

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2021/2022

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Inżynieria Produkcji

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: R

Stopień studiów: I

Specjalności: Techniki wytwarzania, Systemy jakości i współrzędnościowa technika pomiarowa, Systemy CAD/CAM

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Wprowadzenie do MES                   |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Introduction to Finite Element Method |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WM IP oIS A14 21/22                   |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty ogólne                     |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 2.00                                  |
| SEMESTRY                                | 4                                     |

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

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA | LABORATORIUM | LABORATORIUM<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKT | SEMINARIUM |
|---------|--------|-----------|--------------|----------------------------------|---------|------------|
| 4       | 15     | 0         | 0            | 0                                | 15      | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 wprowadzenie do współczesnych metod analizy wytrzymałościowej, sztywnościowej i statecznościowej konstrukcji inżynierskich; zapoznanie się z komercyjnym pakietem obliczeniowym dla konstrukcji inżynierskich

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

1 zaliczone przedmioty: Mechanika ogólna, Wytrzymałość materiałów

2 znajomość podstawowych operacji na macierzach i wektorach

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** znajomość podstawowych pojęć metody elementów skończonych; rozumienie problemu doboru typu elementu

**EK2 Wiedza** rozumienie procesu agregacji elementów w strukturę

**EK3 Wiedza** rozumienie problemu transformacji między układami lokalnymi i globalnym, sposobu wyznaczania stopni swobody, sił węzłowych, odkształceń, naprężeń

**EK4 Umiejętności** zastosowanie praktyczne pakietu ANSYS do modelowania i analizy wytrzymałościowej prostych konstrukcji prętowych i powierzchniowych

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| PROJEKT |   |                  |
|---------|---|------------------|
| LP      | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH  | LICZBA<br>GODZIN |
| P1      | Wprowadzenie do praktycznych obliczeń. Wstępne zapoznanie się z systemem ANSYS; omówienie sposobu realizacji projektu za pomocą pakietu; konfiguracja programu.   | 2                |
| P2      | Budowa prostego modelu belkowego; pojęcia obiektów definiujących strukturę (punkt bazowy, linia, powierzchnia), wybór elementu z biblioteki, wprowadzanie własności geometrycznych i materiałowych; generacja siatki elementów skończonych. | 2                |
| P3      | Nakładanie więzów i przykładanie obciążeń; przegląd i analiza wyników po rozwiązaniu; wykresy deformacji, sił wewnętrznych, naprężeń dla prostej belki.   | 2                |
| P4      | Analiza przestrzennego układu ramowego na bazie umiejętności nabytych w ćwiczeniu z belką; tekstowy zapis modelu konstrukcji w APDL.  | 2                |
| P5      | Przykładowa analiza modelu w płaskim stanie naprężenia; operacje na modelu (dodawanie i odejmowanie powierzchni); określanie i testowanie gęstości siatki i zbieżności rozwiązania.   | 3                |
| P6      | Wprowadzenie do wbudowanego pakietu optymalizacji; zastosowanie do zadania doboru przekrojów belek.   | 2                |
| P7      | Kolokwium zaliczeniowe - samodzielne wykonanie modelowania i obliczeń.  | 2                |

| WYKŁAD    |  |                  |
|-----------|--|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH   | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Motywacja do stosowania współczesnych metod obliczeniowych. Model vs. rzeczywisty obiekt (konstrukcja).  | 2                |
| <b>W2</b> | Wprowadzenie do mes na przykładzie kratownicy; element, stopnie swobody, macierze: geometryczna, sił, sztywności; struktura: agregacja, macierze w układzie globalnym, podstawowy układ równań MES, wprowadzenie warunków brzegowych, wyznaczanie reakcji. | 2                |
| <b>W3</b> | Rozszerzenie na przypadek konstrukcji belkowych (zginanie), pojęcie funkcji kształtu na przykładzie elementu belkowego; transformacja wektorów i macierzy elementowych do układu globalnego i powrotna do układów lokalnych.                               | 2                |
| <b>W4</b> | Przykład elementu płaskiego trójkątnego o stałym odkształceniu; omówienie elementów wyższych rzędów powierzchniowych i przestrzennych; pojęcie punktów Gaussa całkowania numerycznego; dyskretyzacja warunków brzegowych i obciążeń.                       | 2                |
| <b>W5</b> | Estymatory dokładności rozwiązania mes; ogólny schemat algorytmu mes; przemieszczeniowe stopnie swobody; podział zadań między projektantem i systemem komputerowym w analizie mes.   | 2                |
| <b>W6</b> | Poszerzenie informacji o pracy z programem ANSYS: możliwość definiowania materiałów o własnościach zależnych od temperatury oraz materiałów sprężysto-plastycznych; select logic w zastosowaniu praktycznym.   | 2                |
| <b>W7</b> | Różne układy współrzędnych w modelowaniu i analizie; zastosowanie pakietu do analizy probabilistycznej oraz do zadania optymalizacji.  | 2                |
| <b>W8</b> | Poszerzenie informacji o pracy z programem ANSYS: wskazanie dalszych zagadnień obliczeniowych realizowanych w pakiecie mes; dyskusja o rozumieniu i zaufaniu do wyników obliczeń.  | 1                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia laboratoryjne

