**Nazwa przedmiotu:**

Structural Analysis of Aeroengines

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Jakub Pawlicki

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Aerospace Engineering

**Grupa przedmiotów:**

Specialization

**Kod przedmiotu:**

ML.ANS650

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

1) Number of hours that require the presence of a teacher - 35, including:
a) attendance at the lectures - 30 hours;
b) exam - 5 hours.
2) The number of hours of independent work of student - 65, including:
• systematic preparation for classes, reading recommended literature by the teacher - 30 hours;
• work on homework (solving tasks) – 20 hours;
• preparation for the final examination – 15 hours.
TOTAL = 100 hours.

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

1.4 ECTS credits - 35 hours, including:
a) attendance at the lectures - 30 hours;
b) exam - 5 hours.

**Język prowadzenia zajęć:**

angielski

**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:**

Solid Mechanics, Mechanics of Structures, Strength of Structures.

**Limit liczby studentów:**

**Cel przedmiotu:**

Course results: Ability of strength calculations of aircraft engines elements within elastic range.

**Treści kształcenia:**

Turbine engines and piston engines. Main strength elements of turbine engines: blades, discs, circular plates cylindrical shells, spherical and conical shells. Main loadings: inertia forces due to centrifugal acceleration, gas pressure, changes of temperature (thermal forces).
Discs: of constant thickness stepped thickness, continuous thickness change , not heated, weakly heated, strongly heated. Displacements strains, stresses in discs (the plane problem of the strength construction), determined by analytical methods. For the discs of continuous thickness change, strongly heated (the change of elastic constants of the material), discs of radial compressors, and discs working over plastic limit of the material numerical methods (FEM) are applied.
Circular plates axisymmetrically loaded – analytical solutions.
Cylindrical and spherical shells: determination of internal forces strains and displacements by analytical methods. The analysis of complex constructions (consisting of discs, plates and shells) loaded by external forces and changes of temperature.
Zajęcia zostały przygotowane i będą przeprowadzone z wykorzystaniem oprogramowania ANSYS i MATLAB

**Metody oceny:**

Homeworks, final exam.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Literature is given for each lecture using books from university and faculty library.

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ML.ANS650\_W1:**

Knows the structure and the way how to model basic structural elements of the turbo aeroengine.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, test.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_W1:**

Knows the structure and the way how to model basic structural elements of the turbo aeroengine.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, test.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_W2:**

Knows the basics loads of elements of aeroengines (mass loads, pressure loads thermal loads).

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_W2:**

Knows the basics loads of elements of aeroengines (mass loads, pressure loads thermal loads).

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_W3:**

Knows the analytical and approximate methods (FE) of calculation of displacements, strains and stresses in rotating discs.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_W3:**

Knows the analytical and approximate methods (FE) of calculation of displacements, strains and stresses in rotating discs.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_W4:**

Knows the analytical methods of calculation of internal forces, strains and displacements in circular plates, cylindrical and spherical shells.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_W4:**

Knows the analytical methods of calculation of internal forces, strains and displacements in circular plates, cylindrical and spherical shells.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_W5:**

Knows how to model and to analyze complex axisymmetric structures.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_W5:**

Knows how to model and to analyze complex axisymmetric structures.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ML.ANS65\_U1:**

Knows how to apply simple mathematical models to analyze components of turbo aeroengines.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS65\_U1:**

Knows how to apply simple mathematical models to analyze components of turbo aeroengines.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS65\_U1:**

Knows how to apply simple mathematical models to analyze components of turbo aeroengines.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS65\_U1:**

Knows how to apply simple mathematical models to analyze components of turbo aeroengines.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS65\_U1:**

Knows how to apply simple mathematical models to analyze components of turbo aeroengines.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS65\_U1:**

Knows how to apply simple mathematical models to analyze components of turbo aeroengines.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS65\_U1:**

Knows how to apply simple mathematical models to analyze components of turbo aeroengines.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U2:**

Knows how to calculate, using analytical methods, displacements, strains and stresses in discs under different loads.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U2:**

Knows how to calculate, using analytical methods, displacements, strains and stresses in discs under different loads.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U2:**

Knows how to calculate, using analytical methods, displacements, strains and stresses in discs under different loads.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U2:**

Knows how to calculate, using analytical methods, displacements, strains and stresses in discs under different loads.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U2:**

Knows how to calculate, using analytical methods, displacements, strains and stresses in discs under different loads.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U2:**

Knows how to calculate, using analytical methods, displacements, strains and stresses in discs under different loads.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U3:**

Knows how to perform stress analysis of circular plates and cylindrical and spherical shells using analytical methods.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U3:**

Knows how to perform stress analysis of circular plates and cylindrical and spherical shells using analytical methods.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U3:**

Knows how to perform stress analysis of circular plates and cylindrical and spherical shells using analytical methods.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U3:**

Knows how to perform stress analysis of circular plates and cylindrical and spherical shells using analytical methods.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U3:**

Knows how to perform stress analysis of circular plates and cylindrical and spherical shells using analytical methods.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U3:**

Knows how to perform stress analysis of circular plates and cylindrical and spherical shells using analytical methods.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U3:**

Knows how to perform stress analysis of circular plates and cylindrical and spherical shells using analytical methods.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U4:**

Knows how to model and analyze complex structures composed of disks, plates and shells.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U4:**

Knows how to model and analyze complex structures composed of disks, plates and shells.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U4:**

Knows how to model and analyze complex structures composed of disks, plates and shells.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U4:**

Knows how to model and analyze complex structures composed of disks, plates and shells.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U4:**

Knows how to model and analyze complex structures composed of disks, plates and shells.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U4:**

Knows how to model and analyze complex structures composed of disks, plates and shells.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U4:**

Knows how to model and analyze complex structures composed of disks, plates and shells.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U5:**

Knows how to apply approximate methods (FE) to analyze of e.g. disks of variable thickness, subject to strong thermal loads and working beyond elastic range.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U5:**

Knows how to apply approximate methods (FE) to analyze of e.g. disks of variable thickness, subject to strong thermal loads and working beyond elastic range.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U5:**

Knows how to apply approximate methods (FE) to analyze of e.g. disks of variable thickness, subject to strong thermal loads and working beyond elastic range.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U5:**

Knows how to apply approximate methods (FE) to analyze of e.g. disks of variable thickness, subject to strong thermal loads and working beyond elastic range.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U5:**

Knows how to apply approximate methods (FE) to analyze of e.g. disks of variable thickness, subject to strong thermal loads and working beyond elastic range.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U5:**

Knows how to apply approximate methods (FE) to analyze of e.g. disks of variable thickness, subject to strong thermal loads and working beyond elastic range.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ANS650\_U5:**

Knows how to apply approximate methods (FE) to analyze of e.g. disks of variable thickness, subject to strong thermal loads and working beyond elastic range.

Weryfikacja:

Assessment of homeworks, exam.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Aero2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**