**Nazwa przedmiotu:**

Zaawansowana Mechanika Materiałów i Konstrukcji

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Adam Dacko, prof. PW

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Automatyka i Robotyka

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

ML.NK703

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1) Liczba godzin kontaktowych - 47 godz, w tym:
a) udział w wykładach - 30 godz.,
b) udział w ćwiczeniach - 15 godz.,
c) konsultacje - 3 godz.
2) Praca własna - 35 godz., w tym:
a) zadania domowe - 20 godz.,
b) przygotowanie do egzaminu końcowego - 15 godz.,
Razem - 82 godz. - 3 punkty ECTS.

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

2 punkty ECTS - liczba godzin kontaktowych - 47 godz, w tym:
a) udział w wykładach - 30 godz.,
b) udział w ćwiczeniach - 15 godz.,
c) konsultacje - 3 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:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 15h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

**Limit liczby studentów:**

50

**Cel przedmiotu:**

Przekazanie wiedzy potrzebnej do zaawansowanej analizy wytrzymałościowej konstrukcji.
Budowa modeli matematycznych (obliczeniowych) złożonych konstrukcji z uwzględnieniem niezbędnych uproszczeń. Samodzielne analizy zaawansowanych struktur za pomocą metod analitycznych i metody elementów skończonych (MES).

**Treści kształcenia:**

Wykład
1. Liniowa Mechanika Konstrukcji. Zakres stosowalności. Źródła nieliniowości.
2. Opis ruchu ciała – kinematyka deformacji. Tensor gradientu deformacji.
3. Odkształcenia w punkcie – opis uogólniony. Tensor Greena-Lagrange’a i Almansiego-Hamela.
4. Naprężenia w punkcie – nieliniowo. Naprężenia Cauchy’ego, PK1 oraz PK2.
5. Nieliniowości strukturalne. Rozwiązywanie nieliniowych równań. Przykład strukturalny N-R.
6. Nieliniowości geometryczne. Duże przemieszczenia i duże obroty. Opis TL i UL.
7. Nieliniowości materiałowe. Plastyczność i niezmienniki tensora naprężenia. Reologia. Hiperelastyczność (Mooney-Rivlin, Treloar, Arruda-Boyce, pomiary)
8. Wyboczenie. Stateczność początkowa i zlinearyzowana. Metody Criesfielda i Riksa-Ramma.
9. Dynamika. Drgania własne, nieliniowości. Efekty schematów różnicowych. Stateczność rozwiązań (metoda explicit, kryterium CFL).
10. Wprowadzenie do alternatywnych metod obliczeniowych (ALE, SPH).

Laboratorium komputerowe
1. Wprowadzenie do analiz komputerowych – materiał hiperelastyczny.
2. Wprowadzenie do analiz komputerowych – problemy niesprężyste.
3. Wprowadzenie do analiz komputerowych – stateczność i przeskoki.
4. Wprowadzenie do analiz komputerowych – praca po utracie stateczności.
5. Wprowadzenie do analiz komputerowych – stabilność analiz dynamicznych

**Metody oceny:**

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Spis literatury podstawowej i uzupełniającej
1. Andrzej Sawicki, Mechanika kontinuum. Wprowadzenie, Wydawnictwo IBW PAN, 1994.
2. Lawrence E. Malvern, Introduction to the Mechanics of Continuous Medium, Prentice-Hall, Inc., 1969.
3. Romesh C. Batra, Elements of Continuum Mechanics, AIAA, 2006.
4. Gerhard A. Holzapfel, Nonlinear Solid Mechanics, John Wiley & Sons, Ltd., 2000.
5. Ahmed A. Shabana, Computational Continuum Mechanics, Cambridge University Press, 2008.
6. M.A. Crisfield, Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures, Vol 1, John Wiley & Sons, Ltd., 2003.
7. Klaus-Jürgen Bathe, Finite Element Procedures, Prentice-Hall, Inc., 1996.
8. Michał Kleiber, Metoda elementów skończonych w nieliniowej mechanice kontinuum, PWN, Warszawa, 1985.
9. Thomas J.R. Hughes, The finite element Method, Prentice-Hall, N.J., 1987
10. Belytschko T., Liu W.K., Moran B., Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, John Wiley & Sons, England, 2000.
11. MSC.NASTRAN, MSC.MARC, MSC Software, Santa Ana, CA
12. HKS/ABAQUS = Simulia ABAQUS
13. ANSYS, Inc

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ML.NK703\_W1:**

Zna budowę i sposób modelowania ustrojów dwuwymiarowych, równania opisujące przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_W02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_W1:**

Zna budowę i sposób modelowania ustrojów dwuwymiarowych, równania opisujące przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_W2:**

 Ma wiedzę o metodach analitycznych służących do wyznaczania przemieszczeń, odkształceń i naprężeń w osiowosymetrycznych rurach grubościennych, tarczach i płytach kołowych, płytach prostokątnych, powłokach walcowych pracujących w stanie zgięciowym oraz prętach cienkościennych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_W02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_W2:**

 Ma wiedzę o metodach analitycznych służących do wyznaczania przemieszczeń, odkształceń i naprężeń w osiowosymetrycznych rurach grubościennych, tarczach i płytach kołowych, płytach prostokątnych, powłokach walcowych pracujących w stanie zgięciowym oraz prętach cienkościennych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_W3:**

