**Nazwa przedmiotu:**

Wytrzymałość silników lotniczych

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. inż. Marek Żochowski

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Lotnictwo i Kosmonautyka

**Grupa przedmiotów:**

Specjalnościowe

**Kod przedmiotu:**

NS650

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2011/2012

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

Prace domowe - 20h
Przygotowanie do kolokwium - 20h

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

4 ECTS - zadania na wykładzie

**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: | 0h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 0h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Wytrzymałość konstrukcji II

**Limit liczby studentów:**

min. 15 studentów

**Cel przedmiotu:**

Student powinien potrafić przeprowadzić podstawowe analizy wytrzymałościowe głównych elementów silników turbinowych.

**Treści kształcenia:**

Silniki turbinowe i tłokowe. Podstawowe elementy silników turbinowych: łopatki, tarcze wirujące, płyty kołowe, powłoki walcowe, kuliste, stożkowe.
Podstawowe obciążenia: siły masowe od wirowania, ciśnienie czynnika gazowego, zmiany temperatury.
Klasyfikacja: tarcze o stałej skokowo zmiennej, zmiennej w sposób ciągły grubości, nieogrzane, słabo ogrzane, silnie ogrzane. Przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia w tarczach (płaskie zadanie Wytrzymałości Konstrukcji) wyznaczane metodami analitycznymi. Dla tarcz o zmiennej w sposób ciągły grubości, silnie ogrzanych (zmiana stałych sprężystych materiału) tarcz sprężarek odśrodkowych: tarcz pracujących powyżej granicy plastyczności materiału, zastosowanie metody elementów skończonych (system Ansys) do analizy.
Płyty kołowe osiowo-symetrycznie obciążone – rozwiązanie analityczne.
Powłoki walcowe, kuliste: określenie sił wewnętrznych, odkształceń i przemieszczeń metodami analitycznymi. Analiza konstrukcji złożonych z tarcz, płyt i powłok obciążonych siłami zewnętrznymi i termicznie.

**Metody oceny:**

zadania domowe
kolokwium zaliczeniowe

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Bijak-Żochowski M., Jaworski A., Krzesiński G., Zagrajek T.: Mechanika Materiałów i Konstrukcji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2006.
2. Lipka J.: Wytrzymałość Maszyn Wirnikowych, Wyd. Naukowo- Techniczne 1967.
Dodatkowe literatura:
1. Brzoska Z.: Wytrzymałość Materiałów, PWN, Warszawa, 1979.

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt EW1:**

Zna budowę i sposób modelowania podstawowych elementów konstrukcyjnych lotniczego silnika turbinowego

Weryfikacja:

Weryfikacja na podstawie zadań domowych i kolokwium zadaniowego.

**Powiązane efekty kierunkowe:** LiK2\_W10, LiK2\_W14

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_W03, T2A\_W04

**Efekt EW2:**

Zna podstawowe obciążenie elementów silnika (siły masowe, obciążenia ciśnieniem, obciążenia termiczne)

Weryfikacja:

Weryfikacja na podstawie prac domowych i egzaminu końcowego.

**Powiązane efekty kierunkowe:** LiK2\_W10, LiK2\_W14

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_W03, T2A\_W04

**Efekt EW3:**

Zna metody analityczne i metody przybliżone (MES) do obliczenia naprężeń, przemieszczeń i odkształceń w tarczach wirujących

Weryfikacja:

Weryfikacja na podstawie prac domowych i egzaminu końcowego

**Powiązane efekty kierunkowe:** LiK2\_W10, LiK2\_W14

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_W03, T2A\_W04

**Efekt EW4:**

Zna analityczne metody określania sił wewnętrznych odkształceń i przemieszczeń w płytach kołowych, powłokach walcowych i kulistych

Weryfikacja:

Weryfikacja na podstawie prac domowych i egzaminu końcoweg opis

**Powiązane efekty kierunkowe:** LiK2\_W10, LiK2\_W14

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_W03, T2A\_W04

**Efekt EW5:**

Zna sposoby modelowania i wytrzymałościowej analizy złożonych ustrojów osiowo-symetrycznych.

Weryfikacja:

Weryfikacja na podstawie prac domowych i egzaminu końcowego.

**Powiązane efekty kierunkowe:** LiK2\_W10, LiK2\_W14

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_W03, T2A\_W04

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt EU1:**

Potrafi zastosować proste modele matematyczne do analizy elementów silników turbinowych

Weryfikacja:

Weryfikacja na podstawie prac domowych i egzaminu końcowego.

**Powiązane efekty kierunkowe:** LiK2\_U01, LiK2\_U02, LiK2\_U03, LiK2\_U05, LiK2\_U09, LiK2\_U11, LiK2\_U18

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U01, T2A\_U02, T2A\_U03, T2A\_U05, T2A\_U09, T2A\_U11, T2A\_U18

**Efekt EU2:**

Umie wyznaczyć metodami analitycznymi przemieszczenia, naprężenia, odkształcenia w tarczach poddanych różnego typu obciążeniom.

Weryfikacja:

Weryfikacja na podstawie prac domowych i egzaminu końcowego.

**Powiązane efekty kierunkowe:** LiK2\_U01, LiK2\_U02, LiK2\_U03, LiK2\_U05, LiK2\_U09, LiK2\_U11, LiK2\_U18

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U01, T2A\_U02, T2A\_U03, T2A\_U05, T2A\_U09, T2A\_U11, T2A\_U18

**Efekt EU3:**

Umie analizować pracę wytrzymałościową płyt kołowych i powłok cylindrycznych i kulistych metodami analitycznymi.

Weryfikacja:

Weryfikacja na podstawie prac domowych i egzaminu końcowego.

**Powiązane efekty kierunkowe:** LiK2\_U01, LiK2\_U02, LiK2\_U03, LiK2\_U05, LiK2\_U09, LiK2\_U11, LiK2\_U18

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U01, T2A\_U02, T2A\_U03, T2A\_U05, T2A\_U09, T2A\_U11, T2A\_U18

**Efekt EU4 :**

Potrafi modelować i obliczać złożone konstrukcje, gdzie współpracują ze sobą tarcze, płyty i powłoki.

Weryfikacja:

Weryfikacja na podstawie prac domowych i egzaminu końcowego.

**Powiązane efekty kierunkowe:** LiK2\_U01, LiK2\_U02, LiK2\_U03, LiK2\_U05, LiK2\_U09, LiK2\_U11, LiK2\_U18

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U01, T2A\_U02, T2A\_U03, T2A\_U05, T2A\_U09, T2A\_U11, T2A\_U18

**Efekt EU5:**

Potrafi stosować przybliżone metody numeryczne (MES) do obliczania np. tarcz o zmiennej grubości, silnie nagrzanych, pracujących poza granicami plastyczności pól.

Weryfikacja:

Weryfikacja na podstawie prac domowych i egzaminu końcowego.

**Powiązane efekty kierunkowe:** LiK2\_U01, LiK2\_U02, LiK2\_U03, LiK2\_U05, LiK2\_U09, LiK2\_U11, LiK2\_U18

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U01, T2A\_U02, T2A\_U03, T2A\_U05, T2A\_U09, T2A\_U11, T2A\_U18