

## KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: **Wirtualne prototypowanie pojazdów i maszyn roboczych**

Nazwa w języku angielskim: **Virtual prototyping of vehicles and working machines**

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

Specjalność (jeśli dotyczy): **Konstrukcja i Eksploatacja Maszyn**

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

Rodzaj przedmiotu: **wybieralny**

Kod przedmiotu: **MMM041133**

Grupa kursów: **nie**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30			15	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60			30	
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę			Zaliczenie na ocenę	
Grupa kursów					
Liczba punktów ECTS	2			1	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)				1	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	1.2			0.7	

### WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Zna zagadnienia związane z wykorzystaniem narzędzi informatycznych CAD/CAM w obszarze projektowania i wytwarzania.
2. Potrafi prowadzić prace projektowo-konstrukcyjne prostych zespołów maszynowych; zna narzędzia metodologiczne oraz algorytmiczne wykorzystywane w projektowaniu; potrafi stosować w praktyce poznane programy komputerowe do wspomagania prac inżynierskich.
3. Potrafi budować modele, rozwiązywać podstawowe zagadnienia z zakresu statyki, dynamiki i obciążeń cieplnych w maszynach, urządzeniach i pojazdach z wykorzystaniem metod elementów skończonych.

## CELE PRZEDMIOTU

- C1. Pozyskanie wiedzy na temat wirtualnego projektowania pojazdów przemysłowych i maszyn roboczych.  
C2. Zdobywanie umiejętności posługiwania się nowoczesnymi metodami i narzędziami do wirtualnego projektowania pojazdów przemysłowych i maszyn roboczych  
C3. Utrwalenie umiejętności pracy w grupie.

## PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

### I. Z zakresu wiedzy:

PEK\_W01 - Ma poszerzoną wiedzę w zakresie optymalnego doboru materiałów inżynierskich w oparciu o właściwości mechaniczne, fizyczne i eksploatacyjne oraz kryteria technologiczne, użytkowe i ekonomiczne.

PEK\_W02 - Ma poszerzoną wiedzę w zakresie współczesnych technik projektowania i konstruowania maszyn i urządzeń; ma wiedzę o najnowszych strategiach projektowania.

PEK\_W03 - Ma szczegółową i ugruntowaną teoretycznie wiedzę na temat projektowania pojazdów przemysłowych i maszyn roboczych.

### II. Z zakresu umiejętności:

PEK\_U01 - potrafi sporządzać zbiory rozwiązań koncepcyjnych układów kinematycznych maszyn i urządzeń, dokonać selekcji; potrafi stosować współczesne strategie i techniki w projektowaniu elementów i zespołów maszyn i pojazdów, w tym wykonać obliczenia statyki i dynamiki w zakresie liniowym i nieliniowym za pomocą narzędzi CAD

PEK\_U02 - potrafi przeprowadzić dobór materiału lub opracować założenia projektowe na podstawie baz danych i założeń dotyczących wymagań eksploatacyjnych elementów lub zespołów konstrukcyjnych maszyn i urządzeń

PEK\_U03 - potrafi pozyskiwać i stosować informacje z literatury, baz danych i innych dostępnych źródeł do działań o charakterze inżynierskim w zakresie projektowania, eksploatacji maszyn oraz technik wytwarzania

### III. Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_K01 - Nabywa dbałości o estetykę wykonywanych prac, w tym projektów i raportów.

PEK\_K02 - Potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego przez siebie lub innych zadania.

PEK\_K03 - Potrafi pracować w grupie, przyjmując w niej różne role.

## TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – Wykład		Liczba godzin
Wy1	Sprawy organizacyjne. Definicje. Rola wirtualnego prototypowania we współczesnej technice. Obszary zastosowań.	2
Wy2	Wirtualne prototypowanie jako połączenie modelowania 3D, symulacji procesu wytwarzania i numeryczne badania własności wytrzymałościowych, funkcjonalnych (kinematycznych, dynamicznych), ergonomicznych (obsługa, serwis).	2
Wy3	Modelowanie bryłowe we współczesnych systemach CAD: możliwości i ograniczenia. Elementy zunifikowane w systemach CAD. Biblioteki elementów znormalizowanych.	2
Wy4	Zarządzanie złożonym projektem w systemach CAD. Praca grupowa w systemach CAD.	2

