

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2022/2023

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Mechanika i Budowa Maszyn

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: M

Stopień studiów: I

Specjalności: Mechanika Konstrukcji i Materiałów, Urządzenia Chłodnicze i Klimatyzacyjne, Komputerowo wspomagane projektowanie inżynierskie, Aparatura przemysłowa

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|   |                          |
|---|--------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Zastosowania systemu MES |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM |                          |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WM MIBM oIS B39 22/23    |
| 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         | 15           | 0                                | 0       | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Nabycie wiedzy i umiejętności w zakresie posługiwania się wybranym systemem MES wraz z umiejętnością importu wirtualnej geometrii wykonanej w innych programach w celu wykonania symulacji MES.

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

- 1 Znajomość podstaw mechaniki, wytrzymałości materiałów, inżynierii materiałowej oraz podstaw konstrukcji maszyn. Znajomość podstaw Metody Elementów Skończonych.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Student zna i rozumie inżynierskie metody obliczeniowe oraz zagadnienia z podstaw Metody Elementów Skończonych (MES) niezbędne do rozwiązywania problemów inżynierskich dotyczących złożonych stanów obciążenia, wytrzymałości układów prętowych oraz obciążania płyt i powłok.

**EK2 Wiedza** Student zna i rozumie podstawowe właściwości fizyczne i mechaniczne materiałów inżynierskich, pozwalające na właściwy dobór materiałów w projektowaniu maszyn i urządzeń.

**EK3 Umiejętności** Student potrafi sformułować zadanie obliczeniowe na poziomie inżynierskim oraz wykorzystać program symulacji komputerowej do rozwiązywania zagadnień w zakresie inżynierii mechanicznej oraz prawidłowo zinterpretować wyniki uzyskane na drodze symulacji komputerowej.

**EK4 Umiejętności** Student potrafi w stopniu podstawowym zastosować komercyjne oprogramowanie do symulacji MES w obliczeniach inżynierskich z zakresu problemów inżynierii mechanicznej.

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| LABORATORIUM |  |                  |
|--------------|--|------------------|
| LP           | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH   | LICZBA<br>GODZIN |
| L1           | Tryb dialogowy i wsadowy w systemie ANSYS analiza płaskiej tarczy z otworami lub podcięciami, stan naprężenia, ocena spiętrzenia naprężeń, estymacja błędu rozwiązania, modyfikacje siatki elementów | 2                |
| L2           | Globalne/lokalne układy współrzędnych. Tworzenie płaskich modeli w trybach bottom-top; top-bottom na wybranych przykładach   | 2                |
| L3           | Zagadnienia płyt i powłok, tworzenie modeli poprzez wyciąganie z wzorca lub generację bezpośrednią. Rozwiązanie zadania testowego  | 3                |
| L4           | Modelowanie obiektów 3D, definicja płaszczyzny roboczej, operacje Boolea dla brył.   | 2                |
| L5           | Wybrane zagadnienia analizy nieliniowej na przykładach zginanych belek, tarcz, powłok  | 2                |
| L6           | Modelowanie zagadnień kontaktowych.  | 2                |
| L7           | Zagadnienia przepływu ciepła - modelowanie.  | 2                |

| WYKŁAD |  |                  |
|--------|--|------------------|
| LP     | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA<br>GODZIN |

| WYKŁAD    |   |                  |
|-----------|---|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH  | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Płaski stan naprężenia i odkształcenia, przykłady konstrukcji. Zapis przemieszczeń, odkształceń i naprężeń w formie wektorowej i macierzowej. Funkcje kształtu elementów trójkątnych i czworokątnych w płaskim stanie naprężenia. Wyrażanie przemieszczeń, odkształceń i naprężeń poprzez funkcje kształtu oraz stopnie swobody elementu. Zastępcze siły węzłowe w płaskim elemencie. Całkowita energia potencjalna płaskiego elementu. Definicja macierzy sztywności płaskiego elementu. | 3                |
| <b>W2</b> | Dwuwymiarowe elementy skończone, płyty i powłoki, stopnie swobody, siły wewnętrzne. Funkcje kształtu $N_i(x,y)$ dla elementów dwuwymiarowych. Powłokowo/płytkowe elementy skończone niższego i wyższego rzędu. Warunki brzegowe, przykłady zastosowań.  | 4                |
| <b>W3</b> | Zagadnienia CAD, import geometrii wykonanej w zewnętrznych programach CAD.  | 2                |
| <b>W4</b> | Przestrzenny stan naprężenia. Funkcje kształtu dla czworo- i sześciokątnych elementów skończonych. Elementy skończone do analizy problemów osiowo-symetrycznych. Sformułowanie warunków brzegowych. Analiza zagadnień sprężysto-plastycznych, elementy skończone dla materiałów kompozytowych.  | 4                |
| <b>W5</b> | Elementy skończone w analizie termicznej, estymacja błędów rozwiązań numerycznych, adaptacja typu h- lub p-   | 2                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Wykłady

