

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2012/2013

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, Budowa Środków Transportu Szynowego, 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 |
| W1 | 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 |
| W2 | Całkowita energia potencjalna rozciąganego pręta. Obliczenie macierzy sztywności rozciąganego pręta metodą klasyczną i metodą wariacyjną Ritza. Agregacja elementów w metodzie klasycznej. | 2 |
| W3 | 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 |
| W4 | 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 |
| W5 | 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 |
| W6 | 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 |
| W7 | 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 |
| K1 | Wprowadzenie do systemu MES ANSYS. Tryb dialogowy i wsadowy na przykładzie analizy płaskiej tarczy. | 3 |
| K2 | 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 |
| K3 | Modelowanie płyt i powłok przez wyciąganie powierzchni z wzorca lub za pomocą generacji bezpośredniej. Budowa i analiza przykładowych zadań testowych. | 5 |
| K4 | Modelowanie bryłowe, definicja płaszczyzny roboczej, prymitywy graficzne. Algebra Boole'a dla brył: dodawanie, odejmowanie, część wspólna, nakładanie, sklejanie. | 5 |
| K5 | Zagadnienia analizy sprężysto-plastycznej konstrukcji inżynierskich, na przykładzie analizy zginanych belek i rozciąganych tarcz. | 3 |
| K6 | Proste zagadnienia modelowania stateczności konstrukcji, drgania własne i analiza harmoniczna. | 4 |
| K7 | 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 |
|--|---|
| Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym: | |
| Godziny wynikające z planu studiów | 0 |
| Konsultacje przedmiotowe | 10 |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji | 10 |
| Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym: | |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury | 10 |
| Opracowanie wyników | 5 |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji | 10 |
| SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA | 45 |
| 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: boszyb@mech.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)

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