Wy5	Badania numeryczne (MES, MBS) przy pomocy narzędzi zaimplementowanych w systemach CAD. Możliwości i ograniczenia. Narzędzia obliczeniowe do wspomagania pracy projektanta zintegrowane w systemach CAD. Obliczanie typowych elementów maszyn (np.: wałka).	2
Wy6	Konwersja i adaptacja danych (modeli numerycznych) pomiędzy różnymi systemami CAD/MES/MBS. Formaty standardowe.	2
Wy7	Narzędzia (programy) do badań numerycznych (symulacji) projektowanych obiektów: analizy wytrzymałościowe: statyczne i dynamiczne (MES: Abaqus, Nastran), analizy kinematyki i dynamiki (MBS: Adams, Matlab+Simulink, itd.).	2
Wy8	Analiza wytrzymałościowa: budowa modelu obliczeniowego (import i adaptacja modelu bryłowego do potrzeb analizy metodą elementów skończonych, definicja materiałów i modeli obliczeniowych, wybór rodzaju i wielkości elementów, dyskretyzacja, definicja obciążeń i warunków brzegowych – również ich wariantów).	2
Wy9	Analiza wytrzymałościowa: wybór metody rozwiązania numerycznego, prezentacja wyników obliczeń, ocena ich poprawności, szacowanie błędów, optymalizacja modelu obliczeniowego.	2
Wy10	Analiza wytrzymałościowa: Nieliniowości w modelach obliczeniowych (geometryczne i materiałowe), modele obliczeniowe z zagadnieniami nieliniowymi – sposoby rozwiązywania.	2
Wy11	Analiza kinematyki i dynamiki obiektu jako układu wielomasowego (MBS): Definiowanie parametrów elementów składowych i połączeń między nimi.	2
Wy12	Analiza MBS: Modele i submodele elementów gotowych (np.: koła oponowego), definiowanie interakcji elementów projektowanego obiektu, wzajemnej oraz z otoczeniem (np.: podłożem).	2
Wy13	Analiza MBS: Definiowanie warunków brzegowych. Wybór metody i określenie parametrów symulacji, ich wpływ na poprawność uzyskiwanych wyników.	2
Wy14	Analiza MBS: sposoby prezentacji wyników symulacji (animacje, diagramy, itd.), ocena wyników obliczeń numerycznych, szacowanie błędów i możliwości ich ograniczania. Modelowanie układów hydraulicznych i ich współpraca z układami mechanicznymi	2
Wy15	Wymiana danych (i wyników obliczeń) pomiędzy systemami MBS i MES. Modelowanie i badania numeryczne złożonych obiektów: pojazdów przemysłowych i maszyn roboczych oraz ich układów napędowych i roboczych. Układy hydrauliczne i pneumatyczne tych obiektów w połączeniu z układami mechanicznymi.	2
		Suma: 30
Forma zajęć – Projekt		Liczba godzin
Proj1	Wybór obiektu i opracowanie jego koncepcji. Zdefiniowanie projektowanego obiektu i określenie założeń konstrukcyjnych – funkcje, gabaryty, obciążenia i prędkości ruchów	2
Proj2	Budowa modelu geometrycznego (3D) projektowanego obiektu.	3
Proj3	Modelowanie właściwości masowych, połączeń kinematycznych i podatnych obiektu. Modelowanie układu napędowego obiektu oraz wymuszeń zewnętrznych.	2
Proj4	Badania numeryczne: optymalizacja właściwości dynamicznych obiektu, określenie obciążeń dla obliczeń wytrzymałościowych	2

Proj5	Ocena modelu geometrycznego projektowanego obiektu. Wymagane modyfikacje i uproszczenia modelu geometrycznego. Weryfikacja proponowanych materiałów i dobór ich parametrów niezbędnych do analizy numerycznej (MES).	2
Proj6	Budowa modelu numerycznego (MES) projektowanych podzespołów. Wybór metody analizy numerycznej (MES) z uwagi na ewentualne nieliniowości geometryczne i nieliniowości materiałów Określenie i analiza wymaganych kombinacji obciążeń. Obliczenia numeryczne. Weryfikacja i analiza otrzymanych wyników obliczeń.	2
Proj7	Optymalizacja obiektu z uwzględnieniem przyjętych kryteriów, niezbędne modyfikacje geometrii oraz analiza kinematyczna i dynamiczna zmodyfikowanego obiektu	2
		Suma: 15

#### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. wykład tradycyjny z wykorzystaniem transparencji i slajdów  
N2. prezentacja multimedialna  
N3. praca własna - przygotowanie do projektu  
N4. prezentacja projektu  
N5. konsultacje

#### 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_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_U03, PEK_K01-PEK_K03	zaliczenie projektu
P = F1		

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### LITERATURA PODSTAWOWA

Dudzinski P., Lenksysteme für Nutzfahrzeuge, Springer, 2004

Ahmed A. Shabana, Dynamic of Multibody Systems, Cambridge University Press, 1998

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

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

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

Rusiński E.: Zasady projektowania konstrukcji nośnych pojazdów samochodowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002.

Pieczonka, K., Inżynieria maszyn roboczych. Część I. Podstawy urabiania, jazdy, podnoszenia i obrotu, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2007

Dudczak, A., Koparki: teoria i projektowanie, PWN, 2000

Piatkiewicz, A. , Sobolski R., tytuł: Dzwignice, WNT, 1978

## OPIEKUN PRZEDMIOTU

dr inż. Robert Czabanowski tel.: 71 320-28-37 email: robert.czabanowski@pwr.edu.pl

## SUBJECT CARD

Name in Polish: **Wirtualne prototypowanie pojazdów i maszyn roboczych**

Name in English: **Virtual prototyping of vehicles and working machines**

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

Specialization (if applicable): **Machine Design and Operation**

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

Kind of subject: **optional**

Subject code: **MMM041133**

Group of courses: **no**

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30			15	
Number of hours of total student workload (CNPS)	60			30	
Form of crediting	Crediting with grade			Crediting with grade	
Group of courses					
Number of ECTS points	2			1	
including number of ECTS points for practical (P) classes				1	
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1.2			0.7	

## PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES

1. He knows the issues related to the use of tools of CAD / CAM in the field of design and manufacturing.
2. Be able to work design and construction of simple assemblies; knows the methodological tools and algorithmic used in the design; can be used in the practice known computer programs aided engineering.
3. He can build models, solve the basic issues of static, dynamic and thermal loads in machines, equipment and vehicles, using the finite element method.

## SUBJECT OBJECTIVES

- C1. Acquiring knowledge on the virtual design of industrial vehicles and machines.
- C2. Acquiring the ability to use modern methods and tools for virtual design of industrial vehicles and machines
- C3. Consolidation of ability to work in a group.

## SUBJECT LEARNING OUTCOMES

### I. Relating to knowledge:

PEK\_W01 - It has an extended knowledge in the field of optimal selection of engineering materials based on the mechanical, physical, and operational and technological criteria, utility and economical.

PEK\_W02 - It has an extended knowledge in modern techniques of design and construction of machinery and equipment; He is knowledgeable about the latest strategies of design.

PEK\_W03 - It has a detailed and well-established theoretical knowledge about the design of industrial vehicles and machines.

### II. Relating to skills:

PEK\_U01 - can make collections of conceptual solutions kinematic systems of machines and equipment, to make a selection; is able to use modern strategies and techniques in the design of components and units of machines and vehicles, including, calculate statics and dynamics in the field of linear and non-linear using CAD tools

PEK\_U02 - able to carry out the selection of the material or to develop a conceptual design based on databases and assumptions concerning the operational requirements of elements or groups of designs machinery and equipment

PEK\_U03 - is able to acquire and use information from the literature, databases, and other available sources to the activities of engineering in the design, operation of machines and manufacturing techniques

### III. Relating to social competences:

PEK\_K01 - Acquires care about the aesthetics of the work, including projects and reports.

PEK\_K02 - Can properly determine priorities for implementation specified by yourself or other tasks.

PEK\_K03 - Able to work in a group, taking on different roles.

