

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: **Metoda elementów skończonych**

Nazwa w języku angielskim: **Finite Element Method**

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): **Mechanika i Budowa Maszyn**

Poziom i forma studiów: **I stopień, stacjonarne**

Rodzaj przedmiotu: **obowiązkowy**

Kod przedmiotu: **MMM031030 (MMM031330)**

Grupa kursów: **nie**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15			30	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	30			60	
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę			Zaliczenie na ocenę	
Grupa kursów					
Liczba punktów ECTS	1			2	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)				2	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	0.6			0.7	

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Podstawy wytrzymałości materiałów, analizy wytrzymałościowej układów prętowych, tarczowych i płytowych. Znajomość rodzajów materiałów inżynierskich.
2. Algebra macierzy.
3. Znajomość podstawowych narzędzi CAD. Umiejętność przeprowadzenia analizy wytrzymałościowej metodami klasycznymi w zakresie sprężystym dla elementarnych elementów konstrukcyjnych.

CELE PRZEDMIOTU

- C1. Nabycie wiedzy w zakresie podstaw teorii metody elementów skończonych.
C2. Nabycie umiejętności zbudowania odpowiedniego modelu do obliczeń MES.
C3. Umiejętność modelowania i prowadzenia symulacji komputerowych stanu wyężenia ustrojów nośnych z wykorzystaniem nowoczesnych metod obliczeniowych.

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

I. Z zakresu wiedzy:

PEK_W01 - Zna podstawy teorii metody elementów skończonych

PEK_W02 - Zna zasady budowy modeli numerycznych (geometrycznych i dyskretnych) elementarnych konstrukcji do obliczeń MES

PEK_W03 - Posiada podstawową wiedzę o możliwościach zastosowania metody elementów skończonych w obliczeniach inżynierskich

II. Z zakresu umiejętności:

PEK_U01 - Posiada umiejętność posługiwania się systemami komputerowymi do prowadzenia obliczeń numerycznych z wykorzystaniem MES.

PEK_U02 - Potrafi zastosować odpowiedni rodzaj modelu geometrycznego i dyskretnego do rozwiązania określonego zadania teorii sprężystości

PEK_U03 - Potrafi przeprowadzić obliczenia MES i wstępną optymalizację konstrukcji nośnej w zakresie statyki, drgań własnych i stateczności sprężystej

III. Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK_K01 - Nabywa umiejętności ponoszenia odpowiedzialności za wykonaną pracę

PEK_K02 - Myśleć i działać w sposób kreatywny

PEK_K03 - Nabywa umiejętność pracy zespołowej

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – Wykład		Liczba godzin
Wy1	Rozwój metod numerycznych w teorii równań konstytutywnych	1
Wy2	Wprowadzenie i założenia metody elementów skończonych	1
Wy3	Funkcje aproksymacyjne, rodzaje elementów skończonych (klasyfikacje), warunki zbieżności	2
Wy4	Budowa macierzy sztywności podstawowych elementów skończonych (tarczowych, płytowych, belkowych i objętościowych)	2
Wy5	Charakterystyka podstawowych elementów skończonych 1D, 2D i 3D przedstawienie podstawowych zależności	4
Wy6	Budowa modeli materiałów stosowanych w modelach dyskretnych	1
Wy7	Metodyka budowania modeli do obliczeń MES	1

