**Nazwa przedmiotu:**

Numeryczna mechanika płynów w metrologii przepływów

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. inż. Mateusz Turkowski

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny dowolnego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Mechatronika

**Grupa przedmiotów:**

Wariantowe

**Kod przedmiotu:**

NMNP

**Semestr nominalny:**

4 / rok ak. 2021/2022

**Liczba punktów ECTS:**

2

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

1) Liczba godzin bezpośrednich 33h, w tym:
a) wykład – 15h;
b) ćwiczenia - 0h;
c) laboratorium - 0h;
d) projekt – 15h;
e) konsultacje - 3h;
2) Praca własna studenta 32h w tym:
a) bieżące przygotowywanie się do zajęć - 7h;
b) studia literaturowe - 4h;
c) opracowanie projektu - 15h;
d) przygotowanie do zaliczenia - 6h;

Suma: 55 h (2 ECTS)

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

2 punkty ECTS - liczba godzin bezpośrednich: 49, w tym:
a) wykład – 20 h;
b) ćwiczenia – … h;
c) laboratorium - …h;
d) projekt - …h;
e) konsultacje - 4 h;

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1) Liczba godzin bezpośrednich 33h, w tym:
a) wykład – 15h;
b) ćwiczenia - 0h;
c) laboratorium - 0h;
d) projekt – 15h;
e) konsultacje - 3h;
2) Praca własna studenta 32h w tym:
a) bieżące przygotowywanie się do zajęć - 7h;
b) studia literaturowe - 4h;
c) opracowanie projektu - 15h;
d) przygotowanie do zaliczenia - 6h;

Suma: 55 h (2 ECTS)

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

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

**Wymagania wstępne:**

Podstawy mechaniki płynów. Podstawy informatyki. Podstawy termodynamiki.

**Limit liczby studentów:**

30

**Cel przedmiotu:**

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

**Treści kształcenia:**

Wykład:
Wprowadzenie. Podstawowe równania w numerycznej mechanice płynów (CFD). Równania zachowania i transportu: masy, energii, pędu. Dyskretyzacja modelowanego 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 możliwości uproszczenia modelu, zaprojektowanie i utworzenie siatki różnicowej.
Przeprowadzenie obliczeń: określenie warunków początkowych i brzegowych, przeprowadzenie obliczeń z monitorowaniem zbieżności rozwiązania. Opracowanie wyników: wizualizacja i analiza wyników, rozważenie możliwości udoskonalenia modelu.
Rodzaje siatek różnicowych, generowanie siatek. Siatki płaskie trójkątne, czworokątne. Siatki przestrzenne oparte o czworościan, sześciościan, ostrosłup, graniastosłup. Siatki hybrydowe. Siatki dla warstwy przyściennej. Kryteria jakości wygenerowanych siatek.
Wybór i ustawienia modelu. Zdefiniowanie modelu numerycznego. Wybór modelu turbulencji, zdefiniowanie właściwości medium. Określenie warunków roboczych. Określenie warunków brzegowych na wszystkich powierzchniach granicznych, określenie warunków (rozwiązań) początkowych. Monitorowanie rozwiązania i kontrola zbieżności. Kryteria zakończenia iterowania.
Narzędzia do 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. Ocena czy występują powierzchnie rozdziału, strefy oderwania, fale uderzeniowe, lokalne problemy ze zbieżnością. Ocena możliwości ulepszenia modelu: czy prawidłowo dobrano warunki brzegowe, model turbulencji, czy obszar obliczeniowy jest wystarczająco duży, czy warto zagęścić lokalnie siatkę.

Projekt:
Samodzielne rozwiązanie zadanego zagadnienia związanego z metrologią przepływów przy zastosowaniu metod numerycznych. Wykonanie geometrii, zaprojektowanie i wykonanie siatki obliczeniowej, dobranie i zdefiniowanie modelu przepływu oraz warunków brzegowych. Wykonanie symulacji i analiza otrzymanych wyników przy wykorzystaniu narzędzi postprocessingu.

**Metody oceny:**

Przedstawienie projektu do zaliczenia, prezentacja wyników na forum grupy.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

M. Turkowski “Metrologia przepływów”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2018.
H. K. Versteeg, W. Malalasekera: "An introduction to Computational fluid dynamics. The Finite Volume Method", Longman Scientific & Technical, Essex 1995.

**Witryna www przedmiotu:**

 -

**Uwagi:**

brak

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka NMNP\_2st\_W01:**

Ma wiedzę na temat równań stosowanych w numerycznej 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\_2st\_U01:**

Potrafi zaprojektować siatkę obliczeniową, dobrać i zdefiniować model opisujący zagadnienie oraz warunki brzegowe. Potrafi przeprowadzić symulacje i opracować wyniki.

Weryfikacja:

Ocena pracy podczas zajęć projektowych, 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\_2st\_K01:**

Potrafi pracować w zespole podczas realizacji poszczególnych zadań i analizy wyników.

Weryfikacja:

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

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K04

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