

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2015/2016

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Informatyka Stosowana

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: S

Stopień studiów: I

Specjalności: Informatyka Stosowana

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                                 |
|-----------------------------------------|---------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Metoda elementów skończonych II |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Finite elements method II       |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WM INFST oIS C172 15/16         |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty kierunkowe           |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 2.00                            |
| SEMESTRY                                | 5                               |

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

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA | LABORATORIUM | LABORATORIUM<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKT | SEMINARIUM |
|---------|--------|-----------|--------------|----------------------------------|---------|------------|
| 5       | 15     | 0         | 0            | 15                               | 0       | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Student rozszerza wiedzę nt. MES na przykładzie modelowania złożonych obiektów 2D oraz 3D oraz zapoznaje się z modelowaniem złożonych oraz nieliniowych problemów mechaniki konstrukcji.

**Cel 2** Student rozwija znajomość systemu MES ANSYS i potrafi poprawnie zbudować model geometryczny i MES prostej konstrukcji lub złożonego podzespołu, zarówno w trybie dialogowym jak i wsadowym. Następnie potrafi zadać obciążenia i warunki brzegowe w modelu oraz rozwiązać problem i ocenić poprawność rozwiązania.

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

- 1 Student posiada przewidziana programem studiów wiedzę w zakresie analizy matematycznej oraz algebry, modelowania matematycznego, mechaniki i wytrzymałości materiałów, inżynierii materiałowej.
- 2 Student posiada wiedzę zrealizowaną w ramach przedmiotu grafika inżynierska oraz metoda elementów skończonych I.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Wiedza: Student zna podstawy modelowania złożonych konstrukcji w ramach Metody Elementów Skończonych.

**EK2 Wiedza** Wiedza: Student wie jak zbudować złożony model MES i poprawnie rozwiązać postawiony zaawansowany problem numeryczny oraz ocenić poprawność i dokładność rozwiązania.

**EK3 Umiejętności** Umiejętności: Student potrafi zamodelować w trybie dialogowym wybrany problem inżynierski wykorzystując komercyjny system MES (np. ANSYS)

**EK4 Umiejętności** Umiejętności: Student zna podstawy języka APDL i potrafi napisać plik wsadowy do komercyjnego systemu MES ANSYS.

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| LABORATORIUM KOMPUTEROWE |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                  |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP                       | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                  | LICZBA<br>GODZIN |
| K1                       | Wprowadzenie do systemu MES ANSYS - dialogowy i wsadowy tryb pracy z systemem. Globalne i lokalne układy współrzędnych. Tworzenie płaskich modeli w trybie "z dołu do góry" oraz "z góry na dół" na przykładzie płaskich i osiowoosymetrycznych modeli MES. Przykłady logicznych operacji Boolea dla obiektów płaskich. | 2                |
| K2                       | Modelowanie płyt i powłok przez wyciąganie powierzchni z wzorca lub za pomocą generacji bezpośredniej. Budowa i analiza przykładowych zadań testowych.                                                                                                                                                                  | 6                |
| K3                       | Modelowanie bryłowe, definicja płaszczyzny roboczej, prymitywy graficzne. Algebra Boolea dla brył: dodawanie, odejmowanie, część wspólna, nakładanie, sklejanie.                                                                                                                                                        | 3                |
| K4                       | Zagadnienia analizy sprężysto-plastycznej konstrukcji inżynierskich, na przykładzie analizy zginanych belek i rozciąganych tarcz. Proste zagadnienia modelowania stateczności konstrukcji, drgania własne i analiza harmoniczna.                                                                                        | 4                |

| WYKŁAD |                                                        |                  |
|--------|--------------------------------------------------------|------------------|
| LP     | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA<br>GODZIN |

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                  |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Funkcje kształtu elementu zginanej belki. Wyrażenie krzywizny belki przez funkcje kształtu elementu $Ni(x)$ . Sposób obliczania macierzy sztywności elementu zginanej belki. Współrzędne lokalne i globalne elementu belkowego. Zasady zastosowania elementów prętowo-belkowych w obliczeniach przestrzennych konstrukcji ramowych metoda ES. Wprowadzanie warunków brzegowych.                                                                                                                                                                                                                              | 2                |
| <b>W2</b> | Definicja płaskiego stanu naprężenia i odkształcenia przykłady konstrukcyjne. Sposoby zapisu przemieszczeń, odkształceń i naprężeń w formie wektorowej i macierzowej. Cechy naprężeń i odkształceń. Funkcje kształtu skończonych elementów trójkątnych i czworokątnych (płaski stan naprężenia). Wyrażenie przemieszczeń, odkształceń i naprężeń przez funkcje kształtu $Ni(x,y)$ oraz stopnie swobody elementu. Obliczenie zastępczych sił węzłowych w płaskim elemencie wg zasady prac przygotowanych. Całkowita energia potencjalna płaskiego elementu. Definicja macierzy sztywności płaskiego elementu. | 3                |
| <b>W3</b> | Płyty i powłoki, siły wewnętrzne i stopnie swobody. Wyrażenie krzywizny powłoki przez funkcje kształtu elementu $Ni(x, y)$ . Powłokowe elementy skończone niższego i wyższego rzędu. Warunki brzegowe, przykłady zastosowań. Przestrzenny stan naprężenia. Funkcje kształtu MES elementów typu tetrahedron i heksahedron, elementy niższego i wyższego rzędu. Warunki brzegowe w zagadnieniach sprężystych rozwiązywanych za pomocą MES.                                                                                                                                                                     | 3                |
| <b>W4</b> | Oszacowanie błędów obliczeń MES. Estymator Zienkiewicza-Zhu i jego pochodne. Zbieżność rozwiązań MES. Adaptacja siatki ES i wg stopnia aproksymacji metody. Podstawowa struktura i przegląd dużych systemów komercyjnych MES.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 2                |
| <b>W5</b> | Zagadnienia analizy sprężysto-plastycznej konstrukcji inżynierskich - przykład analizy zginanych belek i rozciąganych tarcz. Proste zagadnienia modelowania stateczności konstrukcji, drgania własne i analiza harmoniczna.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3                |
| <b>W6</b> | Modelowanie zagadnień kontaktu. Program Workbench - prezentacja, obsługa, możliwości programu. Moduły Design Modeler oraz Simulation.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Wykłady

