

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2023/2024

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Kierunek studiów: Energetyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: 11

Stopień studiów: II

Specjalności: Modelowanie komputerowe w energetyce

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                                                                  |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Zastosowanie MES w obliczeniach maszyn i urządzeń energetycznych |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Finite Element Method in power engineering                       |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WIŚIE EN oIIS D11 23/24                                          |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty specjalnościowe                                       |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 3.00                                                             |
| SEMESTRY                                | 2                                                                |

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁAD | CWICZENIA | LABORATORIA | LABORATORIA<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKT | SEMINARIUM |
|---------|--------|-----------|-------------|---------------------------------|---------|------------|
| 2       | 15     | 0         | 0           | 30                              | 0       | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Poznanie podstaw teoretycznych metody elementów skończonych (MES), zastosowanie MES do rozwiązywania ustalonych i nieustalonych zagadnień cieplnych i cieplno-wytrzymałościowych ze szczególnym uwzględnieniem grubościennych elementów ciśnieniowych urządzeń energetycznych.

## 4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 ogólna wiedza z matematyki (w szczególności umiejętność rozwiązywania równań różniczkowych)

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Student zna i rozumie podstawy metody elementów skończonych

**EK2 Wiedza** Student zna i rozumie podstawowe metody aproksymacyjnego rozwiązywania równań różniczkowych

**EK3 Umiejętności** Student potrafi rozwiązać proste problemy inżynierskie wykorzystując metodę elementów skończonych z dziedziny wymiany ciepła oraz mechaniki konstrukcji

**EK4 Umiejętności** Student potrafi przeprowadzić wszystkie kroki związane z budową modelu w środowisku obliczeniowym ANSYS oraz interpretować wyniki samodzielnie przeprowadzonych analiz

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                  |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Wprowadzenie do metody elementów skończonych (czym jest MES, pojęcie obszaru i elementu skończonego, aproksymacja rozwiązania w elemencie skończonym, funkcje kształtu, przykład przewodzenia ciepła w płycie płaskiej budowa lokalnej macierzy sztywności, agregacja macierzy, wprowadzanie warunków brzegowych - wymiana ciepła oraz mechanika konstrukcji) | 5                |
| <b>W2</b> | Metody aproksymacyjnego rozwiązywania równań różniczkowych (Metoda Ritza, Metoda RayleighaRitza, Metoda kolokacyjna, Metoda najmniejszych kwadratów, Metoda Galerkina) Rodzaje elementów skończonych i ich własności - elementy 1D , 2D , 3D, pierwszego i drugiego rzędu                                                                                     | 5                |
| <b>W3</b> | MES w zagadnieniach przewodzenia ciepła, mechaniki konstrukcji, problemy nieliniowe geometryczne i fizyczne, zagadnienia zmęczenia materiału i konstrukcji, pękania i pęknięcia. Schematy całkowania po czasie. Błędy w rozwiązaniach MES.                                                                                                                    | 5                |

| LABORATORIA KOMPUTEROWE |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                  |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP                      | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                         | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>K1</b>               | Zapoznanie się ze środowiskiem ANSYS. Budowa modelu geometrycznego i podział na elementy skończone, dyskretyzacja elementami powłokowymi, 2D oraz 3D. Budowa modelu naczynia ciśnieniowego i porównanie wyników dla modelu osiowosymetrycznego, powłokowego oraz bryłowego. Analiza nieliniowości geometrycznych i fizycznych. | 10               |

| LABORATORIA KOMPUTEROWE |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                  |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP                      | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BŁOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                  | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>K2</b>               | Ustalona analiza pola temperatury przy warunkach brzegowych I i III rodzaju. Wyznaczanie naprężeń cieplnych oraz mechanicznych pochodzących od ciśnienia. Porównanie wyników uzyskanych z MES z rozwiązaniem analitycznym ścisłym oraz uzyskanym z wzorów kotłowych.                                                                    | 10               |
| <b>K3</b>               | Nieustalona analiza cieplno - wytrzymałościowa elementu ciśnieniowego kotła o złożonej geometrii. Analiza zagadnienia koncentracji naprężeń cieplnych oraz mechanicznych na krawędzi otworu pod króciec. Wyznaczanie pól temperatury oraz naprężeń przy nagrzewaniu elementu z prędkościami dopuszczalnymi uzyskanymi z norm kotłowych. | 10               |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Wykłady

