**Nazwa przedmiotu:**

Metoda elementów skończonych (IK, DS)

**Koordynator przedmiotu:**

Artur Zbiciak, dr hab. inż. prof. PW

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Budownictwo

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1080-BUIKM-MZP-0304

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

2

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

wykład 8; ćwiczenia 16; przygotowanie do ćwiczeń 10; zapoznanie z literaturą 10; przygotowanie projektów 10; przygotowanie do sprawdzianu i obecność na sprawdzianie 5. RAZEM 59 godz. = 2 ECTS

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

wykład 8; ćwiczenia 16. RAZEM 24 godz. = 1 ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

obecność na ćwiczeniach 16; przygotowanie do ćwiczeń 10; przygotowanie projektów 10. RAZEM 36 godz. = 1,5 ECTS

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 8h |
| Ćwiczenia: | 16h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 0h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Podstawowe wiadomości z mechaniki, matematyki i metod numerycznych z kursu inżynierskiego.

**Limit liczby studentów:**

-

**Cel przedmiotu:**

Rozumienie podstaw teoretycznych MES, pozwalające na świadome korzystanie z komercyjnego oprogramowania. Umiejętność stosowania MES do analizy stanów naprężeń, odkształceń i przemieszczeń w nawierzchniach drogowo-lotniskowych i kolejowych.

**Treści kształcenia:**

Rys historyczny MES. Syntetyczna analiza porównawcza wybranych metod komputerowej analizy konstrukcji (MES, MEB, MRS). Krótkie przypomnienie techniki MES w odniesieniu do konstrukcji prętowych z kursu inżynierskiego. Analiza elementu skończonego belki na podłożu Winklera jako prostego modelu układu tor-podtorze kolejowe. Równania zagadnienia brzegowego w zapisie macierzowym. Przemieszczeniowa wersja MES. Wybrane elementy skończone w zagadnieniach płaskich i przestrzennych. Analiza modelu wielowarstwowej nawierzchni drogowo-lotniskowej jako obrotowo-symetrycznej konstrukcji dyskretyzowanej elementami pierścieniowymi. Elementy skończone płyt cienkich i płyt o średniej grubości. Model nawierzchni sztywnej w postaci płyty opartej na sprężystym podłożu. Zastosowanie MES w zagadnieniach dynamiki konstrukcji drogowych i kolejowych. Wybrane algorytmu numerycznego całkowania równań ruchu (metoda Newmarka i MRC). Modelowanie obciążeń ruchomych na konstrukcjach. Metoda elementów skończonych w zagadnieniach termicznych – problem rozkładu temperatury w nawierzchni drogowej. MES w zagadnieniach nieliniowych (informacyjnie). Sprężysto-plastyczne modele ośrodka gruntowego. Przykłady złożonych analiz: zagadnienie stateczności nasypu drogowo-kolejowego oraz symulacja pełzania nawierzchni asfaltowej. Nauka obsługi systemów MES na przykładzie programów ANSYS i ABAQUS.

**Metody oceny:**

• Dwa projekty i jeden sprawdzian,
• Ocenianie ciągłe (obecność, aktywność).

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

[1] Gomuliński A., Witkowski M.: Mechanika budowli. Kurs dla zaawansowanych. OWPW, Warszawa 1993;
[2] Kleiber M. [red.]: Komputerowe metody mechaniki ciał stałych. Mechanika techniczna t. XI, PWN, Warszawa 1995;
[3] Piłat J., Radziszewski P.: Nawierzchnie asfaltowe. Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa 2003;
[4] Rakowski G., Kacprzyk Z.: Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji. OWPW, wyd. II popr., Warszawa 2005;
[5] Szydło A.: Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego. Teoria, wymiarowanie, realizacja. Polski Cement, 2004;
[6] Yoder E.J., Witczak M.W.: Principles of Pavement Design. 2nd Ed., Wiley, 1975;
[7] Zienkiewicz O.C., Taylor R.L.: The Finite Element Method. Fifth edition. Butterworth-Heinemann, Oxford 2000;
[8] Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych, IBDiM, GDDP, Warszawa 1997;
[9] Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych, IBDiM, GDDP, Warszawa 2001;
[10] Katalog wzmocnień i remontów nawierzchni podatnych i półsztywnych, IBDiM, GDDP, Warszawa 2001.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt W1:**

Zna różnice pomiędzy mocnym i słabym sformułowaniem w mechanice. Zna zasady formułowania i weryfikacji podstawowych elementów skończonych. Ma wiedzę w zakresie metod całkowania równań ruchu w MES.

Weryfikacja:

sprawdzian.

**Powiązane efekty kierunkowe:** K2\_W04

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_W04, T2A\_W07

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt U1:**

Potrafi zbudować i zweryfikować modele MES nawierzchni drogowych i kolejowych.

Weryfikacja:

wykonanie prac projektowych.

**Powiązane efekty kierunkowe:** K2\_U03

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U08, T2A\_U11

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt K1:**

Potrafi przedstawić sformułowania i rozwiązania zagadnień w postaci raportów z wykonanych prac projektowych.

Weryfikacja:

Przedstawienie do oceny prac projektowych.

**Powiązane efekty kierunkowe:** K2\_K01

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_K03, T2A\_K04