



## IV. Opis programu studiów

### 3. KARTA PRZEDMIOTU

Kod przedmiotu	<b>M#1-S1-MiBM-CAD-607</b>
Nazwa przedmiotu	<b>Modelowanie układów dynamicznych</b>
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	<b>Modelling of dynamic systems</b>
Obowiązuje od roku akademickiego	<b>2020\2021</b>

#### USYTUOWANIE MODUŁU W SYSTEMIE STUDIÓW

Kierunek studiów	<b>MECHANIKA I BUDOWA MASZYN</b>
Poziom kształcenia	<b>I stopień</b>
Profil studiów	<b>ogólnoakademicki</b>
Forma i tryb prowadzenia studiów	<b>studia stacjonarne</b>
Zakres	<b>systemy CAD/CAE</b>
Jednostka prowadząca przedmiot	<b>Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn</b>
Koordinator przedmiotu	<b>Dr hab. Ihor Rokach</b>
Zatwierdził	

#### OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

Przynależność do grupy/bloku przedmiotów	<b>przedmiot specjalnościowy</b>
Status przedmiotu	<b>obowiązkowy</b>
Język prowadzenia zajęć	<b>polski</b>
Usytuowanie modułu w planie studiów - semestr	<b>semestr 6</b>
Wymagania wstępne	<b>Wytrzymałość materiałów, mechanika ogólna, metoda elementów skończonych</b>
Egzamin (TAK/NIE)	<b>TAK</b>
Liczba punktów ECTS	<b>5</b>

Forma prowadzenia zajęć	wykład	ćwiczenia	laboratorium	projekt	seminarium
Liczba godzin w semestrze	<b>30</b>		<b>30</b>		

## EFEKTY UCZENIA SIĘ

Kategoria	Symbol efektu	Efekty kształcenia	Odniesienie do efektów kierunkowych
Wiedza	W01	Zna i rozumie teoretyczne podstawy dynamiki maszyn.	MiBM1_W02
	W02	Zna podstawowe metody modelowania drgań elementów konstrukcji maszyn.	MiBM1_W01, MiBM1_W02
	W03	Zna podstawowe metody modelowania reakcji elementów konstrukcji maszyn na dowolny impuls obciążenia.	MiBM1_W02
Umiejętności	U01	Potrafi przeprowadzić analizę kinematyczną w programie SOLIDWORKS Motion oraz dynamiczną analizę metodą elementów skończonych.	MiBM1_U02 MiBM1_U05
	U02	Potrafi opracować prosty model dynamiczny elementu konstrukcji w programie SimulationX.	MiBM1_U02 MiBM1_U05
Kompetencje społeczne	K01	Ma świadomość pozatechnicznych skutków katastrof technologicznych wynikających z błędów analizy dynamicznej.	MiBM1_K02

## TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć*	Treści programowe
wykład	<p>Dynamiczne układy liniowe; zasada d'Alemberta, Eulera-Lagrange'a.</p> <p>Układu z 1 stopniem swobody (UJSS): równanie własnych drgań. Przykłady wyprowadzania równań drgań własnych dla typowych elementów maszyn. Energetyczna metoda wyznaczania częstotliwości drgań własnych. Masa zastępcza. Relacja pomiędzy ugięciem statycznym a częstotliwością drgań własnych. Drgania wymuszone. Wymuszenie harmoniczne. Zjawisko rezonansu. Drgania wymuszone przy dowolnym obciążeniu. Podstawowe rodzaje obciążeń nieokresowych. Współczynnik dynamiczny. Wpływ tłumienia. Tłumienie krytyczne. Praktyczne metody oszacowania tłumienia. Podstawy wibroizolacji maszyn i urządzeń. Projektowanie fundamentów.</p> <p>Układy z dwoma stopniami swobody: równania ruchu. Macierz mas. Mody (postacie) drgań własnych. Normalizacja modów. Układy z <math>N</math> stopniami swobody. Układy równań drgań własnych dla układów liniowych. Reakcja układu na wymuszenie harmoniczne i obciążenie o dowolnym kształcie. Metoda superpozycji modalnej. Aktywna wibroizolacja maszyn i urządzeń. Metody bilansowania maszyn.</p> <p>Układy z nieskończoną liczbą stopni swobody. Równanie ruchu: pręt, belka. Postaci i częstotliwości drgań własnych dla prętów i belek, wpływ zamocowania. Zagadnienia dynamiczne w ujęciu MES. Dwa rodzaje macierzy mas. Wyznaczanie częstotliwości i postaci drgań własnych. Podstawowe algorytmy używane do rozwiązywania tego typu zagadnień. Całkowanie równań ruchu za pomocą niejawną metody Newmarka. Różne warianty tej metody. Metody jawne (różnic centralnych). Warunkowa stabilność metod jawnych.</p>
laboratorium	<p>Zapoznanie się ze środowiskiem programu <i>SimulationX</i>. Proste modele układów z 1 i 2 stopniami swobody. Badanie zachowania się prostych układów mechanicznych pod wpływem harmonijnego obciążenia i uderzenia. Opracowanie modelu samochodu osobowego za pomocą <i>SimulationX</i>. Opracowanie modelu manipulatora dwuramiennego za pomocą <i>SimulationX</i>. Modelowanie ustalonego trybu pracy wałów w <i>SimulationX</i>.</p> <p>Wyznaczanie częstotliwości drgań własnych: <i>SimulationX</i> i SOLIDWORKS Simulation. Drgania w układach z <math>N</math> stopniami swobody. Wpływ typu modelu MES (belkowy, płaski, 3D) na dokładność wyznaczania częstotliwości drgań własnych. Wpływ naprężeń początkowych na częstotliwości własne. Geometrycznie nieliniowe zagadnienia – drgania łopatkę wirującej turbiny. Wyznaczanie reakcji konstrukcji na dowolne obciążenie MES. Jawne i niejawne metody całkowania równań ruchu. Analiza dynamiczna MES w Simcenter Femap/Nastran.</p>

