**Nazwa przedmiotu:**

Aerodynamika 2

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Krzysztof Kubryński

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Lotnictwo i Kosmonautyka

**Grupa przedmiotów:**

Obieralne

**Kod przedmiotu:**

ML.NS651

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2017/2018

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

1. Liczba godzin kontaktowych - 50, w tym:
a) 30 godz. wykładu;
b) 15 godz. laboratorium;
c) 5 godz. konsultacji.
2. Praca własna studenta -
a) 25 godz. przygotowanie projektów;
b) 25 godz. - studiowanie literatury, przygotowanie się do kolokwiów.
Ogółem -100 godzin.

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

2 punkty ECTS - liczba godzin kontaktowych - 50, w tym:
a) 30 godz. wykładu;
b) 15 godz. laboratorium;
c) 5 godz. konsultacji.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

2 punkty ECTS - 45 godzin, w tym:
a) 15 godz. laboratorium;
b) 25 godz. przygotowanie projektów;
c) 5 godz. konsultacji.

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

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

**Wymagania wstępne:**

Dobra znajomość podstaw mechaniki płynów, aerodynamiki, analizy matematycznej oraz technik komputerowych.

**Limit liczby studentów:**

Wykład: brak, laboratorium: 12 osób w grupie.

**Cel przedmiotu:**

Po zaliczeniu przedmiotu studenci potrafią rozpoznać podstawowe zjawiska przepływowe istotne dla własności aerodynamicznych samolotu, umieją wykorzystać zasady projektowania aerodynamicznego prowadzące do uzyskania wymaganych własności oraz są w stanie zastosować wybrane narzędzia projektowania aerodynamicznego.

**Treści kształcenia:**

1. Opływ trójwymiarowych układów aerodynamicznych. Równania, warunki brzegowe i dodatkowe, metody numeryczne rozwiązania.
2. Teoria profilu cienkiego, typy profili aerodynamicznych, profile NACA, profile laminarne, warstwa przyścienna, oddziaływanie warstwa przyścienna – przepływ nielepki, typy oderwań, profile wieloelementowe.
3. Teoria powierzchni nośnej – zagadnienie analizy i projektowania, metoda siatki wirowej (VLM).
4. Opór indukowany, twierdzenia Munka, niepłaskie układy płatów, obliczenia sił i momentów aerodynamicznych, metoda bliskiego i dalekiego pola.
5. Płaty smukłe i układy hybrydowe. Opływ płata przy dużych kątach natarcia, nieliniowe efekty aerodynamiczne.
6. Przepływ ściśliwy, transformacja Prandtla-Glauerta, transoniczny opływ profilu, metody obliczeniowe, podobieństwo transoniczne, rodzaje profili dla zakresu transonicznego.
7. Skrzydło skośne, opływ i charakterystyka w zakresie małych prędkości oraz prędkości przydźwiękowych, prosta teoria skosu, zasady projektowania.
8. Opór falowy brył osiowo-symetrycznych, reguła pól.
9. Interferencja aerodynamiczna.

**Metody oceny:**

Bieżąca ocena pracy studenta w ramach laboratorium, ocena projektów. Kolokwia.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Bertin J.J., Smith M.L., Aerodynamics for Engineers, Prentice Hall College 1997.
2. Kuethe A.M., Chow C-Y, Fundations of aerodynamics: bases of aerodynamic design, John Wiley and Sons, 1998.
3. Anderson Jr. J.D. - Fundamentals of Aerodynamics, McGraw-Hill International, 2006.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

-

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ML.NS651\_W1:**

Student posiada ogólną wiedzę odnośnie metod obliczeniowych stosowanych w projektowaniu aerodynamicznym samolotu.

Weryfikacja:

Kolokwium 1.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W1:**

Student posiada ogólną wiedzę odnośnie metod obliczeniowych stosowanych w projektowaniu aerodynamicznym samolotu.

Weryfikacja:

Kolokwium 1.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W1:**

Student posiada ogólną wiedzę odnośnie metod obliczeniowych stosowanych w projektowaniu aerodynamicznym samolotu.

