

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2018/2019

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Mechanika i Budowa Maszyn

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: M

Stopień studiów: I

Specjalności: Aparatura i Instalacje Przemysłowe

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                                                                                                     |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Podstawy i zastosowania inżynierskie MES - M1/Introduction to engineering application of the FEM M1 |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Introduction to engineering application of the FEM M1                                               |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WM MIBM oIS C9 18/19                                                                                |
| 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            | 30                               | 0       | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** wprowadzenie do współczesnych metod analizy wytrzymałościowej, sztywnościowej i statecznościowej konstrukcji inżynierskich; zapoznanie się z komercyjnym pakietem obliczeniowym dla konstrukcji inżynierskich

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

1 zaliczone przedmioty: Mechanika ogólna, Wytrzymałość materiałów

2 znajomość podstawowych operacji na macierzach i wektorach

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** znajomość podstawowych pojęć metody elementów skończonych; rozumienie problemu doboru typu elementu

**EK2 Wiedza** rozumienie procesu agregacji elementów w strukturę

**EK3 Wiedza** rozumienie problemu transformacji między układami lokalnymi i globalnym, sposobu wyznaczania stopni swobody, sił węzłowych, odkształceń, naprężeń

**EK4 Umiejętności** zastosowanie praktyczne pakietu ANSYS do modelowania i analizy wytrzymałościowej prostych konstrukcji prętowych i powierzchniowych

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                                                              |                  |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                       | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Motywacja do stosowania współczesnych metod obliczeniowych. Modelowanie rzeczywistych konstrukcji                                                                                                                                            | 2                |
| <b>W2</b> | Wprowadzenie do MES na przykładzie kratownicy; element: stopnie swobody, macierze geometryczne, sił, sztywności; struktura: agregacja, macierze globalne, podstawowy układ równań MES, wprowadzenie warunków brzegowych, wyznaczanie reakcji | 2                |
| <b>W3</b> | rozszerzenie na przypadek konstrukcji belkowych (zginanie), pojęcie funkcji kształtu na przykładzie elementu belkowego; transformacja do układu globalnego i powrotna do układów lokalnych                                                   | 2                |
| <b>W4</b> | przykład elementu płaskiego trójkątnego o stałym odkształceniu; omówienie elementów wyższych rzędów powierzchniowych i przestrzennych; pojęcie punktów całkowania Gaussa; dyskretyzacja warunków brzegowych i obciążeń                       | 2                |
| <b>W5</b> | estymatory dokładności rozwiązania mes; ogólny schemat algorytmu mes; przemieszczeniowe stopnie swobody; podział zadań między projektantem i systemem komputerowym                                                                           | 2                |
| <b>W6</b> | poszerzenie informacji o pracy z programem ANSYS: możliwość definiowania materiałów o własnościach zależnych od temperatury oraz materiałów sprężysto-plastycznych; select logic w zastosowaniu praktycznym                                  | 2                |
| <b>W7</b> | układy współrzędnych w modelowaniu i analizie; zastosowanie pakietu do analizy probabilistycznej oraz zadania optymalizacji                                                                                                                  | 2                |

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                  |                  |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                           | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W8</b> | poszerzenie informacji o pracy z programem ANSYS: wskazanie dalszych zagadnień obliczeniowych realizowanych w pakiecie mes; dyskusja o rozumieniu i zaufaniu do wyników obliczeń | 1                |

| LABORATORIUM KOMPUTEROWE |                                                                                                                                                                                                                                                              |                  |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP                       | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                       | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>K1</b>                | Wprowadzenie do praktycznych obliczeń. Wstępne zapoznanie się z systemem ANSYS                                                                                                                                                                               | 2                |
| <b>K2</b>                | Budowa prostego modelu belkowego 'pod dyktando'. Pojęcia obiektów definiujących strukturę (punkt bazowy, linia, powierzchnia), wybór elementu z biblioteki, wprowadzanie własności geometrycznych i materiałowych. Nakładanie więzów i przykładanie obciążeń | 2                |
| <b>K3</b>                | Przegląd i analiza wyników po rozwiązaniu. Wykresy deformacji, sił wewnętrznych, naprężeń dla prostej belki                                                                                                                                                  | 2                |
| <b>K4</b>                | analiza przestrzennego układu ramowego na bazie umiejętności nabytych w ćwiczeniu z belką; tekstowy zapis modelu konstrukcji w APDL                                                                                                                          | 2                |
| <b>K5</b>                | Przykładowa analiza modelu w płaskim stanie naprężenia. Uwagi o operacjach na modelu (dodawanie i odejmowanie powierzchni). Określanie i testowanie gęstości siatki i zbieżności rozwiązania                                                                 | 4                |
| <b>K6</b>                | wprowadzenie do zaawansowanego modelowania konstrukcji belkowych: beam tool, meshtool, atrybuty, orientacja przekroju, obciążenia ciągłe i masowe                                                                                                            | 2                |
| <b>K7</b>                | Samodzielne rozwiązanie przykładowego zadania dla konstrukcji ramowej o wielu przekrojach belek i wielu zastosowanych materiałach                                                                                                                            | 4                |
| <b>K8</b>                | wprowadzenie do liniowej analizy stateczności i analiza stateczności konstrukcji prętowej                                                                                                                                                                    | 4                |
| <b>K9</b>                | wprowadzenie do pakietu optymalizacji                                                                                                                                                                                                                        | 2                |
| <b>K10</b>               | praktyczne zastosowanie pakietu optymalizacji do wyznaczania wymiarów przekrojów konstrukcji belkowych                                                                                                                                                       | 4                |
| <b>K11</b>               | kolokwium zaliczeniowe - samodzielne wykonanie modelowania i obliczeń                                                                                                                                                                                        | 2                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Wykłady