**N2** Ćwiczenia laboratoryjne

**N3** Prezentacje multimedialne

**N4** 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   | 30  |
| Konsultacje przedmiotowe   | 8   |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji  | 2   |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |   |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 6   |
| Opracowanie wyników  | 7   |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji   | 7   |
| <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** Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**F2** Odpowiedź ustna

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

**P1** Średnia ważona ocen formujących

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |   |
|---------------------|---|
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie spełnia wymagań odpowiadających ocenie dostatecznej (3.0)   |
| NA OCENĘ 3.0        | Student musi poprawnie wykonać obliczenia numeryczne z zastosowaniem systemu MES oraz opracować sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych dotyczących złożonych stanów obciążenia, wytrzymałości układów prętowych oraz obciążania płyt i powłok. Student musi zrealizować 55% zadań obliczeniowych dla każdego z ćwiczeń laboratoryjnych. |

|                     |   |
|---------------------|---|
| NA OCENĘ 3.5        | Student musi poprawnie wykonać obliczenia numeryczne z zastosowaniem systemu MES oraz opracować sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych dotyczących złożonych stanów obciążenia, wytrzymałości układów prętowych oraz obciążania płyt i powłok. Student musi zrealizować 65% zadań obliczeniowych dla każdego z ćwiczeń laboratoryjnych. |
| NA OCENĘ 4.0        | Student musi poprawnie wykonać obliczenia numeryczne z zastosowaniem systemu MES oraz opracować sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych dotyczących złożonych stanów obciążenia, wytrzymałości układów prętowych oraz obciążania płyt i powłok. Student musi zrealizować 75% zadań obliczeniowych dla każdego z ćwiczeń laboratoryjnych. |
| NA OCENĘ 4.5        | Student musi poprawnie wykonać obliczenia numeryczne z zastosowaniem systemu MES oraz opracować sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych dotyczących złożonych stanów obciążenia, wytrzymałości układów prętowych oraz obciążania płyt i powłok. Student musi zrealizować 85% zadań obliczeniowych dla każdego z ćwiczeń laboratoryjnych. |
| NA OCENĘ 5.0        | Student musi poprawnie wykonać obliczenia numeryczne z zastosowaniem systemu MES oraz opracować sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych dotyczących złożonych stanów obciążenia, wytrzymałości układów prętowych oraz obciążania płyt i powłok. Student musi zrealizować 90% zadań obliczeniowych dla każdego z ćwiczeń laboratoryjnych. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |   |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie spełnia wymagań odpowiadających ocenie dostatecznej (3.0)   |
| NA OCENĘ 3.0        | Dla danego problemu z zakresu inżynierii mechanicznej, student musi prawidłowo dobrać materiały z uwagi na ich właściwości fizyczne i mechaniczne dla 55% zadań obliczeniowych w każdym z ćwiczeń laboratoryjnych.  |
| NA OCENĘ 3.5        | Dla danego problemu z zakresu inżynierii mechanicznej, student musi prawidłowo dobrać materiały z uwagi na ich właściwości fizyczne i mechaniczne dla 65% zadań obliczeniowych w każdym z ćwiczeń laboratoryjnych.  |
| NA OCENĘ 4.0        | Dla danego problemu z zakresu inżynierii mechanicznej, student musi prawidłowo dobrać materiały z uwagi na ich właściwości fizyczne i mechaniczne dla 75% zadań obliczeniowych w każdym z ćwiczeń laboratoryjnych.  |
| NA OCENĘ 4.5        | Dla danego problemu z zakresu inżynierii mechanicznej, student musi prawidłowo dobrać materiały z uwagi na ich właściwości fizyczne i mechaniczne dla 85% zadań obliczeniowych w każdym z ćwiczeń laboratoryjnych.  |
| NA OCENĘ 5.0        | Dla danego problemu z zakresu inżynierii mechanicznej, student musi prawidłowo dobrać materiały z uwagi na ich właściwości fizyczne i mechaniczne dla 90% zadań obliczeniowych w każdym z ćwiczeń laboratoryjnych.  |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |   |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie spełnia wymagań odpowiadających ocenie dostatecznej (3.0)   |
| NA OCENĘ 3.0        | Student musi prawidłowo sformułować zadania obliczeniowe w systemie MES oraz poprawnie zinterpretować wyniki analiz numerycznych dla 55% zadań obliczeniowych w każdym z ćwiczeń laboratoryjnych  |

