

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć: Modelowanie numeryczne przepływów i wymiany ciepła

Rok akademicki: 2019/2020 Kod: RMBM-2-201-SM-s Punkty ECTS: 3

Wydział: Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Kierunek: Mechanika i Budowa Maszyn Specjalność: Inżynieria Zrównoważonych Systemów Energetycznych

Poziom studiów: Studia II stopnia Forma studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 2

Strona www: —

Prowadzący moduł: dr hab. inż. Kołodziejczyk Krzysztof (krkolodz@agh.edu.pl)

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Student uzyskuje specjalistyczną wiedzę, umiejętności oraz kompetencje w zakresie prowadzenia symulacji numerycznych przepływu płynu łącznie z wymianą ciepła. Realizowane przykłady będą obejmowały głównie urządzenia wykorzystywane w ekoenergetyce.

Opis efektów uczenia się dla modułu zajęć

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Powiązania z KEU	Sposób weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w ramach poszczególnych form zajęć i dla całego modułu zajęć
Wiedza: zna i rozumie			
M_W001	Student zna metodykę prowadzenia symulacji numerycznej przepływu z wymianą ciepła		Aktywność na zajęciach, Projekt
M_W002	Student zna sposoby oraz zasady przygotowania bryły do symulacji numerycznej.		Aktywność na zajęciach, Projekt
M_W003	Zna zasady tworzenia siatki numerycznej (podział bryły na elementy)		Aktywność na zajęciach, Projekt
M_W004	Student posiada wiedzę z zakresu modelowania przepływu płynu.		Projekt
M_W005	Zna nowoczesne narzędzia do prowadzenia symulacji numerycznych przepływów.		Aktywność na zajęciach, Projekt
Umiejętności: potrafi			

M_U001	Student potrafi przygotować bryłę do symulacji przepływu z wymianą ciepła.		Aktywność na zajęciach, Projekt
M_U002	Student potrafi wygenerować siatkę numeryczną.		Aktywność na zajęciach, Projekt
M_U003	Student potrafi poprawnie zdefiniować parametry symulacji oraz przypisać warunki brzegowe dla tworzonej symulacji.		Aktywność na zajęciach, Projekt
M_U004	Potrafi przeprowadzić analizę uzyskanych wyników z symulacji numerycznej		Projekt
M_U005	Potrafi w sposób syntetyczny opracować wyniki przeprowadzonej symulacji		Projekt
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	Student posiada świadomość ciągłego dokształcania się i ciągłego podnoszenia kompetencji w zakresie wykorzystania nowoczesnych narzędzi w procesie projektowania oraz analizie pracy maszyn i urządzeń.		Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji

Liczba godzin zajęć w ramach poszczególnych form zajęć

Suma	Forma zajęć dydaktycznych										
	Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
40	14	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0

Matryca kierunkowych efektów uczenia się w odniesieniu do form zajęć i sposobu zaliczenia, które pozwalają na ich uzyskanie

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Forma zajęć dydaktycznych										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
Wiedza: zna i rozumie												
M_W001	Student zna metodykę prowadzenia symulacji numerycznej przepływu z wymianą ciepła	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

M_W002	Student zna sposoby oraz zasady przygotowania bryły do symulacji numerycznej.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	Zna zasady tworzenia siatki numerycznej (podział bryły na elementy)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W004	Student posiada wiedzę z zakresu modelowania przepływu płynu.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W005	Zna nowoczesne narzędzia do prowadzenia symulacji numerycznych przepływów.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Student potrafi przygotować bryłę do symulacji przepływu z wymianą ciepła.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Student potrafi wygenerować siatkę numeryczną.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	Student potrafi poprawnie zdefiniować parametry symulacji oraz przypisać warunki brzegowe dla tworzonej symulacji.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U004	Potrafi przeprowadzić analizę uzyskanych wyników z symulacji numerycznej	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U005	Potrafi w sposób syntetyczny opracować wyniki przeprowadzonej symulacji	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	Student posiada świadomość ciągłego dokształcania się i ciągłego podnoszenia kompetencji w zakresie wykorzystania nowoczesnych narzędzi w procesie projektowania oraz analizie pracy maszyn i urządzeń.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	40 godz
przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	35 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	5 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	80 godz
Punkty ECTS za moduł	3 ECTS

Pozostałe informacje

Szczegółowe treści kształcenia w ramach poszczególnych form zajęć (szczegółowy program wykładów i pozostałych zajęć)

Wykład

1. Model matematyczny i model fizyczny. Wielkości bilansowe i ogólna zasada bilansowania: akumulacja i generacja. Ustalona i nieustalona wymiana ciepła. Podstawowe prawa przepływu ciepła: przewodzenie, konwekcja i promieniowanie.
2. Wyprowadzenie równania przewodzenia ciepła w ciałach stałych. Gradient temperatury, współczynnik przewodzenia ciepła, dyfuzyjność termiczna, opór przewodzenia ciepła i ich interpretacja fizyczna (jednostki fizyczne). Warunki brzegowe i początkowe rozwiązania równania przewodzenia ciepła.
3. Metody przybliżonego rozwiązania zagadnień przepływu ciepła: metoda różnic skończonych i metoda elementów skończonych.
4. Metoda elementów skończonych:
 - ogólny algorytm obliczeń z zastosowaniem MES,
 - dyskretyzacja geometrii obszaru,
 - elementy skończone i funkcje kształtu,
 - przekształcenie różniczkowego równania przewodzenia ciepła do równań MES (metoda Galerkin),
 - adaptacja siatek w modelowaniu metodą elementów skończonych procesów przepływu ciepła,
 - weryfikacja dokładności modelu symulacji komputerowej – analiza błędów modelowania,
 - wzorce do oceny modelu numerycznego – benchmarks,
 - komercyjne programy komputerowe; Autodesk CFD,
 - proste przykłady obliczeniowe MES z elementem liniowym.
5. Ustalone przewodzenie ciepła w przegrodzie płaskiej. Warunki brzegowe i początkowe rozwiązania równania przewodzenia ciepła. Przenikanie ciepła, opór i współczynnik przenikania ciepła.
6. Ustalone przewodzenie ciepła w przegrodzie cylindrycznej. Przenikanie ciepła, opór i współczynnik przenikania ciepła. Krytyczna grubość izolacji.
7. Przewodzenie ciepła w prętach i żebrach. Wymienniki żebrze. Kryterium stosowalności żeber. Optymalizacja ożebrowania.
8. Wymiana ciepła przez konwekcję i promieniowanie.

