**Nazwa przedmiotu:**

Wytrzymałość konstrukcji cienkościennych 1

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. inż. Tomasz Zagrajek

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Lotnictwo i Kosmonautyka

**Grupa przedmiotów:**

Specjalnościowe

**Kod przedmiotu:**

ML.NS642

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2017/2018

**Liczba punktów ECTS:**

5

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

1. Liczba godzin kontaktowych - 50, w tym:
a) wykład - 15 godz.,
b) ćwiczenia - 15 godz.,
c) laboratorium -15 godz.
d) konsultacje - 5 godz.
2. Praca własna studenta - 75 godz., w tym:
a) zadania domowe (analiza MES typowej konstrukcji cienkościennej) - 30 godz.
b) przygotowanie do kolokwiów - 20 godz.,
c) przygotowanie do laboratoriów - 25 godz.
Razem -125 godz.

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

2 punkty ECTS - liczba godzin kontaktowych - 50, w tym:
a) wykład - 15 godz.,
b) ćwiczenia - 15 godz.,
c) laboratorium -15 godz.
d) konsultacje - 5 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

2 punkty ECTS, w tym:
a) przygotowanie do laboratoriów - 25 godz.
b) laboratorium -15 godz.
c) konsultacje - 5 godz.

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

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

**Wymagania wstępne:**

Wiedza i umiejętności z zakresu metod elementów skończonych oraz wytrzymałości konstrukcji.

**Limit liczby studentów:**

 minimum 15

**Cel przedmiotu:**

Budowa modeli matematycznych złożonych konstrukcji cienkościennych z uwzględnieniem niezbędnych uproszczeń. Samodzielne analizy typowych konstrukcji cienkościennych za pomocą metod analitycznych i metody elementów skończonych (MES).

**Treści kształcenia:**

Struktura konstrukcji cienkościennych, wprowadzanie obciążeń zewnętrznych ( wręgi, podłużnice, płaszcz) modele matematyczne. Nieliniowa (duże deformacje) techniczna teoria powłok o małej wyniosłości: przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia, przemieszczeniowe równania równowagi, mieszane równania równowagi, warunki brzegowe. Równania stateczności płyt i powłok o małej wyniosłości (twierdzenie Lapunowa) , obciążenie krytyczne. Małe i duże ugięcia płyt prostokątnych i powłok walcowych , rozwiązania analityczne ścisłe i przybliżone ( Galerkina, Ritza, kolokacji). Obciążenia krytyczne ściskanych, ścinanych, skręcanych płyt prostokątnych i powłok walcowych, rozwiązania analityczne ścisłe i przybliżone ( energetyczna). Zastosowanie metody elementów skończonych do analizy struktur cienkościennych - ćwiczenia laboratoryjne z wykorzystaniem systemu ANSYS: wprowadzenie siły skupionej w powłokę stożkową, statyka tylnej części kadłuba śmigłowca rola wręg i podłużnic, stateczność płyt prostokątnych i powłok walcowych, stożkowych ściskanych, ścinanych, skręcanych, praca po utracie stateczności, duże ugięcia (analiza nieliniowa) płyt i powłok.

**Metody oceny:**

2 kolokwia (teoretyczne i zadaniowe),ocena wykonywanych zadań przez studenta w ramach laboratorium MES-ANSYS, zadania domowe - analiza MES typowej konstrukcji cienkościennej.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Bijak-Żochowski M., Jaworski A., Krzesiński G., Zagrajek T.: Mechanika Materiałów i Konstrukcji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2006.
2. Brzoska Z.: Wytrzymałość Materiałów, PWN, Warszawa, 1979.
3. Brzoska Z.: Statyka i Stateczność Konstrukcji Prętowych i Cienkościennych, PWN, Warszawa, 1979.
Dodatkowa literatura:
1. Zagrajek T.,Krzesiński G., Marek P. : Metoda Elementów Skończonych w Mechanice Konstrukcji - Ćwiczenia z zastosowaniem systemu ANSYS, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2005.
2. Pozycje literaturowe z zakresu metody elementów skończonych dotyczące elementów powłokowych.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

-

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ML.NS642\_W1:**

 Zna strukturę konstrukcji cienkościennych, założenia technicznej teorii powłok o małej wyniosłości oraz jakościowo równania opisujące przemieszczenia, odkształcenia i naprężenia z uwzględnieniem dużych deformacji.

