**Nazwa przedmiotu:**

Analiza sztywnościowo-wytrzymałościowa konstrukcji cienkościennych

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Jarosław Mańkowski

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Mechanika Pojazdów i Maszyn Roboczych

**Grupa przedmiotów:**

Specjalnościowe

**Kod przedmiotu:**

1150-MB000-ISP-0324

**Semestr nominalny:**

6 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

1) Liczba godzin kontaktowych – 46 godz., w tym:
• wykład - 30 godz.;
• laboratorium - 15 godz.
• konsultacje – 1 godz.
2) Praca własna studenta – 60 godz., w tym:
• studia literaturowe: 15 godz.
• przygotowanie do zajęć: 15 godz.
• realizacja prac domowych i wykonanie sprawozdań: 30 godz.
3) RAZEM – 106 godz.

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

1,8 punktów ECTS – liczba godzin kontaktowych – 46 godz., w tym:
• wykład - 30 godz.;
• laboratorium - 15 godz;
• konsultacje – 1 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

2,4 punktów ECTS – 60 godz., w tym:
• laboratorium - 15 godz.;
• przygotowanie do zajęć: 15 godz.
• realizacja prac domowych i wykonanie sprawozdań: 30 godz.

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

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

**Wymagania wstępne:**

Znajomość podstaw mechaniki obejmująca zakres przedmiotów: Mechanika ogólna I, Mechanika ogólna II. Znajomość podstaw wytrzymałości materiałów obejmująca zakres przedmiotów: Wytrzymałość materiałów I, Wytrzymałość materiałów II. Znajomość podstaw konstrukcji maszyn obejmująca zakres przedmiotów: Podstaw konstrukcji maszyn, Projektowanie podstaw konstrukcji maszyn I, II. Znajomość podstaw metody elementów skończonych oraz umiejętność posługiwania się systemem Abaqus obejmująca zakres przedmiotu: Metoda elementów skończonych.

**Limit liczby studentów:**

30

**Cel przedmiotu:**

Poznanie zaawansowanych metod obliczeń sztywnościowo-wytrzymałościowych stosowanych w analizach konstrukcji cienkościennych.

**Treści kształcenia:**

Wykład
1. Integracja systemów CAD – MES. Modele geometryczne dla MES. Wykład obejmuje omówienie zagadnień dotyczących właściwego przygotowania modeli powierzchniowych do dyskretyzacji.
2. Konstrukcje prętowe, belkowe. Wykład obejmuje szczegółowe omówienie zagadnień związanych z modelowaniem konstrukcji prętowych modelowanych z wykorzystaniem elementów prętowych oraz belkowych. Analizy konstrukcji, w których elementy konstrukcyjne przenoszą zarówno obciążenia normalne, styczne, jak i momenty gnące. Analiza wpływu ścinania: teoria Bernouliego i Timoshenko. Szczegółowe omówienie zagadnień analiz postaci, sił krytycznych i częstości drgań własnych.
3. Omówienie zagadnień analiz koncentracji naprężeń w modelach powłokowych.
4. Wprowadzenie do analiz nieliniowych. Koncentracja naprężeń po przekroczeniu granicy plastyczności materiału. Wykład obejmuje podstawowe zagadnienia związane z iteracyjnymi metodami analiz zagadnień nieliniowych. Jako przykład – nieliniowość materiału, wielo-liniowy model sprężysto – plastyczny.
5. Modele powłokowe - analizy szczegółowe. Wykład obejmuje podstawowe zagadnienia dotyczące modelowania konstrukcji cienkościennych za pomocą elementów powłokowych. Sposoby wprowadzania obciążeń. Definiowanie warunków brzegowych. Problemy związane z konstrukcjami o złożonych geometrycznie kształtach, sposoby łączenia siatek. Ocena wytężenia konstrukcji – naprężenia normalne, styczne oraz zredukowane. Koncentracje naprężeń wynikające z utwierdzenia modelu oraz łączenia siatek MES.
6. Modele powłokowe - sposoby realizacji połączeń. Uproszczone i dokładne analizy połączeń (spawane, śrubowe, nitowe) w metalowych strukturach cienkościennych.
7. Modelowanie zadań uwzględnieniem wzajemne oddziaływanie części (zadania kontaktowe), w zakresie modeli powłokowych oraz belkowych.
8. Szczegółowe analizy struktur cienkościennych na przykładach konstrukcji kratownicowych i dźwigarów cienkościennych z wykorzystaniem pakietu Abaqus.
Laboratorium:
1. Integracja systemów CAD – MES. Modele geometryczne dla MES.
2. Analiza kratownicy: modele prętowe, belkowe, siły krytyczne i częstości drgań własnych.
3. Koncentracje naprężeń - szczególne przypadki.
4. Analizy zagadnień nieliniowych - wstęp.
5. Analizy konstrukcji cienkościennych - cz. 1.
6. Analizy konstrukcji cienkościennych - cz. 2.
7. Analizy konstrukcji cienkościennych - cz. 3.
8. Analizy konstrukcji cienkościennych - cz. 4.
9. Analizy konstrukcji cienkościennych - cz. 5.
10. Uproszczone sposoby modelowanie połączeń (spawane, śrubowe, nitowe, sworzniowe).
11. Zagadnienie kontaktowe - uwzględnienie nieliniowej charakterystyki materiału.
12. Analiza dźwigara cienkościennego.