## PROGRAM CONTENT

Form of classes – Lecture		Number of hours
Lec1	Organizational matters. Definitions. The role of virtual prototyping in today's technology. Areas of application.	2
Lec2	Virtual Prototyping as a combination of 3D modeling, process simulation of manufacturing and numerical study of the properties of strength, functional (kinematic, dynamic), ergonomic (maintenance, service).	2
Lec3	Solid modeling in modern CAD systems: possibilities and limitations. Elements unified in CAD systems. Library of standard parts.	2
Lec4	Managing a complex project in CAD systems. Group work in CAD systems.	2
Lec5	Numerical tests (FEA, MBS) using tools implemented in CAD systems. The possibilities and limitations. Computational tools to support the work of designer integrated into CAD systems. Calculation of typical machine elements (eg .: shaft).	2
Lec6	Conversion and adaptation of data (numerical models) between different CAD / FEA / MBS. Standard formats.	2
Lec7	Tools (programs) to the numerical investigations (simulation) designed objects: strength analysis: static and dynamic (MES: Abaqus, Nastran), analysis of kinematics and dynamics (MBS Adams, Matlab + Simulink, etc.).	2

Lec8	Strength analysis: construction of a computational model (import and adaptation of a solid model to the needs of the finite element analysis, the definition of materials and computational models, the choice of type and size of elements, discretization, the definition of loads and boundary conditions - and their variants).	2
Lec9	Strength analysis: choice of numerical solution methods, presentation of the results of calculation, evaluation of their correctness, estimation errors, optimizing computational model.	2
Lec10	Strength analysis: Nonlinearities in the calculation models (geometric and material), computational models of the nonlinear issues -method of solving.	2
Lec11	Analysis of kinematics and dynamics of the object as a system wielomasowego (MBS): Defining the parameters of components and connections between them.	2
Lec12	Analysis MBS: Models and submodel component products (eg .: wheel tire), defining the interaction of elements of the proposed facility, with each other and with the environment (eg .: the ground).	2
Lec13	Analysis MBS: Defining the boundary conditions. The choice of method and specify simulation parameters and their impact on the correctness of the results.	2
Lec14	Analysis MBS: ways of presenting the results of simulations (animations, diagrams, etc.), evaluation of the results of numerical calculations, estimation errors and their possible limitation. Modeling of hydraulic systems and their cooperation with the mechanical systems	2
Lec15	Exchange of data (and results of calculations) between MBS and MES systems. Modeling and numerical studies of complex objects: industrial vehicles and machines and their drive systems and working. Hydraulic and pneumatic these objects in combination with the mechanics.	2
		Total hours: 30
Form of classes – Project		Number of hours
Proj1	Object selection and development of the concept. Defining the proposed facility and determine the system of construction - features, dimensions, load and speed of movement	2
Proj2	Construction of a geometric model (3D) of the proposed facility.	3
Proj3	Modeling mass properties, connections, kinematic and sensitive subject. Modeling of the drive system facility and extortion external.	2
Proj4	Numerical optimization of dynamic properties of an object, the term burdens for strength calculations	2
Proj5	Rating geometrical model of the proposed facility. Required modifications and simplified geometric model. Verification of the proposed materials and the selection of the parameters necessary for numerical analysis (FEA).	2
Proj6	Construction of numerical model (FEA) designed components. The choice of method of numerical analysis (FEA) due to a possible geometric nonlinearity and material nonlinearity Identify and analyze the required load combinations. Numerical calculations. Verification and analysis of the results of calculations.	2
Proj7	Optimization of the object, taking into account the criteria adopted, the necessary modifications to the geometry and kinematic and dynamic analysis of the modified object	2



	Total hours: 15
--	-----------------

TEACHING TOOLS USED
N1. traditional lecture with the use of transparencies and slides N2. multimedia presentation N3. self study - preparation for project class N4. project presentation N5. tutorials

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_W03	test
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_U03, PEK_K01-PEK_K03	completion of the project
P = F1		

PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE
<u>PRIMARY LITERATURE</u>  <u>SECONDARY LITERATURE</u>

SUBJECT SUPERVISOR

dr inż. Robert Czabanowski tel.: 71 320-28-37 email: robert.czabanowski@pwr.edu.pl