Wy8	Analizy numeryczne przeprowadzane MES w zakresie statyki, dynamiki i obciążeń cieplnych	3
		Suma: 15
Forma zajęć – Projekt		Liczba godzin
Proj1	Omówienie programu zajęć laboratoryjnych. Wprowadzenie do środowiska programu obliczeniowego.	2
Proj2	Zasady budowania modelu fizycznego, idealizacja układu, uproszczenia stosowane w modelach fizycznych	3
Proj3	Dyskretyzacja modeli bryłowych, analiza czynników (rodzaj elementu skończonego, gęstość dyskretyzacji) wpływających na dokładność obliczeń	4
Proj4	Projektowanie i modelowanie cienkościennych konstrukcji belkowych i powłokowych	4
Proj5	Warunki brzegowe: zasady dobierania stopni swobody i różne sposoby modelowania obciążeń.	2
Proj6	Zasady budowania modelu ustroju nośnego o złożonej strukturze (ramowo-powłokowe, powłokowo-bryłowe)	4
Proj7	Zasady modelowania i projektowania węzłów konstrukcyjnych oraz sposoby przenoszenia obciążeń zewnętrznych.	3
Proj8	Metody analizy wyników, kryteria wyłączenia	2
Proj9	Analizy drgań własnych, stateczności sprężystej (wyboczenia) konstrukcji cienkościennych oraz analiza termiczna elementu konstrukcyjnego	3
Proj10	Samodzielne modelowanie wybranego węzła lub konstrukcji nośnej	3
		Suma: 30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. praca własna - przygotowanie do projektu
- N2. ćwiczenia problemowe
- N3. prezentacja projektu
- N4. samodzielne studia i przygotowanie do kolokwium

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (Wykład)

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03	kolokwium
P = F1		

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (Projekt)		
Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03 PEK_K01-PEK_K03	ocena części obliczeniowej projektu
P = F1		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<p><u>LITERATURA PODSTAWOWA</u> Rusiński E., Metoda elementów skończonych. System COSMOS/M, WKiŁ Warszawa 1994 Rusinski E., Czmochoowski J., Smolnicki T.: Zaawansowana metoda elementów skończonych w konstrukcjach nośnych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000 Zienkiewicz O.C.: Metoda elementów skończonych, Arkady 1972</p> <p><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA</u> Rusiński E.: Zasady projektowania konstrukcji nośnych pojazdów samochodowych. Oficyna Wyd. PWr Wrocław 2002 Rakowski G., Kacprzyk Z.: Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005 Szmelter J., Dacko M., Dobrociński S., Wieczorek M.: Metoda elementów skończonych w statyce konstrukcji, Arkady 1979 Gawroński W., Kruszewski J., Ostachowicz W., Tarnowski K., Wittbrodt E.: Metoda elementów skończonych w dynamice konstrukcji, Arkady, Warszawa 1984 Waszczyszyn Z., Cichoń Cz., Radwańska M.: Metoda elementów skończonych w stateczności konstrukcji, Arkady, Warszawa 1990 Kleiber M.: Wprowadzenie do metody elementów skończonych, PWN, Warszawa-Poznań 1989</p>

OPIEKUN PRZEDMIOTU
dr inż. Artur Górski tel.: 71 320-28-47 email: artur.gorski@pwr.edu.pl

SUBJECT CARD

Name in Polish: **Metoda elementów skończonych**

Name in English: **Finite Element Method**

Main field of study (if applicable): **Mechanical Engineering and Machine Building**

Level and form of studies: **I level, full-time**

Kind of subject: **obligatory**

Subject code: **MMM031030 (MMM031330)**

Group of courses: **no**

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	15			30	
Number of hours of total student workload (CNPS)	30			60	
Form of crediting	Crediting with grade			Crediting with grade	
Group of courses					
Number of ECTS points	1			2	
including number of ECTS points for practical (P) classes				2	
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	0.6			0.7	

PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES

1. Fundamentals of strength materials. Analysis of beam, plate and shell structures. Fundamentals of engineering materials.
2. Matrix algebra
3. Skills in basic CAD tools. Skills for solving basic engineering elements with use of classical elastic theory.

SUBJECT OBJECTIVES

- C1. Learn the basics of the finite element method theory
- C2. Learn how to prepare proper model for FEM calculations
- C3. Learn to model and perform simulations of the effort of the load carrying structures with use of numerical methods

SUBJECT LEARNING OUTCOMES

I. Relating to knowledge:

PEK_W01 - Have knowledge in the fundamentals of finite element method

PEK_W02 - Have the knowledge to prepare proper geometrical and discrete model to solve FEM task.

PEK_W03 - Is able to use FEM in practical application of calculation of engineering structures. Can formulate and solve problems of the ultimate strength of load carrying structures.

