



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Wymiana ciepła, pędu i masy

### Przedmiot

Kierunek studiów

Inżynieria Lotnicza

Studia w zakresie (specjalność)

Silniki lotnicze i płatowce

Poziom studiów

pierwszego stopnia

Forma studiów

stacjonarne

Rok/semestr

3/5

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

polski

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

15

Laboratoria

15

Inne (np. online)

-0

Ćwiczenia

15

Projekty/seminaria

-0

### Liczba punktów ECTS

4

### Wykładowcy

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

dr inż. Robert Kłosowiak

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

-

email: robert.klosowiak@put.poznan.pl

tel. 61 665 23 31

Maszyn Roboczych i Transportu

ul. Piotrowo 3; 60-965 Poznań

### Wymagania wstępne

Podstawowe wiadomości z zakresu wybranych procesów przepływu ciepła w maszynach i urządzeniach ciepło- przepływowych. Umiejętność opisu i obliczania złożonych procesów przepływu ciepła.

Umiejętność efektywnego samokształcenia w dziedzinie związanej z wybranym kierunkiem studiów.

### Cel przedmiotu

Zapoznanie ze złożonymi procesami przepływu ciepła i równaniami zachowania energii z uwzględnieniem procesów konwekcji realizujących wymianę pędu. Poznanie metod opisu różnych procesów przepływu ciepła występujących w założone procesy konwersji energii cieplnej i mechanicznej w celu modernizacji lub przebudowy układów technologicznych w obszarach związanych z energetyką



cieplną, ogrzewnictwem i chłodnictwem. Praktyczne opanowanie umiejętności opisu realizacji efektywnych procesów cieplnych w których występują procesy wymiany ciepła, pędu i masy.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

#### Wiedza

1. ma wiedzę w zakresie matematyki, obejmującą algebrę, analizę, teorię równań różniczkowych, probabilistykę, geometrię analityczną niezbędną do zrozumienia i opisu podstawowych zagadnień związanych z inżynierią lotniczą, a w szczególności do opisu zjawisk przepływu ciepła występujących w turbinowych silnikach odrzutowych.

2. ma poszerzoną wiedzę, niezbędną dla zrozumienia przedmiotów profilowych oraz wiedzę specjalistyczną o budowie, metodach konstruowania, wytwarzania, eksploatacji, przy udziale zjawisk transportu ciepła pędu i masy oraz ich wpływie na gospodarkę, społeczeństwo oraz środowisko w zakresie inżynierii lotniczej dla wybranych specjalności:

1. Pilotaż statków powietrznych

2. Silniki lotnicze i płatowce

3. ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia z zakresu termodynamiki technicznej tj. teorii przemian termodynamicznych, przepływu ciepła, maszyn cieplnych i chłodzących.

#### Umiejętności

1. ma umiejętność samokształcenia się z użyciem nowoczesnych narzędzi dydaktycznych, takich jak zdalne wykłady, internetowe strony i bazy danych, programy dydaktyczne, książki elektroniczne, do szczegółowej analizy zjawisk wymiany ciepła pędu i masy a także analizy szczególnych przypadków konstrukcyjnych występujących w lotnictwie.

2. potrafi pozyskiwać informacje z literatury, internetu, baz danych i innych źródeł. Potrafi integrować uzyskane informacje, interpretować i wyciągać z nich wnioski, ze szczególnym uwzględnieniem specyfiki konstrukcji silników lotniczych w aspekcie wymiany ciepła.

3. potrafi przeprowadzić elementarne obliczenia techniczne w zakresie mechaniki płynów i termodynamiki, takie jak np. bilanse cieplne i masowe, straty ciśnienia w przepływach wokół technicznych obiektów latających i ich modułów, a szczególnie prowadzić analizy wymiany ciepła w poszczególnych częściach TSO.

#### Kompetencje społeczne

1. Ma świadomość ważności zachowania zasad etyki zawodowej.

2. Rozumie potrzebę krytycznej oceny posiadanej wiedzy i ciągłego kształcenia się.

3. potrafi inspirować i organizować proces uczenia się innych osób.



### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Wykład

ocenianie ciągłe na każdych zajęciach, premiowanie aktywności i jakości percepcji.

pisemny egzamin końcowy

Ćwiczenia tablicowe:

sprawdzian i premiowanie wiedzy niezbędnej do realizacji postawionych problemów w danym obszarze zadań obliczeniowych,

ocenianie ciągłe, na każdych zajęciach - premiowanie przyrostu umiejętności posługiwania się poznanymi zasadami i metodami,

ocena wiedzy i umiejętności związanych z realizacją zadania ćwiczeniowego,

Ćwiczenia laboratoryjne:

sprawdzian i premiowanie wiedzy niezbędnej do realizacji postawionych problemów w danym obszarze zadań laboratoryjnych,

ocena wiedzy i umiejętności związanych z realizacją ćwiczenia laboratoryjnego, ocena sprawozdania z wykonanego ćwiczenia.

### Treści programowe

Wprowadzenie do metod opisu procesów przepływu ciepła. Przewodzenie w typowych konfiguracjach geometrycznych. Analiza wymiarowa i warunki podobieństwa. Wstęp do metod numerycznych.

Konwekcja ciepła - równanie różniczkowe, modele turbulencji. Konwekcja w kanałach zamkniętych.

Konwekcja przy opływie powierzchni. Konwekcja w szczelinach. Promieniowanie cieplne. Wymiana ciepła przy wrzeniu i skraplaniu. Wymienniki ciepła. Podstawy dyfuzji i konwekcji masy

PART - 66 (TEORIA - 22,5 godz., PRAKTYKA - 11,25 godz.)

MODUŁ 2. FIZYKA

2.3 Termodynamika

b) Rozszerzalność i ściskanie izotermiczne i adiabatyczne, obieg termodynamiczny silnika, stała objętość i stałe ciśnienie, pojemnik chłodniczy i pompa ciepła;

Ciepło utajone topienia się i parowania, energia termiczna, ciepło spalania. [2]

### Metody dydaktyczne

wykład, opis, dyskusja, ćwiczenia tablicowe, samodzielne ćwiczenia praktyczne, laboratoria



## Literatura

### Podstawowa

1. Brodowicz K.: Teoria wymienników ciepła i masy, PWN 1982
2. Hobler T.: Ruch ciepła i wymienniki, WNT 1979
3. Kostowski E.: Przepływ ciepła, Wyd. P. Śl. 1991
4. Kostowski E.: Zbiór zadań z przepływu ciepła, Wyd. P. Śl. 1988
5. Staniszewski B. Red.: Wymiana ciepła ? zadania i przykłady, PWN 1965
6. Staniszewski B.: Wymiana ciepła, PWN 1979
7. Wiśniewski St., Wiśniewski T.: Wymiana ciepła, WNT 1997
8. Holman J.P., Heat transfer, London McGraw-Hill 1992
9. Incropera F.P., De Witt D.P.: Fundamentals of Heat and Mass Transfer, John Wiley & Sons, New York 2002

### Uzupełniająca

1. Madejski J.: Teoria wymiany ciepła, Szczecin, WUPSz 1998
2. Bejan A.: Heat Transfer, John Wiley & Sons, Inc., New York 1993
3. Cengel Y.A.: Heat and Mass Transfer, Mc Graw Hill, New York 2006

## Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	100	4,0
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	45	1,8
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium) <sup>1</sup>	55	2,2

<sup>1</sup> niepotrzebne skreślić lub dopisać inne czynności