

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2012/2013

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Transport

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: T

Stopień studiów: II

Specjalności: Eksploatacja i mechatronika samochodowa

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                                                                  |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Aplikacja systemu MES Ansys w elementach urządzeń transportowych |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | FEM Ansys System Application in Transport Facility Elements      |
| KOD PRZEDMIOTU                          | T902                                                             |
| 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                                | 30      | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

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

**Cel 2** Student zapoznaje się z działaniem i obsługą wybranego systemu MES, tj. pakietu ANSYS. W podanym systemie zaznajamia się z dialogowym i wsadowym tworzeniem modeli geometrycznych, modeli MES oraz

prawidłowym wprowadzeniem 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 wykorzystując system MES ANSYS.
- EK4 Umiejętności** Student potrafi napisać prosty plik wsadowy do systemu MES ANSYS wykorzystując podstawowe komendy języka APDL.

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| PROJEKT   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                  |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>P1</b> | Przykłady zjawisk modelowanych komputerowo. Koncepcja MES na przykładzie rozwiązania równania Poissona. Pojęcie, definicja i przykłady funkcji próbnych (kształtu). Błędy numerycznego modelowania rzeczywistych obiektów w MES. Definicja stopni swobody elementu skończonego. Agregacja elementów w metodzie przemieszczeń. Warunki brzegowe w zadaniach MES.                                                      | 3                |
| <b>P2</b> | Całkowita energia potencjalna rozciąganego pręta. Obliczenie macierzy sztywności rozciąganego pręta metodą klasyczną i metodą wariacyjną Ritza. Agregacja elementów w metodzie klasycznej. Funkcje kształtu elementu zginanej belki. Macierz sztywności elementu belkowego. Zastosowanie elementów prętowo-belkowych w obliczeniach przestrzennych konstrukcji ramowych metoda ES. Wprowadzanie warunków brzegowych. | 3                |
| <b>P3</b> | Płaski stan naprężenia i odkształcenia - przykłady konstrukcji. Sposoby zapisu przemieszczeń, odkształceń i naprężeń w formie wektorowej i macierzowej. Funkcje kształtu MES elementów trójkątnych i czworokątnych (płaski stan naprężenia). Definicja macierzy sztywności płaskiego elementu.                                                                                                                       | 3                |

| 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 zastosowań. Przestrzenny stan naprężenia. ES typu tetrahedron i heksahedron, elementy niższego i wyższego rzędu. Warunki brzegowe w zagadnieniach sprężystych rozwiązywanych za pomocą MES. Oszacowanie błędów obliczeń MES - estymatory błędów, zbieżność rozwiązań MES. Adaptacja siatki ES i wg stopnia aproksymacji. Struktura i schemat działania systemów komercyjnych MES na przykładzie pakietu MES ANSYS. | 4                |
| <b>P5</b> | Wprowadzenie do systemu MES ANSYS. 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 Boole'a dla obiektów płaskich.                                                                                                                                                                                              | 4                |
| <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 inżynierskich konstrukcji w urządzeniach transportowych.                                                                                                               | 8                |
| <b>P7</b> | Modelowania stateczności konstrukcji, drgania własne i analiza harmoniczna. Modelowanie zagadnień kontaktu. Program Workbench - prezentacja, obsługa, możliwości programu. Moduły Design Modeler oraz Simulation.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 5                |

## 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                                                               | 0                                                       |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 8                                                       |
| 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                               | 5                                                       |
| Opracowanie wyników                                                                              | 5                                                       |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 8                                                       |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>30</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 systemie MES 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           | P1 P2 P3 P4 P5<br>P6 P7 | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 P1         |
| EK2               | K2_W02,<br>K2_W11,<br>K2_W15                                                   | Cel 1 Cel 2     | P1 P2 P3 P4 P5<br>P6 P7 | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 P1         |
| EK3               | K2_UO02,<br>K2_UP01,<br>K2_UP09,<br>K2_UB07                                    | Cel 2           | P3 P4 P5 P6 P7          | N1 N2 N3 N4 N5        | F2 P1         |
| EK4               | K2_UO02,<br>K2_UP01,<br>K2_UP09,<br>K2_UB07                                    | Cel 2           | P3 P4 P5 P6 P7          | 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., Krześciński 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 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 inż. Stanisław Łaczek (kontakt: laczek@mech.pk.edu.pl)

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

4 Dr inż. Maciej Krasiński (kontakt: mkr@mech.pk.edu.pl)

5 Dr hab. inż. Henryk Sanecki (kontakt: hsa@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)

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