**Metody oceny:**

Wykład - Zaliczany jest na podstawie oceny uzyskanej z laboratorium.
Laboratorium
Prace domowe realizowane w formie krótkich projektów – zadań do wykonania na podstawie wiedzy przekazanej na wykładzie oraz praktyki zdobytej w trakcie realizacji ćwiczeń laboratoryjnych, które mają zakończyć się oddaniem pisemnego sprawozdania z wykonanej pracy.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

Osiński J., Obliczenia wytrzymałościowe elementów maszyn z zastosowaniem metody elementów skończonych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1998.
Niezgodziński M. E. Niezgodziński T. Wzory, wykresy i tablice wytrzymałościowe. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo Techniczne, 1996.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

-

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt 1150-MB000-ISP-0324\_W1:**

Student zna metody integracji systemów CAD – MES

Weryfikacja:

Rozmowa przy sprawdzaniu pracy domowej

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W07, KMiBM\_W08

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W04, InzA\_W04, T1A\_W09

**Efekt 1150-MB000-ISP-0324\_W2:**

Student posiada wiedzę o modelowaniu i przygotowaniu modelu geometrycznego w MES, w tym zagadnienia dyskretyzacji, modelowania przy wykorzystaniu elementów powłokowych.

Weryfikacja:

Rozmowa przy sprawdzaniu pracy domowej

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W04, KMiBM\_W18

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

**Efekt 1150-MB000-ISP-0324\_W3:**

Student posiada wiedzę w zakresie przygotowania modeli powłokowych MES, w których występuje koncentracja naprężeń.

Weryfikacja:

Rozmowa przy sprawdzaniu pracy domowej

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W04, KMiBM\_W18

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

**Efekt 1150-MB000-ISP-0324\_W4:**

Student zna zasady określania i wyznaczania sił krytycznych i częstości drgań własnych z wykorzystaniem MES.

Weryfikacja:

Rozmowa przy sprawdzaniu pracy domowej

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W04, KMiBM\_W18

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

**Efekt 1150-MB000-ISP-0324\_W5:**

Student zna zasady wprowadzania obciążeń oraz definiowania warunków brzegowych w modelach MES konstrukcji cienkościennych o złożonych geometrycznie kształtach, modelowanych przy użyciu elementów powłokowych.

Weryfikacja:

Rozmowa przy sprawdzaniu pracy domowej

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W04, KMiBM\_W18

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

**Efekt 1150-MB000-ISP-0324\_W6:**

Student zna podstawowe metody rozwiązywania zagadnień nieliniowych stosowane w systemach MES.

Weryfikacja:

Rozmowa przy sprawdzaniu pracy domowej

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W04, KMiBM\_W18

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

**Efekt 1150-MB000-ISP-0324\_W7:**

Student zna podstawowe zasady modelowania zagadnień kontaktowych w modelach bryłowych.

Weryfikacja:

Rozmowa przy sprawdzaniu pracy domowej

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W04, KMiBM\_W18

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

**Efekt 1150-MB000-ISP-0324\_W8:**

Student zna zasady oceny naprężeń w układach lokalnych.

Weryfikacja:

Rozmowa przy sprawdzaniu pracy domowej

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W04, KMiBM\_W18

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

**Efekt 1150-MB000-ISP-0324\_W9:**

Student potrafi dokonać oceny wytężenia konstrukcji złożonej konstrukcji cienkościennej z wykorzystaniem MES.