Weryfikacja:

Kolokwium 1.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W2:**

Student posiada wiedzę odnośnie własności profilu lotniczego, układu profili, powierzchni nośnych oraz zasad ich analizy i projektowania.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, ocena projektu obliczeniowego w ramach laboratorium.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W2:**

Student posiada wiedzę odnośnie własności profilu lotniczego, układu profili, powierzchni nośnych oraz zasad ich analizy i projektowania.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, ocena projektu obliczeniowego w ramach laboratorium.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W2:**

Student posiada wiedzę odnośnie własności profilu lotniczego, układu profili, powierzchni nośnych oraz zasad ich analizy i projektowania.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, ocena projektu obliczeniowego w ramach laboratorium.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W3:**

Student posiada wiedzę odnośnie własności skrzydeł skośnych, skrzydeł smukłych i hybrydowych w zakresie małych prędkości oraz dużych kątów natarcia.

Weryfikacja:

Kolokwium 1.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W3:**

Student posiada wiedzę odnośnie własności skrzydeł skośnych, skrzydeł smukłych i hybrydowych w zakresie małych prędkości oraz dużych kątów natarcia.

Weryfikacja:

Kolokwium 1.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W3:**

Student posiada wiedzę odnośnie własności skrzydeł skośnych, skrzydeł smukłych i hybrydowych w zakresie małych prędkości oraz dużych kątów natarcia.

Weryfikacja:

Kolokwium 1.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W4:**

Student posiada wiedzę odnośnie istoty oporu indukowanego oraz warunków i metod jego minimalizacji dla złożonych układów powierzchni nośnych.

Weryfikacja:

Kolokwium 1

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W4:**

Student posiada wiedzę odnośnie istoty oporu indukowanego oraz warunków i metod jego minimalizacji dla złożonych układów powierzchni nośnych.

Weryfikacja:

Kolokwium 1

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W4:**

Student posiada wiedzę odnośnie istoty oporu indukowanego oraz warunków i metod jego minimalizacji dla złożonych układów powierzchni nośnych.

Weryfikacja:

Kolokwium 1

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W5:**

Student posiada wiedzę odnośnie podstaw techniki laboratoryjnych pomiarów aerodynamicznych.

Weryfikacja:

Kolokwium 1. Bieżąca ocena pracy studenta w ramach laboratorium, ocena projektów.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W5:**

Student posiada wiedzę odnośnie podstaw techniki laboratoryjnych pomiarów aerodynamicznych.

Weryfikacja:

Kolokwium 1. Bieżąca ocena pracy studenta w ramach laboratorium, ocena projektów.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W5:**

Student posiada wiedzę odnośnie podstaw techniki laboratoryjnych pomiarów aerodynamicznych.

Weryfikacja:

Kolokwium 1. Bieżąca ocena pracy studenta w ramach laboratorium, ocena projektów.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W6:**

Student posiada wiedzę o przepływach przydźwiękowych, rodzajach profili transonicznych, zasadach oraz metodach stosowanych w analizie, projektowaniu oraz optymalizacji takich profili.

Weryfikacja:

Kolokwium 2.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W6:**

Student posiada wiedzę o przepływach przydźwiękowych, rodzajach profili transonicznych, zasadach oraz metodach stosowanych w analizie, projektowaniu oraz optymalizacji takich profili.

Weryfikacja:

Kolokwium 2.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W6:**

Student posiada wiedzę o przepływach przydźwiękowych, rodzajach profili transonicznych, zasadach oraz metodach stosowanych w analizie, projektowaniu oraz optymalizacji takich profili.

Weryfikacja:

Kolokwium 2.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W6:**

Student posiada wiedzę o przepływach przydźwiękowych, rodzajach profili transonicznych, zasadach oraz metodach stosowanych w analizie, projektowaniu oraz optymalizacji takich profili.

Weryfikacja:

Kolokwium 2.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W7:**

Student posiada wiedzę odnośnie zasad pracy oraz projektowania skrzydeł skośnych oraz brył osiowo-symetrycznych oraz układów złożonych dla zakresu dużych prędkości.