**N2** Prezentacje multimedialne

**N3** Ćwiczenia laboratoryjne

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI                                                                                 | ŚREDNIA LICZBA GODZIN<br>NA ZREALIZOWANIE<br>AKTYWNOŚCI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>                                     |                                                         |
| Godziny wynikające z planu studiów                                                               | 45                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 1                                                       |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 1                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 20                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 0                                                       |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 23                                                      |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>90</b>                                               |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 3.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

**F1** Projekt indywidualny

**F2** Test

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

**P1** Średnia ważona ocen formujących

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                      |
|---------------------|--------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Zakres wiadomości do 55% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.0        | Zakres wiadomości do 60% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.5        | Zakres wiadomości do 70% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.0        | Zakres wiadomości do 80% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.5        | Zakres wiadomości do 90% wymaganego  |
| NA OCENĘ 5.0        | Zakres wiadomości do 100% wymaganego |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                      |
| NA OCENĘ 2.0        | Zakres wiadomości do 55% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.0        | Zakres wiadomości do 60% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.5        | Zakres wiadomości do 70% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.0        | Zakres wiadomości do 80% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.5        | Zakres wiadomości do 90% wymaganego  |
| NA OCENĘ 5.0        | Zakres wiadomości do 100% wymaganego |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                      |
| NA OCENĘ 2.0        | Zakres wiadomości do 55% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.0        | Zakres wiadomości do 60% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.5        | Zakres wiadomości do 70% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.0        | Zakres wiadomości do 80% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.5        | Zakres wiadomości do 90% wymaganego  |
| NA OCENĘ 5.0        | Zakres wiadomości do 100% wymaganego |

| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                      |
|---------------------|--------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Zakres wiadomości do 55% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.0        | Zakres wiadomości do 60% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.5        | Zakres wiadomości do 70% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.0        | Zakres wiadomości do 80% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.5        | Zakres wiadomości do 90% wymaganego  |
| NA OCENĘ 5.0        | Zakres wiadomości do 100% wymaganego |

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE    | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|---------------|
| EK1               | K2_W03<br>K2_W04<br>K2_W05                                                     | Cel 1           | W1 W2 W3 K1<br>K2 K3 | N1 N2 N3              | F1 F2 P1      |
| EK2               | K2_W03<br>K2_W04<br>K2_W05                                                     | Cel 1           | W1 W2 W3 K1<br>K2 K3 | N1 N2 N3              | F1 F2 P1      |
| EK3               | K2_U08<br>K2_U24                                                               | Cel 1           | W1 W2 W3 K1<br>K2 K3 | N1 N2 N3              | F1 F2 P1      |
| EK4               | K2_U24                                                                         | Cel 1           | W1 W2 W3 K1<br>K2 K3 | N1 N2 N3              | F1 F2 P1      |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Taler J., Duda P. — *Rozwiązywanie prostych i odwrotnych zagadnień przewodzenia ciepła*, Warszawa, 2003, WNT
- [2] | Taler J., Dzierwa P., Taler D., Jaremkiewicz M., Trojan M. — *Monitoring of Thermal Stresses and Heating Optimization Including Industrial Applications*, New York, 2016, Nova science

- [3] | Huei-Huang Lee — *Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 2019*, Mission, 2019, SDC Publications

#### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | Łączek S. — *Przykłady analizy konstrukcji w systemie MES ANSYS-Workbench v. 12.1*, Kraków, 2012, Wydawnictwo PK
- [2] | Samuel J. Ling — *FIZYKA DLA SZKÓŁ WYŻSZYCH*, Warszawa, 2018, openstax
- [3] | Samuel J. Ling — *FIZYKA DLA SZKÓŁ WYŻSZYCH*, Warszawa, 2018, openstax

### 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

#### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. inż., prof. PK Piotr Dzierwa (kontakt: [pdzierwa@pk.edu.pl](mailto:pdzierwa@pk.edu.pl))

#### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 dr hab. inż., prof. PK Piotr Dzierwa (kontakt: [pdzierwa@pk.edu.pl](mailto:pdzierwa@pk.edu.pl))

### 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....