**Nazwa przedmiotu:**

Numeryczna mechanika płynów w metrologii przepływów

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. Mateusz Turkowski, prof. nzw. PW

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Mechatronika

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

NMNP

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1) Liczba godzin bezpośrednich 33:
a) wykład - 15,
b) ćwiczenia - 15
c) konsultacje - 3
2) Praca własna studenta 42 godzin:
a) bieżące się przygotowywanie do zajęć 15 godz.
b) studiowanie zalecanej literatury - 6 godz.
b) wykonanie projektu 15 godz.
b) przygotowanie do zaliczenia - 6 godz.
Suma 75 (3 ECTS)

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

Liczba godzin bezpośrednich 33:
a) wykład - 15,
b) ćwiczenia - 15
c) konsultacje - 3
Suma 33 (1,5 ECTS)

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

O charakterze praktycznym 36, w tym:
a) ćwiczenia - 15
b) bieżące się przygotowywanie do zajęć w tym wykonywanie projektu-15
c) przygotowanie do zaliczenia - 6
Suma 36 (1,5 ECTS)

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

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

**Wymagania wstępne:**

Podstawy mechaniki płynów. Podstawy informatyki. Podstawy termodynamiki (z kursu Fizyki).

**Limit liczby studentów:**

30

**Cel przedmiotu:**

Zapoznanie się ze współczesnymi metodami numerycznego symulowania zjawisk przepływowych (pól prędkości, ciśnień, gęstości, temperatur itp) oraz opracowywania i prezentoqania wyników symulacji w formie graficznej, wykresów i tabelarycznej.

**Treści kształcenia:**

Wprowadzenie. Podstawowe równania w numerycznej mechanice płynów (CFD). Równania zachowania i transportu: masy, energii, pędu itp. Dyskretyzacja modelo-wanego obszaru za pomocą skończonej liczby objętości kontrolnych. Linearyzacja równań w objętościach kontrolnych.
Podstawowe kroki analizy za pomocą CFD. Identyfikacja problemu, czynności przygotowawcze: Określenie celów modelowania, określenie obszaru, który należy zamodelować, ocena, czy można uprościć model do 2D, zaprojektowanie i utworzenie siatki różnicowej. Przeprowadzenie obliczeń: wybór modelu, określenie warunków początkowych i brzegowych, przeprowadzenie obliczeń z monitorowaniem rozwiązania. Opracowanie wyników: wizualizacja i analiza wyników, rozważenie możliwości udoskonalenia modelu.
Rodzaje siatek różnicowych, generowanie siatek. Siatki płaskie (2D), trójkątne, czworokątne. Siatki przestrzenne (3D), oparte o czworościan, sześciościan, ostrosłup, graniastosłup. Siatki hybrydowe. Siatki dla warstwy przyściennej. Programy do generowania siatek: Gambit, TGrid. Kryteria jakości wygenerowanych siatek
Wybór i ustawienia modelu. Zdefiniowanie modelu numerycznego. Określenie modelu turbulencji, zdefiniowanie właściwości medium. Określenie warunków roboczych. Określenie warunków brzego-wych na wszystkich powierzchniach granicznych, określenie warunków (rozwiązań) początkowych. Ustawienie monitorowania rozwiązania i kontroli zbieżności. Obliczenie, kryteria zakończenia iteracji.
Narzędzia dla analizy wyników: wykresy konturowe i wektorowe, wykresy linii prądu i toru cząstek, wykresy X-Y, animacje, obliczenie wartości średnich sił, momentów działających na powierzchnie opływane. Ocena przydatności wyników, ogólny przebieg linii prądu, czy występują powierzchnie rozdziału, strefy oderwania, fale uderzeniowe, lokalne problemy ze zbieżnością. Ocena możliwości ulepszenia modelu: czy prawidłowo dobrano warunki brzegowe, model (turbulentny, laminarny) czy obszar obliczeniowy wystarczająco duży, czy warto zagęścić lokalnie siatkę itp.

**Metody oceny:**

Przedstawienie projektu do zaliczenia, prezentacja wyników na forum grupy.
Wykonanie projektu polegającego na numerycznej symulacji zadanego przepływomierza, analiza wyników, walidacja innymi metodami.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1 Puzyrewski R., Sawicki j.: Podstawy mechaniki płynów i hydrauliki. PWN, Warszawa, 2020
2 Versteeg H. K.: An introduction to computational fluid dynamics. Pearson Education Ltd, 2007
3 ANSYS, instrukcje do pakietu Fluent

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

W trakcie ćwiczeń wykorzystywane jest licencjonowane akademickie oprogramowanie Fluent i Gambit.

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka NMNP\_W01:**

Ma wiedzę na temat równań stosowanych w mechanice płynów, tworzenia modelu, generowania siatek obliczeniowych, ustalania warunków brzegowych, obliczeń symulacyjnych i analizy ich wyników.

Weryfikacja:

Samodzielne pełne rozwiązanie zadanego zagadnienia związanego z metrologią przepływów przy zastosowaniu metod numerycznych.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W06, K\_W07, K\_W09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka NMNP\_U01:**

Umie zaprojektować siatkę obliczeniową, dobrać i zdefiniować model przepływu, warunki brzegowe, przeprowadzić symulacje, opracować wyniki (postprocesing).

Weryfikacja:

Ocena pracy podczas ćwiczeń, ocena aktywności w dyskusji nad uzyskanymi wynikami symulacji

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U06, K\_U07, K\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, I.P7S\_UK, III.P7S\_UW.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka NMNP\_K01:**

Potrafi pracować w zespole podczas realizacji poszczególnych zadań i analizy wyników

Weryfikacja:

Ocena pracy podczas ćwiczeń, ocena aktywności w dyskusji nad uzyskanymi wynikami symulacji

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_K, I.P7S\_KO, I.P7S\_KR