**N2** Ćwiczenia projektowe

**N3** Prezentacje multimedialne

**N4** Dyskusja

**N5** Konsultacje

## 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                                                                         | 8                                                       |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 5                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 5                                                       |
| Opracowanie wyników                                                                              | 4                                                       |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 8                                                       |
| <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** Test

**F2** Projekt indywidualny

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

**P1** Średnia ważona ocen formujących

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

**W1** Wykonanie ćwiczeń realizowanych w ramach laboratorium komputerowego

**W2** Konieczność uzyskania oceny pozytywnej z każdego efektu kształcenia

**W3** Ocena końcowa ustalana jest jako średnia ważona z ocen formujących z przypisaniem wag: 30% oceny z kolokwium z materiałów wykładu oraz 70% z oceny zaliczeniowej laboratorium komputerowego

### KRYTERIA OCENY

|                     |
|---------------------|
| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |
|---------------------|

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 3.0        | Student posiada wiedzę w zakresie podstaw teoretycznych MES. Student potrafi zamodelować w systemie MES ANSYS złożoną, przestrzenną konstrukcję belkową, powłokową lub płytową, poprawnie wprowadzić warunki brzegowe i obciążenia w modelu, a następnie określić stan deformacji, ugięcia oraz stan naprężenia w konstrukcji oraz ocenić błąd otrzymanego droga numeryczna rozwiązania. |
| NA OCENĘ 3.5        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 4.0        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 4.5        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 5.0        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| NA OCENĘ 3.0        | j.w.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| NA OCENĘ 3.5        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 4.0        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 4.5        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 5.0        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| NA OCENĘ 3.0        | j.w.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| NA OCENĘ 3.5        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 4.0        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 4.5        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 5.0        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| NA OCENĘ 3.0        | j.w.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| NA OCENĘ 3.5        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 4.0        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 4.5        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 5.0        | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE    | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|---------------|
| EK1               | K1_W01,<br>K1_W09,<br>K1_W15                                                   | Cel 1           | W1 W2 W3 W4<br>W5 W6 | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 P1         |
| EK2               | K1_W01,<br>K1_W09,<br>K1_W15                                                   | Cel 2           | W1 W2 W3 W4<br>W5 W6 | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 P1         |
| EK3               | K1_UP09,<br>K1_UP02,<br>K1_UP05                                                | Cel 1 Cel 2     | K1 K2 K3 K4          | N1 N2 N3 N4 N5        | F2 P1         |
| EK4               | K1_UP09,<br>K1_UP02,<br>K1_UP05                                                | Cel 1 Cel 2     | K1 K2 K3 K4          | N1 N2 N3 N4 N5        | F2 P1         |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Łaczek S. — *Modelowanie i analiza konstrukcji w systemie MES ANSYS v.11*, Kraków, 2011, Wyd.PK
- [2] | Radwańska M. — *Metody komputerowe w wybranych zagadnieniach mechaniki konstrukcji*, Kraków, 2004, Wyd.PK
- [3] | Rakowski G., Kacprzyk Z. — *Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji*, Warszawa, 2005, OWPW
- [4] | O.C.Zienkiewicz, R.L.Taylor — *The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics*, Oxford, 2006, Elsevier

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | Łodygowski T., Kąkol W. — *Metoda elementów skończonych w wybranych zagadnieniach mechaniki konstrukcji*, Poznań, 2003, Alma Mater PP
- [2] | Bijak-Zochowski M., Jaworski A., Krzesinski G., Zagrajek A. — *Mechanika materiałów i konstrukcji (t.II)*, Warszawa, 2006, OWPW

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. inż., prof. PK Bogdan, Artur Szybiński (kontakt: bogdan.szybinski@pk.edu.pl)

**OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT**

- 1 dr inż. Bogdan SZYBIŃSKI (kontakt: boszyb@mech.pk.edu.pl)
- 2 dr hab. inż. Marek BARSKI (kontakt: mbar@mech.pk.edu.pl)
- 3 dr inż. Paweł ROMANOWICZ (kontakt: promek@mech.pk.edu.pl)
- 4 dr inż. Stanisław ŁACZEK (kontakt: laczek@mech.pk.edu.pl)

**13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI**

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

**PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI** (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....

.....

.....

.....