 Zna podstawowe metody analityczne przybliżone (Ritza, Galerkina) do rozwiązywania zadań jedno i dwuwymiarowych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_W02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_W3:**

 Zna podstawowe metody analityczne przybliżone (Ritza, Galerkina) do rozwiązywania zadań jedno i dwuwymiarowych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_W4:**

 Zna podstawowe metody i sposoby służące do określenia obciążeń krytycznych w złożonych ustrojach prętowych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_W02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_W4:**

 Zna podstawowe metody i sposoby służące do określenia obciążeń krytycznych w złożonych ustrojach prętowych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ML.NK703\_U1:**

 Potrafi zastosować proste modele matematyczne do analizy sprężystych ustrojów dwuwymiarowych,

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U1:**

 Potrafi zastosować proste modele matematyczne do analizy sprężystych ustrojów dwuwymiarowych,

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U1:**

 Potrafi zastosować proste modele matematyczne do analizy sprężystych ustrojów dwuwymiarowych,

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U1:**

 Potrafi zastosować proste modele matematyczne do analizy sprężystych ustrojów dwuwymiarowych,

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U1:**

 Potrafi zastosować proste modele matematyczne do analizy sprężystych ustrojów dwuwymiarowych,

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U1:**

 Potrafi zastosować proste modele matematyczne do analizy sprężystych ustrojów dwuwymiarowych,

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U2:**

 Umie wyznaczyć przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia w rurach grubościennych, kołowych tarczach i płytach, powłokach obrotowych (powłoka walcowa) rozwiązując różniczkowe równania równowagi.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U2:**

 Umie wyznaczyć przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia w rurach grubościennych, kołowych tarczach i płytach, powłokach obrotowych (powłoka walcowa) rozwiązując różniczkowe równania równowagi.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U2:**

 Umie wyznaczyć przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia w rurach grubościennych, kołowych tarczach i płytach, powłokach obrotowych (powłoka walcowa) rozwiązując różniczkowe równania równowagi.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U2:**

 Umie wyznaczyć przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia w rurach grubościennych, kołowych tarczach i płytach, powłokach obrotowych (powłoka walcowa) rozwiązując różniczkowe równania równowagi.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U2:**

 Umie wyznaczyć przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia w rurach grubościennych, kołowych tarczach i płytach, powłokach obrotowych (powłoka walcowa) rozwiązując różniczkowe równania równowagi.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U2:**

 Umie wyznaczyć przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia w rurach grubościennych, kołowych tarczach i płytach, powłokach obrotowych (powłoka walcowa) rozwiązując różniczkowe równania równowagi.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U3:**

 Potrafi określić naprężenia, odkształcenia, przemieszczenia i opisać sposób pracy prętów cienkościennych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U3:**

 Potrafi określić naprężenia, odkształcenia, przemieszczenia i opisać sposób pracy prętów cienkościennych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U3:**

 Potrafi określić naprężenia, odkształcenia, przemieszczenia i opisać sposób pracy prętów cienkościennych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U3:**

 Potrafi określić naprężenia, odkształcenia, przemieszczenia i opisać sposób pracy prętów cienkościennych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U3:**

 Potrafi określić naprężenia, odkształcenia, przemieszczenia i opisać sposób pracy prętów cienkościennych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U3:**

 Potrafi określić naprężenia, odkształcenia, przemieszczenia i opisać sposób pracy prętów cienkościennych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U4:**

 Potrafi zastosować analityczne metody przybliżone (Ritza i Galerkina) do określenia przemieszczeń, odkształceń i naprężeń w ustrojach prętowych i płytach.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U4:**

 Potrafi zastosować analityczne metody przybliżone (Ritza i Galerkina) do określenia przemieszczeń, odkształceń i naprężeń w ustrojach prętowych i płytach.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U4:**

 Potrafi zastosować analityczne metody przybliżone (Ritza i Galerkina) do określenia przemieszczeń, odkształceń i naprężeń w ustrojach prętowych i płytach.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U4:**

 Potrafi zastosować analityczne metody przybliżone (Ritza i Galerkina) do określenia przemieszczeń, odkształceń i naprężeń w ustrojach prętowych i płytach.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U4:**

 Potrafi zastosować analityczne metody przybliżone (Ritza i Galerkina) do określenia przemieszczeń, odkształceń i naprężeń w ustrojach prętowych i płytach.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U4:**

 Potrafi zastosować analityczne metody przybliżone (Ritza i Galerkina) do określenia przemieszczeń, odkształceń i naprężeń w ustrojach prętowych i płytach.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U5:**

 Potrafi wyznaczyć obciążenia krytyczne złożonych ustrojów prętowych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U5:**

 Potrafi wyznaczyć obciążenia krytyczne złożonych ustrojów prętowych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U5:**

 Potrafi wyznaczyć obciążenia krytyczne złożonych ustrojów prętowych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U5:**

 Potrafi wyznaczyć obciążenia krytyczne złożonych ustrojów prętowych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U5:**

 Potrafi wyznaczyć obciążenia krytyczne złożonych ustrojów prętowych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK703\_U5:**

 Potrafi wyznaczyć obciążenia krytyczne złożonych ustrojów prętowych.

Weryfikacja:

Ocena zadań domowych, egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**