Weryfikacja:

Na podstawie kolokwium teoretycznego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_W1:**

 Zna strukturę konstrukcji cienkościennych, założenia technicznej teorii powłok o małej wyniosłości oraz jakościowo równania opisujące przemieszczenia, odkształcenia i naprężenia z uwzględnieniem dużych deformacji.

Weryfikacja:

Na podstawie kolokwium teoretycznego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_W2:**

 Ma podstawową wiedzę o metodach analitycznych służących wyznaczania przemieszczeń, odkształceń i naprężeń w prostych płytach prostokątnych, powłokach walcowych oraz o metodzie elementów skończonych pozwalającej rozwiązywać złożone przypadki konstrukcji cienkościennych.

Weryfikacja:

Kolokwium zadaniowe, ocena pracy studenta w ramach laboratorium MES-ANSYS.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_W2:**

 Ma podstawową wiedzę o metodach analitycznych służących wyznaczania przemieszczeń, odkształceń i naprężeń w prostych płytach prostokątnych, powłokach walcowych oraz o metodzie elementów skończonych pozwalającej rozwiązywać złożone przypadki konstrukcji cienkościennych.

Weryfikacja:

Kolokwium zadaniowe, ocena pracy studenta w ramach laboratorium MES-ANSYS.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_W2:**

 Ma podstawową wiedzę o metodach analitycznych służących wyznaczania przemieszczeń, odkształceń i naprężeń w prostych płytach prostokątnych, powłokach walcowych oraz o metodzie elementów skończonych pozwalającej rozwiązywać złożone przypadki konstrukcji cienkościennych.

Weryfikacja:

Kolokwium zadaniowe, ocena pracy studenta w ramach laboratorium MES-ANSYS.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_W3:**

 Zna podstawowe pojęcia oraz jakościowo równania służące do określenia obciążeń krytycznych w strukturach cienkościennych.

Weryfikacja:

Na podstawie kolokwium teoretycznego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_W3:**

 Zna podstawowe pojęcia oraz jakościowo równania służące do określenia obciążeń krytycznych w strukturach cienkościennych.

Weryfikacja:

Na podstawie kolokwium teoretycznego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_W3:**

 Zna podstawowe pojęcia oraz jakościowo równania służące do określenia obciążeń krytycznych w strukturach cienkościennych.

Weryfikacja:

Na podstawie kolokwium teoretycznego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_W4:**

 Ma podstawową wiedzę o metodach analitycznych służących do wyznaczania obciążeń krytycznych dla prostych płyt prostokątnych, powłok walcowych ściskanych, skręcanych i ścinanych oraz metodzie energetycznej i elementów skończonych pozwalających określać obciążenia krytyczne dla złożonych struktur.

Weryfikacja:

Kolokwium zadaniowe, ocena pracy studenta w ramach laboratorium MES-ANSYS.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_W4:**

 Ma podstawową wiedzę o metodach analitycznych służących do wyznaczania obciążeń krytycznych dla prostych płyt prostokątnych, powłok walcowych ściskanych, skręcanych i ścinanych oraz metodzie energetycznej i elementów skończonych pozwalających określać obciążenia krytyczne dla złożonych struktur.

Weryfikacja:

Kolokwium zadaniowe, ocena pracy studenta w ramach laboratorium MES-ANSYS.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_W4:**

 Ma podstawową wiedzę o metodach analitycznych służących do wyznaczania obciążeń krytycznych dla prostych płyt prostokątnych, powłok walcowych ściskanych, skręcanych i ścinanych oraz metodzie energetycznej i elementów skończonych pozwalających określać obciążenia krytyczne dla złożonych struktur.

Weryfikacja:

Kolokwium zadaniowe, ocena pracy studenta w ramach laboratorium MES-ANSYS.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ML.NS642\_U1:**

 Potrafi zbudować proste modele matematyczne rzeczywistych struktur cienkościennych.

Weryfikacja:

Kolokwium zadaniowe, ocena pracy studenta w ramach laboratorium MES-ANSYS.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_U1:**

 Potrafi zbudować proste modele matematyczne rzeczywistych struktur cienkościennych.

