

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2015/2016

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Transport

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: niestacjonarne

Kod kierunku: T

Stopień studiów: II

Specjalności: Eksploatacja i niezawodność w transporcie, Eksploatacja i mechatronika samochodowa, Inżynieria maszyn budowlanych i systemów transportu przemysłowego, Logistyka i spedycja

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|   |  |
|---|--|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Zastosowanie MES w systemach i urządzeniach transportowych |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | FEM Application in Transport Systems and Facilities        |
| KOD PRZEDMIOTU                          | T901   |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty kierunkowe                                      |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 2.00   |
| SEMESTRY                                | 1  |

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

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA | LABORATORIUM | LABORATORIUM<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKT | SEMINARIUM |
|---------|--------|-----------|--------------|----------------------------------|---------|------------|
| 1       | 0      | 0         | 0            | 0                                | 18      | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Student poznaje ogólne zasady modelowania MES na przykładzie obliczeń numerycznych wybranych podzespołów i elementów urządzeń transportowych. Zaznajamia się z określaniem pól naprężeń i deformacji w konstrukcjach, z uwzględnieniem błędów oszacowania.

**Cel 2** Student zapoznaje się z działaniem i obsługą wybranego komercyjnego systemu MES. W podanym systemie zaznajamia się z dialogowym i wsadowym trybem tworzeniem modeli geometrycznych, modeli MES oraz prawidłowym wprowadzaniem obciążeń i warunków brzegowych.

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

- 1 Student posiada przewidzianą programem studiów wiedzę w zakresie algebry macierzowej, mechaniki, wytrzymałości materiałów oraz podstaw konstrukcji maszyn.
- 2 Student zna podstawy i metody graficznego zapisu konstrukcji (CAD) w zakresie przewidzianym programem studiów.

#### 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Student zna podstawy geometrycznego modelowania (w ramach MES) prostych i złożonych, typowych podzespołów urządzeń transportowych.

**EK2 Wiedza** Student posiada wiedzę nt. poprawnej budowy modeli MES i zasad uzyskania poprawnego rozwiązania problemu numerycznego wraz z oszacowaniem błędu rozwiązania.

**EK3 Umiejętności** Student potrafi zamodelować w trybie dialogowym wybrany problem inżynierski w zakresie dotyczącym urządzeń transportowych wykorzystując wybrany system MES.

**EK4 Umiejętności** Student potrafi napisać prosty plik wsadowy do systemu MES (np. ANSYS) wykorzystując podstawowe komendy odpowiedniego języka programowania (w przypadku ANSYSa - APDL).

#### 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| PROJEKT |   |                  |
|---------|---|------------------|
| LP      | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH  | LICZBA<br>GODZIN |
| P1      | Przykłady zjawisk modelowanych komputerowo. Koncepcja MES na przykładzie rozwiązania równania Poissona. Pojęcie, definicja i przykłady funkcji próbných (kształtu). Błędy numerycznego modelowania rzeczywistych obiektów w MES. Definicja stopni swobody elementu skończonego. Agregacja elementów w metodzie przemieszczeń. Warunki brzegowe w zadaniach MES. | 2                |
| P2      | Elementy prętowe - obliczenie macierzy sztywności rozciąganego pręta metodą klasyczną i metodą wariacyjną Ritz'a. Agregacja elementów w metodzie klasycznej. Elementy belkowe - funkcje kształtu, macierz sztywności elementu belkowego. Zastosowanie elementów prętowo - belkowych w obliczeniach kratowych, przestrzennych elementach konstrukcji dźwignic.   | 2                |
| P3      | Płaski stan naprężenia i odkształcenia - przykłady konstrukcji i urządzeń transportowych. Sposoby zapisu przemieszczeń, odkształceń i naprężeń w formie wektorowej i macierzowej. Funkcje kształtu MES elementów trójkątnych i czworokątnych (płaski stan naprężenia). Określenie macierzy sztywności płaskiego elementu.                                       | 2                |