Weryfikacja:

Rozmowa przy sprawdzaniu pracy domowej

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W04, KMiBM\_W18

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

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt 1150-MB000-ISP-0324\_U1:**

Student potrafi przygotować model geometryczny do dyskretyzacji. Potrafi dokonać podział geometrii na odpowiednie powierzchnie. Rozumie znaczenie szczegółów (promienie, fazy, zmiany grubości) i potrafi je odpowiednio uwzględnić w modelu powłokowym.

Weryfikacja:

Sprawozdanie z pracy domowej

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U15, KMiBM\_U16, KMiBM\_U18

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U11, T1A\_U12, InzA\_U06, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U10, T1A\_U10, T1A\_U13, T1A\_U16

**Efekt 1150-MB000-ISP-0324\_U2:**

Student potrafi wykonać analizę sił krytycznych oraz częstości drgań własnych złożonej struktury z wykorzystaniem różnych modeli MES.

Weryfikacja:

Sprawozdanie z pracy domowej

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U03, KMiBM\_U15, KMiBM\_U16, KMiBM\_U18

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U09, InzA\_U01, InzA\_U02, InzA\_U06, T1A\_U11, T1A\_U12, InzA\_U06, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U10, T1A\_U10, T1A\_U13, T1A\_U16

**Efekt 1150-MB000-ISP-0324\_U3:**

Student posiada umiejętności praktycznego wykorzystania systemów MES w analizie stanu naprężenia wokół koncentratora. Potrafi dokonać optymalizacji zadania MES pod względem liczby elementów, rodzaju elementów (funkcje kształtu) oraz jakości siatki (deformacja siatki i jej wpływ na wyniki analiz).

Weryfikacja:

Sprawozdanie z pracy domowej

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U03, KMiBM\_U15, KMiBM\_U16, KMiBM\_U18

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U09, InzA\_U01, InzA\_U02, InzA\_U06, T1A\_U11, T1A\_U12, InzA\_U06, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U10, T1A\_U10, T1A\_U13, T1A\_U16

**Efekt 1150-MB000-ISP-0324\_U4:**

Student potrafi dobrać odpowiednie parametry oraz wykonać nieliniową statyczną analizę stanu wytężenia i deformacji struktury cienkościennej wykonanej z materiału o nieliniowej charakterystyce.

Weryfikacja:

Sprawozdanie z pracy domowej

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U03, KMiBM\_U15, KMiBM\_U16, KMiBM\_U18

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U09, InzA\_U01, InzA\_U02, InzA\_U06, T1A\_U11, T1A\_U12, InzA\_U06, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U10, T1A\_U10, T1A\_U13, T1A\_U16

**Efekt 1150-MB000-ISP-0324\_U5:**

Student potrafi wykonać analizę wzajemnego oddziaływania części w strukturach cienkościennych (zadanie kontaktowe) z wykorzystaniem MES.

Weryfikacja:

Sprawozdanie z pracy domowej

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U03, KMiBM\_U15, KMiBM\_U16, KMiBM\_U18

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U09, InzA\_U01, InzA\_U02, InzA\_U06, T1A\_U11, T1A\_U12, InzA\_U06, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U10, T1A\_U10, T1A\_U13, T1A\_U16

**Efekt 1150-MB000-ISP-0324\_U6:**

Student potrafi w modelach MES stosować uproszczone sposoby modelowania połączeń.

Weryfikacja:

Sprawozdanie z pracy domowej

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U03, KMiBM\_U15, KMiBM\_U16, KMiBM\_U18

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U09, InzA\_U01, InzA\_U02, InzA\_U06, T1A\_U11, T1A\_U12, InzA\_U06, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U10, T1A\_U10, T1A\_U13, T1A\_U16

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt 1150-MB000-ISP-0324\_K1:**

Student jest świadomy konieczności pogłębiania wiedzy w zakresie zaawansowanych technik obliczeniowych oraz zna możliwości dalszego rozwoju w tym kierunku na wydz. Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych. Rozumie problemy związane z oceną bezpieczeństwa konstrukcji i ma świadomość odpowiedzialności ciążącej na osobie dokonującej analiz wytrzymałościowych.

Weryfikacja:

Ocena wykonywania zadań w trakcie realizacji ćwiczeń laboratoryjnych.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_K01, KMiBM\_K02, KMiBM\_K03

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_K01, T1A\_K02, InzA\_K01, T1A\_K05