Weryfikacja:

Kolokwium zadaniowe, ocena pracy studenta w ramach laboratorium MES-ANSYS.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_U1:**

 Potrafi zbudować proste modele matematyczne rzeczywistych struktur cienkościennych.

Weryfikacja:

Kolokwium zadaniowe, ocena pracy studenta w ramach laboratorium MES-ANSYS.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_U2:**

 Potrafi wyznaczyć przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia dla prostych obciążeń w płytach prostokątnych, powłokach walcowych rozwiązując różniczkowe równania równowagi w sposób ścisły lub przybliżony (np. metody kolokacji, Galerkina, Ritza) korzystając z podręczników.

Weryfikacja:

Na podstawie kolokwium zadaniowego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_U2:**

 Potrafi wyznaczyć przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia dla prostych obciążeń w płytach prostokątnych, powłokach walcowych rozwiązując różniczkowe równania równowagi w sposób ścisły lub przybliżony (np. metody kolokacji, Galerkina, Ritza) korzystając z podręczników.

Weryfikacja:

Na podstawie kolokwium zadaniowego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_U2:**

 Potrafi wyznaczyć przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia dla prostych obciążeń w płytach prostokątnych, powłokach walcowych rozwiązując różniczkowe równania równowagi w sposób ścisły lub przybliżony (np. metody kolokacji, Galerkina, Ritza) korzystając z podręczników.

Weryfikacja:

Na podstawie kolokwium zadaniowego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_U3:**

 Potrafi wyznaczyć przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia w niezbyt złożonych konstrukcjach cienkościennych za pomocą metody elementów skończonych korzystając z systemu ANSYS.

Weryfikacja:

Na podstawie wykonywanych zadań na laboratorium MES-ANSYS.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_U3:**

 Potrafi wyznaczyć przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia w niezbyt złożonych konstrukcjach cienkościennych za pomocą metody elementów skończonych korzystając z systemu ANSYS.

Weryfikacja:

Na podstawie wykonywanych zadań na laboratorium MES-ANSYS.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_U3:**

 Potrafi wyznaczyć przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia w niezbyt złożonych konstrukcjach cienkościennych za pomocą metody elementów skończonych korzystając z systemu ANSYS.

Weryfikacja:

Na podstawie wykonywanych zadań na laboratorium MES-ANSYS.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_U4:**

 Potrafi wyznaczyć obciążenia krytyczne dla płyt prostokątnych, powłok walcowych ściskanych, ścinanych i skręcanych rozwiązując różniczkowe równania w sposób ścisły lub przybliżony (metoda energetyczna) korzystając z podręczników.

Weryfikacja:

Na podstawie kolokwium zadaniowego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_U4:**

 Potrafi wyznaczyć obciążenia krytyczne dla płyt prostokątnych, powłok walcowych ściskanych, ścinanych i skręcanych rozwiązując różniczkowe równania w sposób ścisły lub przybliżony (metoda energetyczna) korzystając z podręczników.

Weryfikacja:

Na podstawie kolokwium zadaniowego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_U4:**

 Potrafi wyznaczyć obciążenia krytyczne dla płyt prostokątnych, powłok walcowych ściskanych, ścinanych i skręcanych rozwiązując różniczkowe równania w sposób ścisły lub przybliżony (metoda energetyczna) korzystając z podręczników.

Weryfikacja:

Na podstawie kolokwium zadaniowego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_U5:**

 Potrafi wyznaczyć obciążenia krytyczne niezbyt złożonych konstrukcjach cienkościennych za pomocą metody elementów skończonych korzystając z systemu ANSYS .

Weryfikacja:

Na podstawie wykonywanych zadań na laboratorium MES-ANSYS.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_U5:**

 Potrafi wyznaczyć obciążenia krytyczne niezbyt złożonych konstrukcjach cienkościennych za pomocą metody elementów skończonych korzystając z systemu ANSYS .

Weryfikacja:

Na podstawie wykonywanych zadań na laboratorium MES-ANSYS.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS642\_U5:**

 Potrafi wyznaczyć obciążenia krytyczne niezbyt złożonych konstrukcjach cienkościennych za pomocą metody elementów skończonych korzystając z systemu ANSYS .

Weryfikacja:

Na podstawie wykonywanych zadań na laboratorium MES-ANSYS.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**