\*) zostawić tylko realizowane formy zajęć

## METODY WERYFIKACJI EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Symbol efektu	Metody sprawdzania efektów kształcenia (zaznaczyć X)					
	Egzamin ustny	Egzamin pisemny	Kolokwium	Projekt	Sprawozdanie	Inne
W01		X	X			
W02		X	X			
W03		X	X			
U01			X			
U02			X			
K01						X

## FORMA I WARUNKI ZALICZENIA

Forma zajęć*	Forma zaliczenia	Warunki zaliczenia
wykład	egzamin	Uzyskanie co najmniej 50% punktów
laboratorium	zaliczenie z oceną	Uzyskanie co najmniej 50% punktów z kolokwium w trakcie zajęć

\*) zostawić tylko realizowane formy zajęć

## NAKŁAD PRACY STUDENTA

Bilans punktów ECTS							
Lp.	Rodzaj aktywności	Obciążenie studenta					Jednostka
		W	C	L	P	S	
1.	Udział w zajęciach zgodnie z planem studiów	30		30			h
2.	Inne (konsultacje, egzamin)	4		2			h
3.	<b>Razem przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego</b>	<b>66</b>					h
4.	<b>Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego</b>	<b>2,6</b>					ECTS
5.	<b>Liczba godzin samodzielnej pracy studenta</b>	<b>59</b>					h
6.	<b>Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach samodzielnej pracy</b>	<b>2,4</b>					ECTS
7.	<b>Nakład pracy związany z zajęciami o charakterze praktycznym</b>	<b>63</b>					h
8.	<b>Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym</b>	<b>2,5</b>					ECTS
9.	<b>Sumaryczne obciążenie pracą studenta</b>	<b>125</b>					h
10.	<b>Punkty ECTS za moduł</b> <i>1 punkt ECTS=25 godzin obciążenia studenta</i>	<b>5</b>					ECTS

## LITERATURA

1. Cempel, Cz., *Drgania mechaniczne. Wprowadzenie*, wyd. 2, Politechnika Poznańska, 1984.

2. Clough, R.W., Penzien, J., *Dynamics of Structures*, 3rd ed., Computers & Structures, Inc., 2003.
3. Giergiel, J., *Drgania układów mechanicznych*, AGH, skrypt nr 1037, 1986.
4. Dressig, H., Holzweissig, F., *Dynamics of Machinery. Theory and Application*, Springer, 2010.
4. Pfeiffer, F. Clocker, C. *Multibody dynamics with unilateral contacts*, Wiley-VCH Verlag, 2004.
5. Rao, S.S., *Mechanical vibrations*. Cambridge University Press, Addison-Wesley, 1990.
6. Tiller, M., *Introduction to Physical Modeling with Modelica*. Kluwer Academic Publishers, 2001.
7. Timoshenko, S.P., Young, D.H., Weaver, W.Jr, *Vibration problems in engineering*, 4th ed., Wiley, 1974.