

# **METODY KOMPUTEROWE W PROJEKTOWANIU DROG I MOSTÓW**

Kod przedmiotu: **11.9-WILŚ- BUD- MKDM- DB02**

Typ przedmiotu: obowiązkowy

Wymagania wstępne: Znajomość podstaw metod komputerowych, podstaw mostownictwa; statyki, stateczności i dynamiki konstrukcji, wytrzymałości materiałów.

Język nauczania: polski

Odpowiedzialny za przedmiot: Dr hab. inż. Adam Wysokowski, prof. UZ  
Dr hab. inż. Mieczysław Kuczma, prof. UZ

Prowadzący: Dr hab. inż. Mieczysław Kuczma, prof. UZ  
Dr inż. Krzysztof Kula  
Dr inż. Krystyna Urbańska  
Mgr inż. Artur Juszczyk

Forma zajęć	Liczba godzin w semestrze	Liczba godzin w tygodniu	Semestr	Forma zaliczenia	Punkty ECTS	
<b>Studia stacjonarne</b>						
Wykład	30	2	I	zaliczenie na ocenę	4	
Ćwiczenia						
Laboratorium	30	2		zaliczenie na ocenę		
Seminarium						
Warsztaty						
Projekt						
<b>Studia niestacjonarne</b>						
Wykład	10	1	I	zaliczenie na ocenę		
Ćwiczenia						
Laboratorium	20	2		zaliczenie na ocenę		
Seminarium						
Warsztaty						
Projekt						

## ZAKRES TEMATYCZNY PRZEDMIOTU:

### Wykład

*Ekstremum funkcjonatu energii i równanie pracy wirtualnej dla problemów mechaniki. Własności aproksymacyjne metody elementów skończonych (MES) dla sformułowań słabych zagadnień brzegowych mechaniki – błąd aproksymacji, zagadnienie zbieżności i metody adaptacyjne MES. Analiza numeryczna płyt oraz płyt na podłożu za pomocą MES. Dostosowane oraz niedostosowane elementy skończone dla płyt. Numeryczne metody bezpośrednie i iteracyjne dla problemów własnych dotyczących zagadnień wybożenia i dynamiki konstrukcji. Zagadnienia z więzami nierównościowymi. Jednostronny kontakt płyt z podłożem. MES dla konstrukcji ciągnowych. Linearyzacja problemów geometrycznie nieliniowych. Metoda Newtona-Raphsona. Metoda różnic skończonych. Numeryczne metody całkowania równań ruchu. Stabilność warunkowa i bezwarunkowa metod całkowania w czasie. Wprowadzenie do metody elementów brzegowych. Kolokwium zaliczeniowe.*

### Laboratorium

*Elementy modelu obliczeniowego konstrukcji mostowej. Modele geometrii konstrukcji. Przykłady wyników realizacji obliczeń MES. Szkolenie w zakresie realizacji obliczeń w systemie Robot Millenium*

*Projekt nr 1. Weryfikacja rozdziału obciążeń metody F. Leonhardta. Omówienie zakresu tematu i podstawy obliczeń. Przygotowanie modelu mostu w postaci rusztu płaskiego. Realizacja obliczeń.*

*Funkcje wpływu sił wewnętrznych w konstrukcjach mostowych. Klasyfikacja, obciążenia zastępcze wymuszeń kinematycznych, przykłady. Przykłady numeryczne powierzchni wpływu sił wewnętrznych w realizacjach MES.*

*Projekt nr 2. Tworzenie powierzchni wpływu sił wewnętrznych w mostach płytowych o złożonej geometrii w planie. Omówienie zakresu tematu i podstawy obliczeń. Tworzenie siatki elementów prętowych na zadanym obrysie konstrukcji. Obliczanie wymuszeń kinematycznych, realizacja obliczeń. Tworzenie wykresów powierzchni wpływu dla zadanych sił i przekrojów elementów obiektu.*

*Projekt nr 3. Program sprężenia want w moście o schemacie podwieszonym, służący do tworzenia zadanego układu sił wewnętrznych w pomoście. Omówienie zakresu tematu i podstawy obliczeń. Zastosowanie macierzy wpływu do tworzenia zadanego układu sił wewnętrznych i przemieszczeń w konstrukcjach mostowych. Tworzenie siatki elementów prętowych o zadanym schemacie kładki wantowej. Algorytm regulacji sił naciągu want. Tworzenie wykresów sił wewnętrznych w elementach obiektu. Zaliczenia projektów.*

## EFEKTY KSZTAŁCENIA:

*Umiejętności i kompetencje w zakresie: rozumienia i stosowania zasad aproksymacji i modelowania MES układów o dowolnej geometrii dla zaawansowanych zagadnień mechaniki konstrukcji; rozumienia i stosowania metod komputerowych współcześnie wykorzystywanych w praktyce inżynierskiej; obsługi zaawansowanego systemu obliczeń komputerowych MES **Robot**.*

## WARUNKI ZALICZENIA:

*Wykład* - warunkiem zaliczenia jest uzyskanie zaliczenia z kolokwium.

*Laboratorium* - warunkiem zaliczenia jest uzyskanie pozytywnych ocen z projektów cząstkowych oraz z sprawdzianu.

## LITERATURA PODSTAWOWA:

1. Kmita J., Bień J., Machelski Cz.: *Komputerowe wspomaganie projektowania mostów*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1983
2. Machelski Cz.: *Obliczanie mostów z betonowych belek prefabrykowanych*. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2006.
3. Szmelter J., *Metody komputerowe w mechanice*. PWN, Warszawa 1980.

4. Zienkiewicz O.C., *Metoda elementów skończonych*. Arkady, Warszawa 1972.
5. *Mechanika budowli: ujęcie komputerowe*, t. 2 (R. Ciesielski et al.), t. 3. (A. Borkowski et al.), Arkady, Warszawa 1992, 1995
6. G. Rakowski, Z. Kacprzyk, *Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji*. Politechnika Warszawska, Warszawa 2005.
7. T. Łodygowski, W. Kąkol, *Metoda elementów skończonych*. Politechnika Poznańska, Poznań 1994.
8. Rajche J., Pryputniewicz S., Bryś G., *Projektowanie wspomagane komputerem. Cz. II: Metoda elementów skończonych*. WSIInż., Zielona Góra 1991.
9. Dahlquist G., Björck A., *Numerical Methods in Scientific Computing*, vol. I, SIAM, Philadelphia 2008.  
Robot Millenium. Podręcznik Użytkownika.

**LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

10. J.R. Piechna, *Programowanie w języku Fortran 90 i 95*. Politechnika Warszawska, Warszawa 2000.
11. Kleiber M. (red.), *Komputerowe metody mechaniki ciał stałych*, PWN, Warszawa 1995.
12. J.T. Oden, G. F. Carey, *Finite Elements: Special Problems in Solid Mechanics*. The Texas Finite Element Series, vol. V. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 1984.
13. E. Stein (eds.), *Adaptive Finite Elements in Linear and Nonlinear Solid and Structural Mechanics*. Springer, Wien 2005.
14. P. Wriggers, *Nichtlineare Finite-Element-Methoden*. Springer, Berlin 2001.