N3 Prezentacje multimedialne

## 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   | 30  |
| Konsultacje przedmiotowe   | 6   |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji  | 4   |
| <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   | 0   |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>60</b>   |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU  | 2.00  |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

F1 projekt praktyczny

F2 kolokwium z wykładu

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Średnia ważona ocen formujących:  $0.3 \cdot \text{wykład} + 0.7 \cdot \text{projekt}$

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 obecność na zajęciach wg. Regulaminu + pozytywne oceny formujące

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |   |
|---------------------|---|
| NA OCENĘ 3.0        | umiejętność wyjaśnienia pojęć: element skończony, stopnie swobody, macierze elementowe, podstawowy układ mes, dyskretyzacja konstrukcji, warunków brzegowych i obciążeń |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |   |
| NA OCENĘ 3.0        | wyjaśnienie reguł agregacji elementów w strukturę oraz procesu budowy globalnej macierzy sztywności   |

|                     |  |
|---------------------|--|
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |  |
| NA OCENĘ 3.0        | wyjaśnienie konieczności transformacji macierzy i wektorów między układami lokalnymi i układem globalnym; wyjaśnienie w jaki sposób wyznacza się reakcje więzów w mes; wyjaśnienie jak wyliczane są odkształcenia i naprężenia w mes |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |  |
| NA OCENĘ 3.0        | samodzielne wykonanie przynajmniej jednego z dwóch zadań modelowania i obliczeń prostej konstrukcji  |

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE                         | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--|-----------------|---|-----------------------|---------------|
| EK1               | M1_W01<br>M1_W02<br>M1_W06<br>M1_W07<br>M1_W08                                 | Cel 1           | P1 P2 P3 P4 P5<br>P6 P7 W1 W2<br>W3 W4 W5 | N1 N2 N3              | F2 P1         |
| EK2               | M1_W01<br>M1_W02<br>M1_W06<br>M1_W07<br>M1_W08                                 | Cel 1           | W1 W2 W3 W4<br>W5                         | N1 N2 N3              | F2 P1         |
| EK3               | M1_W01<br>M1_W02<br>M1_W06<br>M1_W07<br>M1_W08                                 | Cel 1           | P1 P2 P3 P4 P5<br>P6 P7 W2 W3<br>W4       | N1 N2 N3              | F2 P1         |
| EK4               | M1_U06<br>M1_U08   | Cel 1           | P1 P2 P3 P4 P5<br>P6 P7 W6 W7<br>W8       | N1 N2 N3              | F1 P1         |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1 ] **J. Bielski** — *Wprowadzenie do inżynierskich zastosowań metody elementów skończonych*, Kraków, 2010, Wydawnictwo PK
- [2 ] **S. Łaczek** — *Wprowadzenie do systemu elementów skończonych ANSYS*, Kraków, 1999, Wydawnictwo PK
- [3 ] **S. Łaczek** — *Modelowanie i analiza konstrukcji w systemie MES ANSYS*, Kraków, 2011, Wydawnictwo PK

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1 ] **O.C. Zienkiewicz** — *Metoda elementów skończonych*, Warszawa, 1972, Arkady
- [2 ] **R. Bąk, T. Burczynski** — *Wytrzymałość materiałów z elementami ujęcia komputerowego*, Warszawa, 2001, WNT
- [3 ] **T. Zagrajek, G. Krześciński, P. Marek** — *Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji; ćwiczenia z zastosowaniem systemu ANSYS*, Warszawa, 2005, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej
- [4 ] **J. Bielski** — *Inżynierskie zastosowania systemu MES*, Kraków, 2013, Wydawnictwo PK

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. inż., prof. PK Jan, Jerzy Bielski (kontakt: jan.bielski@pk.edu.pl)

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

- 1 dr Katarzyna Tajs-Zielińska (kontakt: Katarzyna.Tajs-Zielinska@pk.edu.pl)
- 2 dr inż. Szymon Hernik (kontakt: Szymon.Hernik@pk.edu.pl)
- 3 dr inż. Justyna Miodowska (kontakt: Justyna.Miodowska@pk.edu.pl)
- 4 dr inż. Adam Stawiarski (kontakt: Adam.Stawiarski@pk.edu.pl)

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....  
.....  
.....  
.....