| PROJEKT   |  |                  |
|-----------|--|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH   | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>P4</b> | Płyty i powłoki, siły wewnętrzne i stopnie swobody. Powłokowe elementy skończone niższego i wyższego rzędu - przykłady aplikacji w zagadnieniach transportowych. Przestrzenny stan naprężenia. ES typu tetrahedron i heksahedron. Warunki brzegowe w zagadnieniach sprężystych rozwiązywanych za pomocą MES. Oszacowanie błędu obliczeń MES - estymatory błędu, zbieżność rozwiązań MES. Adaptacja siatki ES i wg stopnia aproksymacji. Struktura i schemat działania systemów komercyjnych MES. | 3                |
| <b>P5</b> | Przykład komercyjnego systemu MES ANSYS - wprowadzenie, zasady działania. Tryb dialogowy i wsadowy na przykładzie analizy płaskiej tarczy. Globalne i lokalne układy współrzędnych. Tworzenie płaskich modeli w trybie "z dołu do góry" oraz "z góry na dół" na przykładzie płaskich i osiowosymetrycznych modeli MES. Przykłady logicznych operacji Boolea dla obiektów płaskich.   | 2                |
| <b>P6</b> | Modelowanie płyt i powłok przez wyciąganie powierzchni z wzorca lub za pomocą generacji bezpośredniej. Budowa i analiza przykładowych zadań testowych. Modelowanie bryłowe, definicja płaszczyzny roboczej, prymitywy graficzne. Algebra Boole'a dla brył: dodawanie, odejmowanie, część wspólna, nakładanie, sklejanie. Zagadnienia analizy sprężysto-plastycznej w konstrukcjach i urządzeniach transportowych.  | 5                |
| <b>P7</b> | Analiza MES stateczności konstrukcji, drgań własnych i analizy harmonicznej. Modelowanie zagadnień kontaktu. Program Workbench - prezentacja, obsługa. Moduły Design Modeler oraz Simulation.  | 2                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Ćwiczenia projektowe

**N2** Prezentacje multimedialne

**N3** Dyskusja

**N4** Praca w grupach

**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   | 18  |
| Konsultacje przedmiotowe   | 10  |
| 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                               | 10  |
| Opracowanie wyników  | 8   |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji   | 10  |
| <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 i zaliczenie realizowanego w ramach przedmiotu projektu.

W2 Konieczność uzyskania oceny pozytywnej z każdego efektu kształcenia

W3 Ocena końcowa ustalana jest jako średnia ważona z ocen formujących z przypisaniem wag: 40% oceny z testu oraz 60% z oceny zaliczeniowej realizowanego projektu.

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |   |
|---------------------|---|
| NA OCENĘ 2.0        | - |

|                     |   |
|---------------------|---|
| NA OCENĘ 3.0        | Student posiada wiedzę w zakresie podstaw MES. Student potrafi zamodelować w wybranym systemie MES, np. ANSYS prostą konstrukcję belkową, powłokową lub płytową, poprawnie wprowadzić warunki brzegowe i obciążenia w modelu, a następnie określić ugięcia i stan naprężenia w konstrukcji oraz ocenić błąd otrzymanego drogą numeryczną rozwiązania. |
| NA OCENĘ 3.5        | -   |
| NA OCENĘ 4.0        | -   |
| NA OCENĘ 4.5        | -   |
| NA OCENĘ 5.0        | -   |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |   |
| NA OCENĘ 2.0        | -   |
| NA OCENĘ 3.0        | jw.   |
| NA OCENĘ 3.5        | -   |
| NA OCENĘ 4.0        | -   |
| NA OCENĘ 4.5        | -   |
| NA OCENĘ 5.0        | -   |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |   |
| NA OCENĘ 2.0        | -   |
| NA OCENĘ 3.0        | jw.   |
| NA OCENĘ 3.5        | -   |
| NA OCENĘ 4.0        | -   |
| NA OCENĘ 4.5        | -   |
| NA OCENĘ 5.0        | -   |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |   |
| NA OCENĘ 2.0        | -   |
| NA OCENĘ 3.0        | jw.   |
| 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               | K2_W02,<br>K2_W11,<br>K2_W15   | Cel 1           |                   | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 P1         |
| EK2               | K2_W02,<br>K2_W11,<br>K2_W15   | Cel 1 Cel 2     |                   | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 P1         |
| EK3               | K2_UO02,<br>K2_UP01,<br>K2_UP09,<br>K2_UB07                                    | Cel 2           |                   | N1 N2 N3 N4 N5        | F2 P1         |
| EK4               | K2_UO02,<br>K2_UP01,<br>K2_UP09,<br>K2_UB07                                    | Cel 2           |                   | 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 ] Bielski J. — *Wprowadzenie do inżynierskich zastosowań MES*, Kraków, 2010, Wyd.PK
- [3 ] Radwańska M. — *Metody komputerowe w wybranych zagadnieniach mechaniki konstrukcji*, Kraków, 2004, Wyd.PK
- [4 ] Grądzki R. — *Wprowadzenie do metody elementów skończonych*, Łódź, 2002, Wyd.PŁ

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1 ] Bijak-Żochowski M., Jaworski A., Krzesiński G., Zagrajek A. — *Mechanika materiałów i konstrukcji (t.II)*, Warszawa, 2006, Wyd.PW
- [2 ] Rakowski G., Kacprzyk Z., — *Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji*, Warszawa, 2005, Wyd.PW

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr inż. 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 inż. Stanisław Łaczek (kontakt: laczek@mech.pk.edu.pl)

3 Dr inż. Paweł Romanowicz (kontakt: promek@mech.pk.edu.pl)

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

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

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