

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2020/2021

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Automatyka i Robotyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: A

Stopień studiów: I

Specjalności: Technologie informacyjne w systemach produkcyjnych

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                      |
|-----------------------------------------|----------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Wprowadzenie do MES  |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM |                      |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WM AIR oIS A14 20/21 |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty ogólne    |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 2.00                 |
| SEMESTRY                                | 4                    |

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

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA | LABORATORIUM | LABORATORIUM<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKT | SEMINARIUM |
|---------|--------|-----------|--------------|----------------------------------|---------|------------|
| 4       | 15     | 0         | 0            | 0                                | 15      | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** wprowadzenie do współczesnych metod analizy wytrzymałościowej, sztywnościowej i statecznościowej konstrukcji inżynierskich

**Cel 2** zapoznanie się z komercyjnym pakietem obliczeniowym dla konstrukcji inżynierskich

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

- 1 wiedza z mechaniki ogólnej oraz wytrzymałości 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

| PROJEKT |                                                                                                                                                                                                                                             |                  |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP      | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                      | LICZBA<br>GODZIN |
| P1      | Wprowadzenie do praktycznych obliczeń. Wstępne zapoznanie się z systemem ANSYS; omówienie sposobu realizacji projektu za pomocą pakietu; konfiguracja programu.                                                                             | 2                |
| P2      | Budowa prostego modelu belkowego; pojęcia obiektów definiujących strukturę (punkt bazowy, linia, powierzchnia), wybór elementu z biblioteki, wprowadzanie własności geometrycznych i materiałowych; generacja siatki elementów skończonych. | 2                |
| P3      | Nakładanie więzów i przykładanie obciążeń; przegląd i analiza wyników po rozwiązaniu; wykresy deformacji, sił wewnętrznych, naprężeń dla prostej belki.                                                                                     | 2                |
| P4      | Analiza przestrzennego układu ramowego na bazie umiejętności nabytych w ćwiczeniu z belką; tekstowy zapis modelu konstrukcji w APDL.                                                                                                        | 2                |
| P5      | Przykładowa analiza modelu w płaskim stanie naprężenia; operacje na modelu (dodawanie i odejmowanie powierzchni); określanie i testowanie gęstości siatki i zbieżności rozwiązania.                                                         | 3                |
| P6      | Wprowadzenie do wbudowanego pakietu optymalizacji; zastosowanie do zadania doboru przekrojów belek.                                                                                                                                         | 2                |
| P7      | Kolokwium zaliczeniowe - samodzielne wykonanie modelowania i obliczeń.                                                                                                                                                                      | 2                |

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                                                                            |                  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                     | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Motywacja do stosowania współczesnych metod obliczeniowych. Model vs. rzeczywisty obiekt (konstrukcja).                                                                                                                                                    | 2                |
| <b>W2</b> | Wprowadzenie do mes na przykładzie kratownicy; element, stopnie swobody, macierze: geometryczna, sił, sztywności; struktura: agregacja, macierze w układzie globalnym, 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 wektorów i macierzy elementowych 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 Gaussa całkowania numerycznego; 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 w analizie mes.                                                                         | 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> | Różne układy współrzędnych w modelowaniu i analizie; zastosowanie pakietu do analizy probabilistycznej oraz do zadania optymalizacji.                                                                                                                      | 2                |
| <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                |

## 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                                                               | 30                                                      |
| 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                               | 20                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 0                                                       |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 0                                                       |
| <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** projekt praktyczny

**F2** kolokwium z wykładu

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

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

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

**W1** obecność na zajęciach wg. Regulaminu + pozytywne oceny formujące

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                          |
|---------------------|--------------------------|
| NA OCENĘ 3.0        | 60% wymagań na ocenę 5.0 |
| NA OCENĘ 3.5        | 70% wymagań na ocenę 5.0 |
| NA OCENĘ 4.0        | 80% wymagań na ocenę 5.0 |
| NA OCENĘ 4.5        | 90% wymagań na ocenę 5.0 |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 5.0        | umiejętność wyjaśnienia pojęć: element skończony, stopnie swobody, macierze elementowe, podstawowy układ mes, dyskretyzacja konstrukcji, warunków brzegowych i obciążeń                                                                                          |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| NA OCENĘ 3.0        | 60% wymagań na ocenę 5.0                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 3.5        | 70% wymagań na ocenę 5.0                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 4.0        | 80% wymagań na ocenę 5.0                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 4.5        | 90% wymagań na ocenę 5.0                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 5.0        | wyjaśnienie reguł agregacji elementów w strukturę oraz procesu budowy globalnej macierzy sztywności; interpretacja osobliwości macierzy sztywności                                                                                                               |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| NA OCENĘ 3.0        | 60% wymagań na ocenę 5.0                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 3.5        | 70% wymagań na ocenę 5.0                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 4.0        | 80% wymagań na ocenę 5.0                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 4.5        | 90% wymagań na ocenę 5.0                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 5.0        | wyjaśnienie konieczności transformacji (i transformacji powrotnej) 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 |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| NA OCENĘ 3.0        | 60% wymagań na ocenę 5.0                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 3.5        | 70% wymagań na ocenę 5.0                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 4.0        | 80% wymagań na ocenę 5.0                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 4.5        | 90% wymagań na ocenę 5.0                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 5.0        | samodzielne wykonanie przynajmniej jednego z dwóch zadań modelowania i obliczeń prostej konstrukcji: poprawność danych, odczytanie i wyjaśnienie otrzymanych wyników                                                                                             |

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE                         | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------|-----------------------|---------------|
| EK1               |                                                                                | Cel 1           | P1 P2 P3 P4 P5<br>P6 P7 W1 W2<br>W3 W4 W5 | N1 N2 N3              | F2 P1         |
| EK2               |                                                                                | Cel 1           | W1 W2 W3 W4<br>W5                         | N1 N2 N3              | F2 P1         |
| EK3               |                                                                                | Cel 1           | P1 P2 P3 P4 P5<br>P6 P7 W2 W3<br>W4       | N1 N2 N3              | F2 P1         |
| EK4               |                                                                                | Cel 1           | P1 P2 P3 P4 P5<br>P6 P7 W6 W7<br>W8       | N1 N2 N3              | F1 P1         |

## 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*, Kraków, 2011, Wydawnictwo PK

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | **O.C. Zienkiewicz** — *Metoda elementów skończonych*, Warszawa, 1972, Arkady
- [2] | **R. Bąk, T. Burczynski** — *Wytrzymałość materiałów z elementami ujęcia komputerowego*, Warszawa, 2001, WNT
- [3] | **T. Zagrajek, G. Krześciński, 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](mailto:jan.bielski@pk.edu.pl))

**OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT**

**1** dr Katarzyna Tajs-Zielińska (kontakt: Katarzyna.Tajs-Zielinska@pk.edu.pl)

**2** dr inż. Szymon Hernik (kontakt: Szymon.Hernik@pk.edu.pl)

**3** mgr inż. Justyna Miodowska (kontakt: Justyna.Miodowska@pk.edu.pl)

**4** dr inż. Adam Stawiarski (kontakt: Adam.Stawiarski@pk.edu.pl)

**13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI**

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

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

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