II. Relating to skills:

PEK_U01 - Skills in software for the FEA

PEK_U02 - Have the knowledge to prepare proper geometrical and discrete model to solve the task in the range of elastic deformation.

PEK_U03 - Is able to perform FEA in the field of linear and nonlinear statics, dynamics, vibrations and linear buckling.

III. Relating to social competences:

PEK_K01 - Learn the responsibility for his work.

PEK_K02 - Creative thinking and acting

PEK_K03 - Learn team work due to the necessity of information flow during project realisation

PROGRAM CONTENT

Form of classes – Lecture		Number of hours
Lec1	Development of the numerical methods in the theory of constitutive equations.	1
Lec2	Introduction and basic assumptions of FEM	1
Lec3	Approximation functions, classifications of finite elements, convergence conditions	2
Lec4	Construction of stiffness matrix of the fundamental finite elements (plate, shell, beam, solid)	2
Lec5	Characteristics of the fundamental finite elements 1D, 2D, 3D and presentation of the basic relations	4
Lec6	Definition of the material model used in simulations of static, dynamic problems with use of FEM.	1
Lec7	Methodics of discrete model creation	1
Lec8	Numerical simulations with use of FEM in statics, dynamics and thermal problems	3
		Total hours: 15
Form of classes – Project		Number of hours
Proj1	Introduction. Presentation of the software	2
Proj2	Discrete model creation principles. Assumptions and simplifications of the model	3
Proj3	Solid models discretization. Analysis of the parameters (type of the element, mesh density) and its influence on the results.	4

Proj4	Designing and modeling of the thin walled beam and shell structures	4
Proj5	Boundary conditions: DOF and load applicaiton	2
Proj6	Principles of the creation of the complex models of load carrying structures.	4
Proj7	Principles of design and modeling of structural nodes and the load transfer	3
Proj8	Results analysis. Effort criterion.	2
Proj9	Modal analysis, buckling and thermal load	3
Proj10	Individual modeling of selected structural node	3
		Total hours: 30

TEACHING TOOLS USED		
N1. self study - preparation for project class N2. problem exercises N3. project presentation N4. individual work and preparation to the exam		

EVALUATION OF SUBJECT LEARNING OUTCOMES ACHIEVEMENT (Lecture)		
Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Learning outcomes number	Way of evaluating learning outcomes achievement
F1	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03	exam
P = F1		

EVALUATION OF SUBJECT LEARNING OUTCOMES ACHIEVEMENT (Project)		
Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Learning outcomes number	Way of evaluating learning outcomes achievement
F1	PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03 PEK_K01-PEK_K03	mark on the basis of the simulation project part
P = F1		

PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

PRIMARY LITERATURE

Rusiński E., Metoda elementów skończonych. System COSMOS/M, WKiŁ Warszawa 1994

Rusinski E., Czmochoowski J., Smolnicki T.: Zaawansowana metoda elementów skończonych w konstrukcjach nośnych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000

Zienkiewicz O.C.: Metoda elementów skończonych, Arkady 1972

SECONDARY LITERATURE

Rusiński E.: Zasady projektowania konstrukcji nośnych pojazdów samochodowych. Oficyna Wyd. PWr Wrocław 2002

Rakowski G., Kacprzyk Z.: Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005

Szmelter J., Dacko M., Dobrociński S., Wieczorek M.: Metoda elementów skończonych w statyce konstrukcji, Arkady 1979

Gawroński W., Kruszewski J., Ostachowicz W., Tarnowski K., Wittbrodt E.: Metoda elementów skończonych w dynamice konstrukcji, Arkady, Warszawa 1984

Waszczyszyn Z., Cichoń Cz., Radwańska M.: Metoda elementów skończonych w stateczności konstrukcji, Arkady, Warszawa 1990

Kleiber M.: Wprowadzenie do metody elementów skończonych, PWN, Warszawa-Poznań 1989

SUBJECT SUPERVISOR

dr inż. Artur Górski tel.: 71 320-28-47 email: artur.gorski@pwr.edu.pl