**N2** Ćwiczenia laboratoryjne

**N3** Prezentacje multimedialne

## 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                                                               | 45                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 6                                                       |
| 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                               | 35                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 0                                                       |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 0                                                       |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>90</b>                                               |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 2.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

**F1** Ćwiczenie praktyczne

**F2** Kolokwium z wykładu

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

**P1** Średnia ważona ocen formujących:  $0.3 \cdot \text{wykład} + 0.7 \cdot \text{laboratorium komputerowe}$

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

**W1** obecność na wykładach (min. 66%) i laboratorium + pozytywne oceny formujące

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                                                                                                                                                         |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | —                                                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 3.0        | umiejętność wyjaśnienia pojęć: element skończony, stopnie swobody, macierze elementowe, podstawowy układ mes, dyskretyzacja konstrukcji, warunków brzegowych i obciążeń |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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        | wyjaśnienie reguł agregacji elementów w strukturę oraz procesu budowy globalnej macierzy sztywności                                                                                                                                  |
| 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        | wyjaśnienie konieczności transformacji macierzy i wektorów między układami lokalnymi i układem globalnym; wyjaśnienie w jaki sposób wyznacza się reakcje więzów w mes; wyjaśnienie jak wyliczane są odkształcenia i naprężenia w mes |
| 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        | samodzielne wykonanie przynajmniej jednego z dwóch zadań modelowania i obliczeń prostej konstrukcji                                                                                                                                  |
| 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_W02<br>K1_W09<br>K1_W20<br>K1_UB08<br>K1_UB09<br>K1_UO04<br>K1_UP01<br>K1_UP02<br>K1_UP05<br>K1_UP08<br>K1_UP09<br>K1_K03 | Cel 1           | W2 W3 K1 K2<br>K3 K4 K5                | N1 N3                 | F2            |
| EK2               | K1_W01<br>K1_W02<br>K1_W09<br>K1_W20<br>K1_UB08<br>K1_UB09<br>K1_UO04<br>K1_UP01<br>K1_UP02<br>K1_UP05<br>K1_UP08<br>K1_UP09<br>K1_K02 | Cel 1           | W1 W2 W3 W4<br>W5 W6 W7 W8<br>K2 K3 K4 | N1 N3                 | F2            |
| EK3               | K1_W01<br>K1_W02<br>K1_W09<br>K1_W20<br>K1_UB08<br>K1_UB09<br>K1_UO04<br>K1_UP01<br>K1_UP02<br>K1_UP05<br>K1_UP08<br>K1_UP09<br>K1_K02 | Cel 1           | W3 W4 W5 W6<br>W7 W8 K3 K4<br>K5 K6    | N1 N3                 | F2            |

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU                                                         | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE                                        | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------|-----------------------|---------------|
| EK4               | K1_W01<br>K1_W02<br>K1_W09<br>K1_W20<br>K1_UB08<br>K1_UB09<br>K1_UO04<br>K1_UP01<br>K1_UP02<br>K1_UP05<br>K1_UP08<br>K1_UP09<br>K1_K02 | Cel 1           | W1 W2 W3 W4<br>W5 W6 W7 W8<br>K1 K2 K3 K4<br>K5 K6 K7 K8 | N2 N3                 | F1            |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | J. Bielski — *Wprowadzenie do inżynierskich zastosowań metody elementów skończonych*, Kraków, 2010, Wydawnictwo PK
- [2] | S. Łaczek — *Wprowadzenie do systemu elementów skończonych ANSYS*, Kraków, 1999, Wydawnictwo PK
- [3] | S. Łaczek — *Modelowanie i analiza konstrukcji w systemie MES ANSYS v.11*, Kraków, 2011, Wydawnictwo PK

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | O.C. Zienkiewicz — *Metoda elementów skończonych*, Warszawa, 1972, Arkady
- [2] | R. Bąk, T. Burczyński — *Wytrzymałość materiałów z elementami ujęcia komputerowego*, Warszawa, 2001, WNT
- [3] | T. Zagrajek, G. Krzesiński, P. Marek — *Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji; ćwiczenia z zastosowaniem systemu ANSYS*, Warszawa, 2005, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej
- [4] | J. Bielski — *Inżynierskie zastosowania systemu MES*, Kraków, 2013, Wydawnictwo PK

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. inż., prof. PK Jan, Jerzy Bielski (kontakt: jan.bielski@pk.edu.pl)

**OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT**

- 1 dr hab. inż. Jan Bielski (kontakt: Jan.Bielski@pk.edu.pl)
- 2 dr Katarzyna Tajs-Zielińska (kontakt: Katarzyna.Tajs-Zielinska@pk.edu.pl)
- 3 mgr inż. Justyna Miodowska (kontakt: Justyna.Miodowska@pk.edu.pl)
- 4 dr inż. Szymon Hernik (kontakt: Szymon.Hernik@pk.edu.pl)

**13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI**

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

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

.....

.....

.....

.....