

<b>WYDZIAŁ MECHANICZNO-ENERGETYCZNY</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim Modelowanie matematyczne instalacji energetycznych</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Mathematical Modeling of Energy Generation Installations</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Energetyka</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień, stacjonarna</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy</b>	
<b>Kod przedmiotu W09ENG-SM0005W</b>	
<b>Grupa kursów NIE</b>	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		60		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		90		
Forma zaliczenia	Egzamin		zaliczenie na ocenę		
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	<b>3</b>		3		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0		3		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5		2,25		

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH**

1. Umiejętność tworzenia geometrii 3-D w programach inżynierskich.
2. Wiedza z zakresu wymiany ciepła i mechaniki płynów.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 – przekazanie wiedzy na temat metod symulacji zjawisk cieplno-przepływowych
- C2 – przekazanie wiedzy na temat sposobów optymalizacji systemów energetycznych
- C3 – wykształcenie umiejętności dobierania siatki numerycznej do określonej geometrii
- C4 – wykształcenie umiejętności wykonywania obliczeń numerycznych dla prostych i złożonych zjawisk przepływowo-ciepłnych

## PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 – ma wiedzę na temat równań opisujących wymianę ciepła i ruch płynu

PEU\_W02 – ma wiedzę dotyczącą zjawiska turbulencji i jej modeli

PEU\_W03 – posiada wiedzę na temat metod numerycznego rozwiązywania zagadnień wymiany ciepła

PEU\_W04 – jest zaznajomiony z metodami numerycznego rozwiązywania zagadnień przepływowych ustalonych i nieustalonych

PEU\_W05 – zna rodzaje warunków brzegowych oraz początkowych stosowanych w analizie zjawisk przepływowo-ciepłych

PEU\_W06 – ma wiedzę o najczęściej występujących błędach w symulacjach CFD i ich wpływie na obliczenia

PEU\_W07 – ma podstawową wiedzę na temat metody LES

PEU\_W08 – zna metody optymalizacji systemów energetycznych

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 – potrafi generować geometrie i siatki numeryczne

PEU\_U02 – ma umiejętność oceny wpływu zagęszczenia siatki na wyniki obliczeń

PEU\_U03 – potrafi wykonywać obliczenia numeryczne ustalonych i nieustalonych procesów ciepło-przepływowych

PEU\_U04 – potrafi wykonywać obliczenia numeryczne przepływu przez urządzenia energetyczne

PEU\_U05 – posiada umiejętność analizowania wyników obliczeń i wyciągania właściwych wniosków

## TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Sprawy organizacyjne. Wprowadzenie do Numerycznej Mechaniki Płynów (Computational Fluid Dynamics (CFD)).	2
Wy2	Opis równań dotyczących wymiany ciepła i zjawisk przepływowych.	2
Wy3	Zjawisko turbulencji. Modele turbulencji.	2
Wy4	Metoda objętości skończonych dla ustalonego przewodnictwa cieplnego.	2
Wy5	Metoda objętości skończonych dla ustalonych zagadnień konwekcyjno-kondukcyjnych.	2
Wy6	Algorytmy do obliczania pól ciśnienia i prędkości w przepływach płynów.	2
Wy7	Iteracyjne metody rozwiązywania układów równań algebraicznych.	2
Wy8	Metoda objętości skończonych dla przepływów nieustalonych.	2
Wy9	Rodzaje warunków brzegowych i ich zastosowanie.	2
Wy10	Rodzaje błędów w symulacjach CFD i ich wpływ na obliczenia.	2
Wy11	Wprowadzenie do metody Large Eddy Simulation (LES).	2
Wy12	Zastosowanie i przykłady symulacji LES.	2
Wy13	Optymalizacja instalacji energetycznych – minimalizacja produkcji entropii.	2
Wy14	Optymalizacja instalacji energetycznych – analiza egzergetyczna.	2
Wy15	Optymalizacja systemów energetycznych z przykładami.	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Sprawy organizacyjne. Wprowadzenie do kursu. Przedstawienie wykorzystywanych narzędzi. Model termodynamiczny instalacji energetycznej. Wstępna analiza pracy instalacji.	4
La2, La3	Przepływ przez rurę zaizolowaną. Obliczenia CHT, obliczenia strat liniowych i miejscowych ciśnienia, strat egzergetycznych. Wpływ siatki	8