|                     |  |
|---------------------|--|
| NA OCENĘ 3.5        | Student musi prawidłowo sformułować zadania obliczeniowe w systemie MES oraz poprawnie zinterpretować wyniki analiz numerycznych dla 65% zadań obliczeniowych w każdym z ćwiczeń laboratoryjnych           |
| NA OCENĘ 4.0        | Student musi prawidłowo sformułować zadania obliczeniowe w systemie MES oraz poprawnie zinterpretować wyniki analiz numerycznych dla 75% zadań obliczeniowych w każdym z ćwiczeń laboratoryjnych           |
| NA OCENĘ 4.5        | Student musi prawidłowo sformułować zadania obliczeniowe w systemie MES oraz poprawnie zinterpretować wyniki analiz numerycznych dla 85% zadań obliczeniowych w każdym z ćwiczeń laboratoryjnych           |
| NA OCENĘ 5.0        | Student musi prawidłowo sformułować zadania obliczeniowe w systemie MES oraz poprawnie zinterpretować wyniki analiz numerycznych dla 90% zadań obliczeniowych w każdym z ćwiczeń laboratoryjnych           |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |  |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie spełnia wymagań odpowiadających ocenie dostatecznej (3.0)  |
| NA OCENĘ 3.0        | Student musi prawidłowo wykorzystać program symulacji komputerowej do implementacji sformułowanego problemu obliczeniowego w systemie MES dla 55% zadań obliczeniowych w każdym z ćwiczeń laboratoryjnych. |
| NA OCENĘ 3.5        | Student musi prawidłowo wykorzystać program symulacji komputerowej do implementacji sformułowanego problemu obliczeniowego w systemie MES dla 65% zadań obliczeniowych w każdym z ćwiczeń laboratoryjnych. |
| NA OCENĘ 4.0        | Student musi prawidłowo wykorzystać program symulacji komputerowej do implementacji sformułowanego problemu obliczeniowego w systemie MES dla 75% zadań obliczeniowych w każdym z ćwiczeń laboratoryjnych. |
| NA OCENĘ 4.5        | Student musi prawidłowo wykorzystać program symulacji komputerowej do implementacji sformułowanego problemu obliczeniowego w systemie MES dla 85% zadań obliczeniowych w każdym z ćwiczeń laboratoryjnych. |
| NA OCENĘ 5.0        | Student musi prawidłowo wykorzystać program symulacji komputerowej do implementacji sformułowanego problemu obliczeniowego w systemie MES dla 90% zadań obliczeniowych w każdym z ćwiczeń laboratoryjnych. |

## 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           | L1 L2 L3 L4 L5<br>L6 L7 W1 W2<br>W3 W4 W5 | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 P1      |
| EK2               |  | Cel 1           | L1 L2 L3 L4 L5<br>L6 L7 W1 W2<br>W3 W4 W5 | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 P1      |
| EK3               |  | Cel 1           | L1 L2 L3 L4 L5<br>L6 L7                   | N2 N3 N4              | F1 F2 P1      |
| EK4               |  | Cel 1           | L1 L2 L3 L4 L5<br>L6 L7                   | N2 N3 N4              | F1 F2 P1      |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | **G.Krzesinski, T.Zagrajek, P.Marek, P.Borkowski** — *MES w mechanice konstrukcji i materiałów*, Warszawa, 2015, Oficyna Wydawnicza PW
- [2] | **J.Bielski** — *Wprowadzenie do inżynierskich zastosowań MES*, Kraków, 2010, Wyd. PK
- [3] | **S.Łaczek** — *Modelowanie i analiza konstrukcji w systemie MES ANSYS v.11*, Kraków, 2011, Wyd. PK

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | **S.Moaveni** — *Finite Element Analysis, Theory and Applications with ANSYS*, Londyn, 2011, Pearson Education

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr inż. Filip Lisowski (kontakt: [filip.lisowski@pk.edu.pl](mailto:filip.lisowski@pk.edu.pl))

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

- 1 dr hab. inż. prof. PK Marek Barski (kontakt: [marek.barski@pk.edu.pl](mailto:marek.barski@pk.edu.pl))
- 2 dr hab. inż. prof. PK Bogdan Szybiński (kontakt: [bogdan.szybinski@pk.edu.pl](mailto:bogdan.szybinski@pk.edu.pl))
- 3 dr inż. Filip Lisowski (kontakt: [filip.lisowski@pk.edu.pl](mailto:filip.lisowski@pk.edu.pl))
- 4 dr inż. Paweł Romanowicz (kontakt: [pawel.romanowicz@pk.edu.pl](mailto:pawel.romanowicz@pk.edu.pl))
- 5 dr inż. Adam Stawiarski (kontakt: [adam.stawiarski@pk.edu.pl](mailto:adam.stawiarski@pk.edu.pl))

6 dr inż. Wojciech Szteleblak (kontakt: wojciech.szteleblak@pk.edu.pl)

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

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