Podstawowe zagadnienia związane z symulacjami numerycznymi. Narzędzia-aplikacje wykorzystywane w prowadzeniu symulacji numerycznych przepływów oraz wymiany ciepła. Metodyka prowadzenia symulacji numerycznej. Sposoby oraz zasady przygotowania modelu CAD do modelowania przepływu płynu oraz wymiany ciepła. Sposoby i zasady podziału bryły siatką elementów. Rodzaje siatek. Weryfikacja jakości siatki. . Optymalizacja siatki numerycznej. Modelowanie przepływów stałych i zmiennych łącznie ze zmiennymi w czasie warunkami brzegowymi.

Ćwiczenia projektowe

1. Modelowanie rozkładu temperatury w płycie płaskiej z wykorzystaniem metody różnic skończonych dla różnych rodzajów warunków brzegowych.
2. Modelowanie rozkładu temperatury w sześcianie jednostkowym z wykorzystaniem programu Autodesk CFD. Wpływ gęstości siatki na dokładność obliczeń. Porównanie z rozwiązaniem referencyjnym.
3. Modelowanie rozkładu temperatury w kwadratowym przekroju poprzecznym długiego pręta metodą elementów skończonych z wykorzystaniem programu Autodesk CFD. Weryfikacja modelem analitycznym.
4. Wyznaczanie dwuwymiarowego rozkładu temperatury w prostym żebrze o stałej grubości za pomocą MES z wykorzystaniem programu Autodesk CFD.
5. Indywidualne wykonanie projektu – modelowanie numeryczne pól temperatury dla wybranego przypadku wymiany ciepła w programie Autodesk CFD, AutoFEM Thermal Analysis lub innym.
6. zaliczenie projektu

Metody i techniki kształcenia:

Wykład: Treści prezentowane na wykładzie są przekazywane w formie prezentacji multimedialnej w połączeniu z klasycznym wykładem tablicowym wzbogaconymi o pokazy odnoszące się do prezentowanych zagadnień.

Ćwiczenia projektowe: Studenci wykonują zadany projekt samodzielnie, bez większej ingerencji prowadzącego. Ma to wykształcić poczucie odpowiedzialności za pracę w grupie oraz odpowiedzialności za podejmowane decyzje.

Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu:

Nie określono

Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa:

Wykład:

- Obecność obowiązkowa: Nie

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.

Ćwiczenia projektowe:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci wykonują prace praktyczne mające na celu uzyskanie kompetencji zakładanych przez sylabus. Ocenie podlega sposób wykonania projektu oraz efekt końcowy.

Sposób obliczania oceny końcowej

Ocena z projektu zaliczeniowego.

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach:

Nie określono

Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności modułów

Student musi przynajmniej w stopniu podstawowym znać co najmniej jedną aplikację CAD pozwalającą na tworzenie i edycję bryły. Student musi posiadać podstawowe umiejętności modelowania bryłowego.

Zalecana literatura i pomoce naukowe

Kazimierski Z.: „Podstawy mechaniki płynów i metod komputerowej symulacji przepływów”, Łódź 2004.
Patankar’a w “Numerical Heat Transfer and Fluid Flow” Hemisphere Publishing, New York, 1980.
Materiały z wykładów.
www.ansys.com

Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu

KOŁODZIEJCZYK K.: Analiza numeryczna przepływu w osadniku prostokątnym z wypełnieniem wielostrumieniowym. Ochrona i inżynieria środowiska : zrównoważony rozwój. Problemy Inżynierii Mechanicznej i Robotyki WIMiR AGH, 2014. nr 63.

KOŁODZIEJCZYK K., WOJCIECHOWSKI J.: Analysis of the air flow in modernized ventilation system in fan station of underground mine. XXI FMC : XXI Fluid Mechanics Conference : Krakow, 15-18 June 2014.

KOŁODZIEJCZYK K., KOWALSKI W.P. :Conducting numerical simulation of the process of sedimentation under static conditions. Polish Journal of Environmental Studies ; 2016 vol. 25 no. 5A, s. 42-47.

KOŁODZIEJCZYK K., BANAŚ M., WARZECHA P.: Flow modeling in a laboratory settling tank with optional counter-current or cross-current lamella. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering ; ISSN 1734-8412. — 2012 vol. 53 iss. 1, s. 28-36.

KOŁODZIEJCZYK K.: Projektowanie osadnika wielostrumieniowego z zastosowaniem numerycznej symulacji przepływu — Designing multiflux settling tank by using a numerical simulation of flow. Przemysł Chemiczny ; ISSN 0033-2496. — 2017 t. 96 nr 8, s. 1687-1690.

Informacje dodatkowe

Brak