	numerycznej i założeń symulacji na wyniki obliczeń i koszt obliczeniowy..	
La4	Prezentacja wyników obliczeń, obróbka danych i sporządzenie raportu. Tworzenie i wykorzystanie automatycznych skryptów do pracy z danymi.	4
La5, La6	Obliczenia CFD wymiennika ciepła. Generacja bazowej geometrii wymiennika i dyskretyzacja jej fragmentu. Obliczenia CFD i prezentacja wyników. Analiza strat egzergetycznych.	8
La7	Parametryzacja wymiarów wymiennika. Optymalizacja konstrukcji wymiennika względem produkcji entropii. Redakcja raportu.	4
La8, La9	Obliczenia CFD pompy czynnika roboczego. Generacja bazowej geometrii pompy. Dobór punktu pracy. Dyskretyzacja geometrii, obliczenia CFD i prezentacja wyników. CFX-turboGrid.	8
La10	Modyfikacje geometrii pompy. Obliczenia CFD w celu wyznaczenia optymalnego kształtu. Redakcja raportu.	4
La11	Obliczenia CFD nagrzewnicy/chłodnicy. Generacja geometrii i jej dyskretyzacja. Obliczenia numeryczne z uwzględnieniem promieniowania. Redakcja raportu.	4
La12, La13	Obliczenia CFD sprężarki/rozprężarki. Dobór maszyny i jej parametrów konstrukcyjnych. Tworzenie geometrii i jej dyskretyzacja. Obliczenia numeryczne i analiza wyników. Redakcja raportu.	8
La14, La15	Aktualizacja bilansu termodynamicznego obiegu energetycznego o dane pozyskane z analiz CFD. Obliczenia termoeconomiczne. Analiza możliwości modyfikacji układu. Raport końcowy.	8
	Suma godzin	60

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Prezentacja multimedialna.  
N2. Program do generowania geometrii oraz siatek numerycznych m.in. ANSYS Spaceclaim i ANSYS Meshing.  
N3. Program do przeprowadzania symulacji m.in. ANSYS CFX  
N4. Konsultacje

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA- wykład

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
P	PEU_W01- PEU_W08	egzamin

### CENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA-laboratorium

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_U01, PEU_U02, PEU_U05	Sprawozdanie z projektu nr I
F2	PEU_U01, PEU_U03- PEU_U05	Sprawozdanie z projektu nr II
F3	PEU_U01, PEU_U03- PEU_U05	Sprawozdanie z projektu nr III
F4	PEU_U01, PEU_U03- PEU_U05	Sprawozdanie z projektu nr IV
F5	PEU_U01, PEU_U03- PEU_U05	Sprawozdanie z projektu nr IV
F6	PEU_U05	Raport końcowy

P=0,1F1+0,15F2+0,15F3+0,15F4+0,15F5+0,3F6

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Patankar S., Numerical Heat Transfer And Fluid Flow, McGraw-Hill, Book Company, 1980.
- [2] Versteeg H. K., Malalasekera W., An Introduction to Computational Fluid Dynamics. The Finite Volume Method, 2nd ed., Pearson Education Limited, 2007.
- [3] Anderson J. D., Computational Fluid Dynamics. The Basics with Applications., McGraw-Hill Book Company, 1995.
- [4] Jaworski Z., Numeryczna mechanika płynów w inżynierii chemicznej i procesowej.
- [5] Kudela H., Matematyczne wprowadzenie do mechaniki płynów, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2016.

### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] Tannehill J. C., Anderson D. A., Pletcher R. H., Computational Fluid Mechanics And Heat Transfer, Taylor & Francis, 1997.
- [2] Ferziger J. H., Peric M., Computational Methods For Fluid Dynamics, 3rd ed., Springer, 2007.
- [3] Hoffmann K. A., Chiang S. T., Computational Fluid Dynamics, 4<sup>th</sup> edition, vol. I,II,III, Engineering Education System, 2000.

### **OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**Sławomir Pietrowicz, [slawomir.pietrowicz@pwr.edu.pl](mailto:slawomir.pietrowicz@pwr.edu.pl)**