**Nazwa przedmiotu:**

Aerodynamika I

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Rafał Dalewski

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Mechanika i Projektowanie Maszyn

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

ZNK301

**Semestr nominalny:**

6 / rok ak. 2023/2024

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1) Liczba godzin kontaktowych – 20, w tym:
a) wykład – 9 godz.,
b) ćwiczenia - 9 godz.
b) konsultacje – 2 godz.
2) Praca własna studenta:
a) bieżące przygotowywanie się do zajęć, kształcenie samodzielne - 30 godzin
b) przygotowanie do egzaminu 20 godz
3) Egzamin - 2 godz.
Razem: godz. 72 godziny

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

0.9 ECTS - 22 godziny

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

0,8 ECTS - w trakcie kursu student rozwiązuje zadania mające charakter praktycznych obliczeń aerodynamicznych w ilości ok. 20 godzin

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

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

**Wymagania wstępne:**

Znajomość podstaw analizy matematycznej, algebry i mechaniki płynów

**Limit liczby studentów:**

brak limitu

**Cel przedmiotu:**

Przedstawienie podstawowych zagadnień i koncepcji związanych z aerodynamiką samolotu, zjawisk przepływowych, ilościowego opisu sił aerodynamicznych. Zapoznanie z podstawowymi zasadami oraz metodami badań i analizą problemów występujących w klasycznej aerodynamice.

**Treści kształcenia:**

1. Podstawy: równania rządzące przepływem, poziomy przybliżeń, fizyczne aspekty przepływów aerodynamicznych.
2. Przepływ potencjalny. Odwzorowanie konforemne. Warunek Kutty-Żukowskiego, Wzór Żukowskiego na siłę nośną. Rozkład ciśnienia i opływ profilu. Współczynniki aerodynamiczne. Biegunowa profilu. Teoria Glauerta profilu cienkiego. Urządzenia supernośne.
3. Skrzydło o skończonej rozpiętości. Prędkość indukowana. Kąt indukowany. Opór indukowany.
4. Elementy dynamiki gazów. Równanie energii. Równanie Bernouliego dla przepływu ściśliwego.
5. Wpływ ściśliwości na charakterystyki aerodynamiczne. Poprawka Prandtla-Glauerta.
6. Przepływ transoniczny. Parametry krytyczne. Krytyczna liczba Macha. Liczba Macha wzrostu oporu. Opór falowy. Buffeting transoniczny.
7. Naddźwiękowy opływ profilu. Opór falowy w przepływie naddźwiękowym. Profil naddźwiękowy. Nagrzewanie aerodynamiczne.

**Metody oceny:**

Egzamin końcowy.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Literatura pomocnicza:
1. Houghton E.L. et al.: Aerodynamics for Engineering Students, wyd. 6., Elsevier, 2013.
2. Bertin J.J., Cummings R.M.: Aerodynamics for Engineers, wyd. 6., Pearson Education, 2014.
3. Vos R., Farokhi S.: Introduction to transonic aerodynamics, Springer 2015.
4. McLean D.: Understanding aerodynamics: arguing from the real physics, Wiley 2013.
4. Kuethe A.M., Chow C-Y, Fundations of aerodynamics: bases of aerodynamic design, wyd. 5., John Wiley and Sons, 1998.

**Witryna www przedmiotu:**

ni

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ML.ZNK301\_W1:**

Ma podstawową wiedzę odnośnie fizykalnych podstaw generowania sił aerodynamicznych oraz występujących zjawisk przepływowych.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ZNK301\_W1:**

Ma podstawową wiedzę odnośnie fizykalnych podstaw generowania sił aerodynamicznych oraz występujących zjawisk przepływowych.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_W02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ZNK301\_W2:**

Zna równania rządzące przepływem płynu, stosowane poziomy uproszczeń równań oraz skutki tych uproszczeń.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_W02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ZNK301\_W2:**

Zna równania rządzące przepływem płynu, stosowane poziomy uproszczeń równań oraz skutki tych uproszczeń.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ZNK301\_W3:**

Ma podstawową wiedzę nt. opływu profilu lotniczego, zna związek siły aerodynamicznej z cyrkulacja i znaczenie warunku Kutty-Żukowskiego, zna definicje współczynników aerodynamicznych oraz pojęcie doskonałości i biegunowej profilu lotniczego.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_W02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ZNK301\_W3:**

Ma podstawową wiedzę nt. opływu profilu lotniczego, zna związek siły aerodynamicznej z cyrkulacja i znaczenie warunku Kutty-Żukowskiego, zna definicje współczynników aerodynamicznych oraz pojęcie doskonałości i biegunowej profilu lotniczego.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ZNK301\_W4:**

osiada podstawową wiedzę nt. opływu skrzydła o skończonym wydłużeniu, zna wpływ skończonego wydłużenia na charakterystyki aerodynamiczne.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ZNK301\_W4:**

osiada podstawową wiedzę nt. opływu skrzydła o skończonym wydłużeniu, zna wpływ skończonego wydłużenia na charakterystyki aerodynamiczne.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ZNK301\_W5:**

Ma podstawową wiedzę nt. przepływów ściśliwych poddźwiękowych, okołodźwiękowych oraz naddźwiękowych. Zna pojęcia oporu falowego, krytycznej liczby Macha, liczby Macha wzrostu oporu, buffetingu transonicznego, nagrzewania aerodynamicznego.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ZNK301\_W5:**

Ma podstawową wiedzę nt. przepływów ściśliwych poddźwiękowych, okołodźwiękowych oraz naddźwiękowych. Zna pojęcia oporu falowego, krytycznej liczby Macha, liczby Macha wzrostu oporu, buffetingu transonicznego, nagrzewania aerodynamicznego.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ML.ZNK301\_U1:**

Potrafi opisać sposób wyznaczania potencjalnego opływu profilu lotniczego z uwzględnieniem warunku Kutty-Zukowskiego.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ZNK301\_U1:**

Potrafi opisać sposób wyznaczania potencjalnego opływu profilu lotniczego z uwzględnieniem warunku Kutty-Zukowskiego.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ZNK301\_U2:**

Potrafi wyznaczyć opór indukowany, a także objaśnić fizyczne powody jego powstawania i związek z geometrią skrzydła.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_U14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ZNK301\_U2:**

Potrafi wyznaczyć opór indukowany, a także objaśnić fizyczne powody jego powstawania i związek z geometrią skrzydła.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ZNK301\_U3:**

Potrafi określić poprawki charakterystyk aerodynamicznych związane ze ściśliwością ośrodka.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ZNK301\_U3:**

Potrafi określić poprawki charakterystyk aerodynamicznych związane ze ściśliwością ośrodka.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_U14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ZNK301\_U3:**

Potrafi określić poprawki charakterystyk aerodynamicznych związane ze ściśliwością ośrodka.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ZNK301\_U4:**

Potrafi opisać obraz naddźwiękowego opływu cienkiego profili i wyznaczyć jego charakterystyki aerodynamiczne.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_U14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.ZNK301\_U4:**

Potrafi opisać obraz naddźwiękowego opływu cienkiego profili i wyznaczyć jego charakterystyki aerodynamiczne.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M1\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**