

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2015/2016

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Mechanika i Budowa Maszyn

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: M

Stopień studiów: I

Specjalności: Aparatura i Instalacje Przemysłowe, Budowa i Badania Pojazdów Samochodowych, Mechanika Konstrukcji i Materiałów, Silniki Spalinowe, Urządzenia Chłodnicze i Klimatyzacyjne

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Podstawy i zastosowania inżynierskie MES - M3
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Basics and engineering FEM applications
KOD PRZEDMIOTU	M406
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty podstawowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	3.00
SEMESTRY	5

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

SEMESTR	WYKŁAD	ĆWICZENIA	LABORATORIUM	LABORATORIUM KOMPUTERO- WE	PROJEKT	SEMINARIUM
5	15	0	0	30	0	0

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Student poznaje ogólne zasady MES na przykładzie konstrukcji belkowo-ramowych oraz obiektów cienkościennych i bryłowych. Zapoznaje się z określaniem pól deformacji, odkształceń oraz naprężeń w poszczególnych punktach konstrukcji, z uwzględnieniem oszacowania błędu rozwiązania.

**Cel 2** Student zapoznaje się z działaniem i obsługą systemu MES na przykładzie pakietu ANSYS w wersji dialogowej oraz wsadowej. Student potrafi zbudować model geometryczny i dla niego wygenerować poprawny model MES i wprowadzić odpowiednie warunki brzegowe i obciążenia.

#### 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).

#### 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

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

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

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

**EK4 Umiejętności** Student potrafi napisać prosty plik wsadowy do komercyjnego systemu MES (np. ANSYS).

#### 6 TREŚCI PROGRAMOWE

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>W1</b>	Przykłady zjawisk modelowanych komputerowo. Definicja i przykłady funkcji próbnych (kształtu). Błędy numerycznego modelowania rzeczywistych obiektów w MES. Algebra wektorów i macierzy stosowana w MES. Definicja stopni swobody elementu skończonego. Agregacja elementów w metodzie przemieszczeń. Warunki brzegowe w zadaniach MES	2
<b>W2</b>	Całkowita energia potencjalna rozciąganego pręta. Obliczenie macierzy sztywności rozciąganego pręta metodą klasyczną i metodą wariacyjną Ritz'a. Agregacja elementów w metodzie klasycznej.	2
<b>W3</b>	Funkcje kształtu elementu zginanej belki. Wyrażenie krzywizny belki przez funkcje kształtu elementu $N_i(x)$ . Sposób obliczania macierzy sztywności elementu zginanej belki. Współrzędne lokalne i globalne elementu belkowego. Zasady zastosowania elementów prętowo-belkowych w obliczeniach przestrzennych konstrukcji ramowych metodą ES. Wprowadzanie warunków brzegowych.	2

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>W4</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 MES elementów trójkątnych i czworokątnych (płaski stan naprężenia). Wyrażenie przemieszczeń, odkształceń i naprężeń przez funkcje kształtu $N_i(x,y)$ 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>W5</b>	Płyty i powłoki, siły wewnętrzne i stopnie swobody. Wyrażenie krzywizny powłoki przez funkcje kształtu elementu $N_i(x, y)$ . Powłokowe elementy skończone niższego i wyższego rzędu. Warunki brzegowe, przykłady zastosowań.	2
<b>W6</b>	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.	2
<b>W7</b>	Oszacowanie błędów obliczeń MES. Estymator Zienkiewicza-Zhu i jego pochodne. Zbieżność rozwiązań MES. Adaptacja siatki i stopnia aproksymacji metody. Podstawowa struktura i przegląd dużych systemów komercyjnych MES.	2

LABORATORIUM KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>K1</b>	Wprowadzenie do systemu MES ANSYS. Tryb dialogowy i wsadowy na przykładzie analizy płaskiej tarczy.	3
<b>K2</b>	Globalne i lokalne układy współrzędnych. Tworzenie płaskich modeli w trybie "z dołu do góry" oraz "z góry na dół" na przykładzie płaskich i osiowo-symetrycznych modeli MES. Przykłady logicznych operacji Boole'a dla obiektów płaskich.	4
<b>K3</b>	Modelowanie płyt i powłok przez wyciąganie powierzchni z wzorca lub za pomocą generacji bezpośredniej. Budowa i analiza przykładowych zadań testowych.	5
<b>K4</b>	Modelowanie bryłowe, definicja płaszczyzny roboczej, prymitywy graficzne. Algebra Boole'a dla brył: dodawanie, odejmowanie, część wspólna, nakładanie, sklejanie.	5
<b>K5</b>	Zagadnienia analizy sprężysto-plastycznej konstrukcji inżynierskich, na przykładzie analizy zginanych belek i rozciąganych tarcz.	3
<b>K6</b>	Proste zagadnienia modelowania stateczności konstrukcji, drgania własne i analiza harmoniczna.	4
<b>K7</b>	Program Workbench - prezentacja, obsługa, możliwości programu. Moduły Design Modeler oraz Simulation. Modelowanie zagadnień kontaktu.	6

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Prezentacje multimedialne

N3 Ćwiczenia projektowe

N4 Dyskusja

N5 Konsultacje

N6 Praca w grupach

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
<b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>	
Godziny wynikające z planu studiów	45
Konsultacje przedmiotowe	10
Egzaminy i zaliczenia w sesji	10
<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	5
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	10
<b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>	<b>90</b>
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	3.00

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

F1 Kolokwium

F2 Odpowiedź ustna

F3 Ćwiczenie praktyczne

### 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 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	Student posiada podstawowa wiedzę w zakresie podstaw teoretycznych 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 droga 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 SZCZEGÓLOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	K1_W06, K1_W09, K1_W20	Cel 1	K1 K2 K3 K4 K5 K6 K7	N1 N2 N3 N4 N5 N6	F1 F2 P1
EK2	K1_W06, K1_W09, K1_W20	Cel 1	K1 K2 K3 K4 K5 K6 K7	N1 N2 N3 N4 N5 N6	F1 F2 P1
EK3	K1_UP03, K1_UP05, K1_UP09, K1_UB12	Cel 2		N1 N2 N3 N4 N5 N6	F2 F3 P1
EK4	K1_UP03, K1_UP05, K1_UP09, K1_UB12	Cel 2		N1 N2 N3 N4 N5 N6	F2 F3 P1

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

[1 ] Łączek 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 ] **Cichoń Cz., Cecot W., Krok J., Pluciński P.** — *Metody komputerowe w liniowej mechanice konstrukcji*, Kraków, 2002, Wyd.PK
- [3 ] **Łodygowski T., Kąkol W.** — *Metoda elementów skończonych w wybranych zagadnieniach mechaniki konstrukcji*, Poznań, 2003, Alma Mater PP
- [4 ] **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 hab. inż. Henryk Sanecki (kontakt: hsa@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

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

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