



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Systemy MES [S1ETI2>SMES]

### Przedmiot

Kierunek studiów

Edukacja techniczno-informatyczna

Rok/Semestr

3/6

Studia w zakresie (specjalność)

–

Profil studiów

ogólnoakademicki

Poziom studiów

pierwszego stopnia

Język oferowanego przedmiotu

polski

Forma studiów

stacjonarne

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

15

Laboratorium

15

Inne

0

Ćwiczenia

0

Projekty/seminaria

15

### Liczba punktów ECTS

3,00

### Koordynatorzy

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Student rozpoczynający kurs powinien mieć wiedzę z zakresu matematyki, wytrzymałości materiałów, podstaw konstrukcji maszyn, grafiki inżynierskiej oraz materiałoznawstwa. Powinien umieć rozwiązywać proste zadania z zakresu wytrzymałości materiałów, rozumieć ogólne zasady projektowania konstrukcji, umieć modelować zjawiska fizyczne oraz proste elementy maszyn. Powinien sprawnie posługiwać się oprogramowaniem do trójwymiarowego modelowania brył. Powinien wiedzieć jak znaleźć i jak skorzystać z odpowiednich norm i katalogów dotyczących materiałów konstrukcyjnych i części maszyn.

### Cel przedmiotu

Zapoznanie z zasadami działania i możliwościami współczesnych systemów komputerowych pozwalających przeprowadzać obliczenia numeryczne metodą elementów skończonych. Nauka właściwego użycia metody elementów skończonych w celu poprawnego i efektywnego rozwiązywania złożonych problemów inżynierskich. Omówienie podstawowych typów analiz numerycznych.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

1. Ma podstawową wiedzę z zakresu działania systemów MES oraz ich obsługi (zna metody numeryczne
2. Ma wiedzę dotyczącą numerycznego modelowania elementów konstrukcyjnych i prostych złożów tych elementów (zna zasady grafiki inżynierskiej i rysunku technicznego, ma wiedzę z zakresu procedur

optymalizacyjnych w projektowaniu konstrukcji maszyn oraz ich praktycznych zastosowań inżynierskich

3. Zna zasady przygotowywania modeli numerycznych elementów konstrukcyjnych poprzez upraszczanie ich rzeczywistych odpowiedników (ma wiedzę z zakresu procedur optymalizacyjnych w projektowaniu konstrukcji maszyn oraz ich praktycznych zastosowań inżynierskich).

4. Ma wiedzę pozwalającą dobrać typ analizy numerycznej oraz właściwości modelu numerycznego do zadanego problemu inżynierskiego (zna metody numeryczne, ma podstawową wiedzę w zakresie mechaniki technicznej, wytrzymałości materiałów i ogólnych zasad konstrukcji inżynierskich oraz technologii wytwarzania i obróbki materiałów inżynierskich).

Umiejętności:

1. Potrafi przeprowadzić numeryczne obliczenia wytrzymałościowe elementów maszyn obejmujące proste przypadki obciążeń (umie wykonać obliczenia wytrzymałościowe elementów konstrukcji inżynierskich, potrafi wybrać narzędzia analityczne bądź numeryczne do rozwiązywania problemów technicznych, potrafi zaprojektować i przeprowadzić symulacje numeryczne zjawisk fizycznych i procesów technicznych z wykorzystaniem standardowego oprogramowania).
2. Potrafi przygotować poprawny i efektywny model numeryczny elementów konstrukcyjnych i części maszyn (umie wykonać obliczenia wytrzymałościowe elementów konstrukcji inżynierskich, potrafi wybrać narzędzia analityczne bądź numeryczne do rozwiązywania problemów technicznych).
3. Potrafi interpretować wyniki analiz numerycznych i wyciągać z nich wnioski pozwalające podjąć decyzję projektową (potrafi ocenić wyniki analizy numerycznej oraz korzystać z programów komputerowych wspomagających proces projektowania, np. CAD. )
4. Potrafi przygotować poprawny i zrozumiały raport z badań numerycznych i przedstawić go w środowisku zawodowym przy użyciu nowoczesnych technik informatycznych (potrafi posługiwać się oprogramowaniem umożliwiającym graficzną prezentację i analizę wyników eksperymentalnych).

Kompetencje społeczne:

1. Rozumie znaczenie systemów komputerowych oraz najnowszych osiągnięć techniki w pracy inżyniera (rozumie potrzebę ciągłego dokształcania się w celu podnoszenia kompetencji zawodowych i społecznych oraz potrzebę myślenia i działania w sposób przedsiębiorczy i innowacyjny).
2. Rozumie konieczność współpracy wielu ekspertów z różnych dziedzin w czasie realizacji projektu konstrukcyjnego (potrafi pracować nad wyznaczonym zadaniem samodzielnie oraz współpracować w zespole przyjmując w nim różne role, wykazuje się w tej pracy profesjonalizmem i odpowiedzialnością za podejmowane decyzje).
3. Ma świadomość wpływu pracy konstruktora na kształtowanie przestrzeni publicznej i środowiska (ma świadomość ważności działalności inżynierskiej i jej pozatechnicznych aspektów, w tym wpływu na środowisko oraz rozumie konieczność przekazywania informacji związanych z techniką i informatyką w sposób powszechnie zrozumiały).

## Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

WYKŁAD:

- egzamin trwający ok. 60 min. wymagający znajomości podstawowych pojęć, wykonania prostych obliczeń i uzupełnienia rysunków; studenci otrzymują z wyprzedzeniem listę zagadnień obejmujących materiał wymaganych na egzaminie; próg zaliczenia ok. 60%

LABORATORIUM:

- kolokwium trwające ok. 90 min. obejmujące materiał przedstawiony studentom na laboratoriach; próg zaliczenia ok. 60%

PROJEKT:

- sprawozdania kończące każde z realizowanych ćwiczeń,
- samodzielne wykonanie projektów wykorzystując poznane typy badań numerycznych

## Treści programowe

WYKŁAD

Wprowadzenie do MES, omówienie elementów skończonych, przygotowanie modelu MES, przygotowanie siatki elementów skończonych

Omówienie podstawowych typów analiz

Przykłady analiz wybranych elementów konstrukcyjnych; modelowanie wybranych elementów części maszyn

Zagadnienia kontaktowe

Prezentowanie wyników analizy MES - przygotowanie raportu

LABORATORIUM

Użycie metody elementów skończonych do rozwiązywania praktycznych problemów inżynierskich; nauka właściwego modelowania podparcia i obciążenia oraz wybór właściwego elementu skończonego.

PROJEKT

Użycie metody elementów skończonych do rozwiązywania zagadnień projektowych.

## Tematyka zajęć

Wprowadzenie: omówienie metod analizy konstrukcji; przedstawienie idei metody elementów skończonych (MES); MES w procesie projektowym; zastosowanie MES

Omówienie elementów skończonych: charakterystyka elementu skończonego; klasyfikacja elementów

Przygotowanie modelu MES: przejście od konstrukcji rzeczywistej do modelu dyskretnego; analiza warunków podparcia i obciążenia; sposoby upraszczania modelu; błędy w analizie MES

Przygotowanie siatki elementów skończonych: wybór elementu; gęstość siatki - analiza zbieżności rozwiązania; analiza jakości siatki; poprawa jakości siatki

Omówienie podstawowych typów analiz: analiza naprężeń i odkształceń (rozdzielenie między analizą liniową i nieliniową; źródła nieliniowości); analiza stateczności (wyznaczanie obciążeń krytycznych i postaci wyboczenia, analiza pokrywająca - ścieżka równowagi); analiza modalna (wyznaczanie częstotliwości drgań własnych i odpowiadających im postaci drgań); analiza termiczna (przepływ ciepła) Przykłady analiz wybranych elementów konstrukcyjnych; modelowanie wybranych elementów części maszyn

Zagadnienia kontaktowe: kontakt własny; połączenia klejone

Prezentowanie wyników analizy MES - przygotowanie raportu

LABORATORIUM

Zagadnienia poruszane na zajęciach: wyznaczanie naprężeń i przemieszczeń w belce wspornikowej, króćcu i zbiorniku cienkościennym; analiza stateczności w spawanej konstrukcji kratowej; wyznaczanie naprężeń w płycie wywołanych zmianą temperatury; optymalizacja rozkładu naprężeń w stemple pras. PROJEKT

Użycie metody elementów skończonych do rozwiązywania zagadnień projektowych, takich jak: zbieżność MES dla konstrukcji z karbem, wytrzymałość belki w oparciu o uproszczenia geometryczne, połączenia sworzniowe, wytrzymałość i stateczność słupa regałowego, zagadnienie Lamé'go, utrata stateczności spawanej belki dwuteowej

## Metody dydaktyczne

Wykład:

- wykład z prezentacją multimedialną zawierającą rysunki i zdjęcia wspierające treści prezentowane na tablicy; prezentacja działania systemu MES w czasie rzeczywistym
- zastosowanie przedstawianych podstaw teoretycznych do rozwiązywania prostych przykładów z praktyki inżynierskiej
- podczas wykładu inicjowana jest dyskusja ze studentami

Laboratorium i Projekt:

- przykłady zadań inżynierskich rozwiązywane przy komputerach z użyciem systemu MES
- dyskusja ze studentami na temat rozwiązywanych zadań i otrzymywanych wyników

## Literatura

Podstawowa:

1. Rakowski G., Kacprzyk Z. Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2005.
2. Kurowski P.M. Finite element analysis for design engineers (2nd ed.), SAE International, Warrendale, Pa., 2017.
3. Steele J.M. Applied finite element modeling, Marcel Dekker, Inc. New York, 1989.

Uzupełniająca:

1. Łodygowski T., Kąkol W., Metoda elementów skończonych w wybranych zagadnieniach mechaniki konstrukcji inżynierskich. WPP, Poznań, 1991
2. Bathe K.J. Finite element procedures, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1996.
3. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., Zhu J.Z. The finite element method: its basics and fundamentals, Elsevier

Butterworth-Heinemann, New York, 2005.

4. Singiresu S., The finite element method in engineering , Elsevier Butterworth-Heinemann, New York, 2014.

#### Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

|                                                                                                                                                      | Godzin | ECTS |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|
| Łączny nakład pracy                                                                                                                                  | 75     | 3,00 |
| Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem                                                                                            | 47     | 2,00 |
| Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu) | 28     | 1,00 |