**Nazwa przedmiotu:**

Wymiana ciepła w lotnictwie

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. inż. Tomasz Wiśniewski

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Lotnictwo i Kosmonautyka

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

ML.NK328

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

1. Liczba godzin kontaktowych - 50, w tym:
a) wykład - 45 godz.;
b) konsultacje - 5 godz.
2. Praca własna studenta - 51 godzin, w tym:
a) samodzielnie wykonywane ćwiczenia rachunkowe - 36 godz.
b) przygotowanie do kolokwiów - 15 godz.
Razem - 101 godzin.

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

2 punkty ECTS - liczba godzin kontaktowych - 50, w tym:
a) wykład - 45 godz.;
b) konsultacje - 5 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 45h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

**Limit liczby studentów:**

 -

**Cel przedmiotu:**

Po zaliczeniu przedmiotu student będzie potrafił:
- zidentyfikować złożony proces wymiany ciepła oraz ocenić udział elementarnych mechanizmów transportu ciepła w tym procesie,
- przeprowadzić szacunkowe obliczenia cieplne (pola temperatury, strumienie ciepła) dla prostych elementów urządzeń cieplnych i prostych systemów cieplnych,
- opracować model do obliczeń cieplnych przy użyciu komercyjnych programów obliczeniowych (m.in. poprawnie określić warunki brzegowe),
- będzie znał i rozumiał zasady działania technik i urządzeń stosowanych w systemach kontroli termicznej obiektów kosmicznych, oraz w lotnictwie.

**Treści kształcenia:**

1. Podstawy wymiany ciepła:
 - mechanizmy, podstawowe prawa, właściwości termofizyczne różnych substancji,
 - metody rozwiązywania problemów wymiany ciepła.
2. Przewodzenie ciepła:
 – równanie przewodzenia ciepła,
 – przewodzenie ciepła w stanie ustalonym i nieustalonym,
 – opory cieplne,
 – powierzchnie użebrowane.
3. Wybrane zagadnienia przejmowania ciepła (konwekcja):
 – przejmowanie ciepła przy konwekcji wymuszonej i swobodnej, opływy i przepływy w kanałach, laminarne i burzliwe,
 – wymiana ciepła przy dużych szybkościach przepływu, w gazach rozrzedzonych,
 – wymiana ciepła przy wrzeniu i skraplaniu,
 – chłodzenie ablacyjne i transpiracyjne.
4. Podstawy promieniowania cieplnego:
 – podstawowe prawa,
 – metody obliczeniowe.

**Metody oceny:**

Podstawą zaliczenia jest sumaryczna ocena (suma punktów) z trzech kolokwiów obejmujących materiał teoretyczny oraz proste zadania obliczeniowe. Do zaliczenia niezbędne jest 50% maksymalnej liczby punktów.
Na ostatnich zajęciach przeprowadzane jest dodatkowe kolokwium obejmujące cały zakres materiału (sprawdzian poprawkowy) dla osób, które nie uzyskały zaliczenia.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Wiśniewski S, Wiśniewski T.S.: Wymiana ciepła. WNT.
2. Staniszewski B.: Wymiana ciepła. PWN.
3. Domański R. i in.: Wybrane zagadnienia z termodynamiki w ujęciu komputerowym. PWN, 2000.
4. Materiały z wykładów publikowane na stronach internetowych Wydziału.
5. Cengel Y.A.: Heat Transfer. A practical approach. MacGraw-Hill, 2003.
6. Heat Transfer Handbook (www.bg.pw.edu.pl).

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

-

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ML.NK328\_W01:**

 Zna podstawowe mechanizmy wymiany ciepła oraz związane z nimi prawa fizyczne

Weryfikacja:

Kolokwium 1

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK328\_W02:**

 Zna równania transportu opisujące procesy przewodzenia ciepła jak również warunki brzegowe charakterystyczne dla zagadnień wymiany ciepła

Weryfikacja:

Kolokwium 1

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK328\_W03:**

 Posiada wiedzę dotyczącą szczególnych przypadków konwekcyjnej wymiany ciepła, w tym wymiany ciepła przy dużych szybkościach przepływu

Weryfikacja:

Kolokwium 2

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK328\_W04:**

 Posiada wiedzę na temat stosowanych w lotnictwie metod ochrony przed przegrzaniem powierzchni elementów silników poddawanych dużym obciążeniom cieplnym

Weryfikacja:

Kolokwium 2

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK328\_W05:**

 Zna modele matematyczne wymiany ciepła na drodze promieniowania, rozumie pojęcie współczynnika konfiguracji, potrafi określić istotne dla wymiany ciepła właściwości radiacyjne powierzchni

Weryfikacja:

Kolokwium 3, Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ML.NK328\_U01:**

 Potrafi wykorzystać prawa rządzące podstawowymi mechanizmami wymiany ciepła do rozwiązywania złożonych zagadnień przepływu ciepła

Weryfikacja:

Kolokwium 1

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK328\_U02:**

 Potrafi wykorzystać równanie przewodzenia ciepła w odpowiedniej postaci do opisu prostych przypadków wymiany ciepła oraz rozwiązać problem metodami analitycznymi

Weryfikacja:

Kolokwium 1

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK328\_U03:**

 Potrafi zastosować równania kryterialne do opisu zagadnień konwekcyjnej wymiany ciepła

Weryfikacja:

Kolokwium 2

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK328\_U04:**

 Potrafi wykonać obliczenia wymiany ciepła na drodze promieniowania dla prostej konfiguracji geometrycznej

Weryfikacja:

Kolokwium 3

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**