egzaminem. Laboratorium składa się z 6 ćwiczeń, każde punktowane po 10 pkt. Oceniane jest przygotowanie do laboratorium-„wejściówka”, aktywność na ćwiczeniu oraz sprawozdanie.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. K. Patorski, M. Kujawińska, L. Sałbut, Interferometria laserowa z automatyczną analizą obrazu, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005
2. Z. Fortuna, B. Macukow, J. Wąsowski, Metody numeryczne, WNT, Warszawa 2005
3. T. Łodygowski, W. Kąkol, Metoda elementów skończonych w wybranych zagadnieniach
 mechaniki konstrukcji inżynierskich, Skrypt Politechniki Poznańskiej, Poznań 1994
4. S. Rosłaniec, Wybrane metody numeryczne z przykładami zastosowań w zadaniach inżynierskich, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka OMP\_W1:**

Zna podstawowe opto-numeryczne techniki pomiarowe stosowane w mechanice, inżynierii materiałowej i kontroli przemysłowej

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W02, K\_W03, K\_W10, K\_W12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o, III.P6S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka OMP\_U1:**

Potrafi dobrać i zastosować metodę pomiarowa oraz analizy wyników dla rozwiazania wybranych zagadnień

Weryfikacja:

Zaliczenie ćwiczeń na laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U12, K\_U13, K\_U10, K\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, III.P6S\_UW.o, I.P6S\_UW.o, I.P6S\_UK

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka OMP\_K1:**

Potrafi pracować w zespole podczas planowania zadań, przeprowadzania symulacji i eksperymentu oraz analizy wyników

Weryfikacja:

Zaliczenie ćwiczeń w laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_K, I.P6S\_KO, I.P6S\_KR