Weryfikacja:

Kolokwium 2.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W7:**

Student posiada wiedzę odnośnie zasad pracy oraz projektowania skrzydeł skośnych oraz brył osiowo-symetrycznych oraz układów złożonych dla zakresu dużych prędkości.

Weryfikacja:

Kolokwium 2.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W7:**

Student posiada wiedzę odnośnie zasad pracy oraz projektowania skrzydeł skośnych oraz brył osiowo-symetrycznych oraz układów złożonych dla zakresu dużych prędkości.

Weryfikacja:

Kolokwium 2.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W7:**

Student posiada wiedzę odnośnie zasad pracy oraz projektowania skrzydeł skośnych oraz brył osiowo-symetrycznych oraz układów złożonych dla zakresu dużych prędkości.

Weryfikacja:

Kolokwium 2.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W8:**

Student posiada wiedzę o zjawiskach interferencji aerodynamicznej oraz zasadach i metodach jej minimalizacji/eliminacji.

Weryfikacja:

Kolokwium 2.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W8:**

Student posiada wiedzę o zjawiskach interferencji aerodynamicznej oraz zasadach i metodach jej minimalizacji/eliminacji.

Weryfikacja:

Kolokwium 2.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W8:**

Student posiada wiedzę o zjawiskach interferencji aerodynamicznej oraz zasadach i metodach jej minimalizacji/eliminacji.

Weryfikacja:

Kolokwium 2.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_W8:**

Student posiada wiedzę o zjawiskach interferencji aerodynamicznej oraz zasadach i metodach jej minimalizacji/eliminacji.

Weryfikacja:

Kolokwium 2.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ML.NS651\_U1:**

Umiejętność analizy charakterystyk aerodynamicznych profilu oraz jego projektowania z wykorzystaniem programu XFOIL.

Weryfikacja:

Bieżąca ocena pracy studenta w ramach laboratorium, ocena projektów.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_U1:**

Umiejętność analizy charakterystyk aerodynamicznych profilu oraz jego projektowania z wykorzystaniem programu XFOIL.

Weryfikacja:

Bieżąca ocena pracy studenta w ramach laboratorium, ocena projektów.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_U1:**

Umiejętność analizy charakterystyk aerodynamicznych profilu oraz jego projektowania z wykorzystaniem programu XFOIL.

Weryfikacja:

Bieżąca ocena pracy studenta w ramach laboratorium, ocena projektów.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_U1:**

Umiejętność analizy charakterystyk aerodynamicznych profilu oraz jego projektowania z wykorzystaniem programu XFOIL.

Weryfikacja:

Bieżąca ocena pracy studenta w ramach laboratorium, ocena projektów.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_U2:**

Podstawowa umiejętność wykorzystania programu MSES do analizy i optymalizacji profili.

Weryfikacja:

Bieżąca ocena pracy studenta w ramach laboratorium, ocena projektów.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_U2:**

Podstawowa umiejętność wykorzystania programu MSES do analizy i optymalizacji profili.

Weryfikacja:

Bieżąca ocena pracy studenta w ramach laboratorium, ocena projektów.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_U2:**

Podstawowa umiejętność wykorzystania programu MSES do analizy i optymalizacji profili.

Weryfikacja:

Bieżąca ocena pracy studenta w ramach laboratorium, ocena projektów.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U16

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_U2:**

Podstawowa umiejętność wykorzystania programu MSES do analizy i optymalizacji profili.

Weryfikacja:

Bieżąca ocena pracy studenta w ramach laboratorium, ocena projektów.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_U3:**

Podstawowa umiejętność wykorzystania programu panelowego do analizy, projektowania i optymalizacji 3-wymiarowych układów samolotu.

Weryfikacja:

Bieżąca ocena pracy studenta w ramach laboratorium, ocena projektów.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS651\_U3:**

Podstawowa umiejętność wykorzystania programu panelowego do analizy, projektowania i optymalizacji 3-wymiarowych układów samolotu.

Weryfikacja:

Bieżąca ocena pracy studenta w ramach laboratorium, ocena projektów.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**