Załącznik nr 7
do Zarządzenia Rektora nr 10/12
z dnia 21 lutego 2012r.

KARTA MODUŁU / KARTA PRZEDMIOTU

Kod modułu	
Nazwa modułu	**Dynamika samochodu II**
Nazwa modułu w języku angielskim	**Vehicle Dynamics II**
Obowiązuje od roku akademickiego	**2013/2014**

A. USYTUOWANIE MODUŁU W SYSTEMIE STUDIÓW

Kierunek studiów	**Mechanika i Budowa Maszyn**
Poziom kształcenia	**II stopień** *(I stopień / II stopień)*
Profil studiów	**ogólnoakademicki** *(ogólno akademicki / praktyczny)*
Forma i tryb prowadzenia studiów	**stacjonarne** *(stacjonarne / niestacjonarne)*
Specjalność	**Samochody i Ciągniki**
Jednostka prowadząca moduł	**Katedra Pojazdów Samochodowych i Transportu**
Koordynator modułu	**dr hab. inż. T. L. Stańczyk prof. nadzw.**
Zatwierdził:	

B. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

Przynależność do grupy/bloku przedmiotów	**kierunkowy** *(podstawowy / kierunkowy / inny HES)*
Status modułu	**obowiązkowy** *(obowiązkowy / nieobowiązkowy)*
Język prowadzenia zajęć	**Polski**
Usytuowanie modułu w planie studiów - semestr	**Pierwszy**
Usytuowanie realizacji przedmiotu w roku akademickim	**Letni** *(semestr zimowy / letni)*
Wymagania wstępne	*(kody modułów / nazwy modułów)*
Egzamin	**Tak** *(tak / nie)*
Liczba punktów ECTS	**4**

Forma prowadzenia zajęć	**wykład**	**ćwiczenia**	**laboratorium**	**projekt**	**Inne**
w semestrze	**30**		**15**		

C. EFEKTY KSZTAŁCENIA I METODY SPRAWDZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Cel modułu	Tematyka przedmiotu obejmuje zagadnienia dynamiki pionowej samochodu. Przedstawione są podstawy modelowania samochodu jako układu drgającego. Omówione są elementy składowe modeli, ze szczególnym uwzględnieniem elementów podatnych. Przedstawione są sposoby budowy równań ruchu oraz wybrane zagadnienia analizy drgań w dziedzinie czasu i częstości. Przedstawione są podstawy teorii procesów stochastycznych z wykorzystaniem ich do opisu losowego wymuszenia drgań pochodzącego od nierówności drogi. Sformułowane są kryteria optymalizacji zawieszeń samochodowych.. *(3-4 linijki)*

Symbol efektu	Efekty kształcenia	Forma prowadzenia zajęć *(w/ć/l/p/inne)*	odniesienie do efektów kierunkowych	odniesienie do efektów obszarowych
W_01	Ma uporządkowaną wiedzę na temat podstawowych pojęć i problemów dynamiki pionowej samochodu	Wykład	KS_W01_SiC	T2A_ W03 T2A_W04
W_02	Ma uporządkowaną wiedzę na temat modelowania pojazdu i jego zespołów jako układu drgającego	Wykład, laboratorium	KS_W01_SiC	T2A_ W03 T2A_W04
W_03	Ma uporządkowaną wiedzę na temat elementów składowych modeli, ze szczególnym uwzględnieniem elementów podatnych.	Wykład, laboratorium	KS_W01_SiC	T2A_ W03 T2A_W04
W_04	Ma podstawową wiedzę teoretyczną na temat budowy równań drgań samochodu. Zna Równania Lagrange'a II rodzaju.	Wykład laboratorium	KS_W01_SiC	T2A_ W03 T2A_W04
W_05	Ma podstawową wiedzę teoretyczną na temat wybranych zagadnień klasycznej analizy drgań samochodu (analizy w dziedzinie czasu).	Wykład, laboratorium	KS_W01_SiC	T2A_ W03 T2A_W04
W_06	Ma podstawową wiedzę teoretyczną na temat widmowej analizy drgań samochodu.	Wykład laboratorium	KS_W01_SiC	T2A_ W03 T2A_W04
W_07	Ma podstawową wiedzę teoretyczną w zakresie elementów teorii procesów stochastycznych.	Wykład	KS_W01_SiC	T2A_ W03 T2A_W04
W_08	Ma podstawową wiedzę teoretyczną na temat analizy losowych drgań pojazdu.	Wykład	KS_W01_SiC	T2A_ W03 T2A_W04
W_09	Ma podstawową wiedzę teoretyczną na temat optymalizacji zawieszeń.	Wykład	KS_W01_SiC	T2A_ W03 T2A_W04
U_01	Potrafi wyznaczać charakterystyki elementów podatnych (liniowych i nieliniowych), wykorzystywanych w modelowaniu dynamiki samochodu	Laboratorium	KS_U03_SiC	T2A_U08 InzA_U01
U_02	Potrafi stosować metodę operatorową do wyznaczania charakterystyk liniowych elementów podatnych.	Laboratorium	KS_U03_SiC	T2A_U08 InzA_U01
U_03	Potrafi zbudować algorytm i program obliczeniowy do analizy drgań modelu samochodu w dziedzinie czasu (w różnych układach współrzędnych).	Laboratorium	KS_U03_SiC	T2A_U08 InzA_U01
U_04	Potrafi zbudować algorytm i program obliczeniowy do analizy drgań modelu samochodu w dziedzinie częstości.	Laboratorium	KS_U03_SiC	T2A_U08 InzA_U01
K_01	Student potrafi pracować samodzielnie i współpracować w zespole nad wyznaczonym zadaniem	Laboratorium	K_K06	T2A_K02 T2A_K04

Treści kształcenia:

1. Treści kształcenia w zakresie wykładu

Sem 1

Nr	Treści kształcenia	Odniesienie do

wykładu		efektów kształcenia dla modułu
1	**Podstawowe pojęcia i problemy dynamiki pionowej samochodu** Analiza systemu pojazd – kierowca – otoczenie w ujęciu dynamiki maszyn. Cechy ruchu podstawowego oraz zaburzeń ruchu podstawowego. Założenia przyjmowane w klasycznej teorii drgań samochodu. Modelowanie w dynamice maszyn.	W_01
2	**Modelowanie pojazdu i jego zespołów jako układu drgającego** Proces budowy modeli dynamicznych: określenie struktury modelu, opis wielkości masowych, współrzędne układu, określenie liczby stopni swobody, określenie danych oraz opis wymuszeń działających na układ. Przykłady tworzenia modeli drgań pionowych samochodu: modele płaskie o 2 i 4 stopniach swobody; model przestrzenny o 7 stopniach swobody.	W_02
3	**Elementy składowe modelu dynamicznego** Elementy masowe: metody wyznaczania eksperymentalnego oraz szacowania przybliżonego momentów bezwładności całego samochodu, nadwozia oraz innych brył modelu. Szacowanie wartości mas nieresorowanych dla różnych rodzajów zawieszeń samochodowych. Elementy odkształcalne – podstawowe modele elementów liniowych. Operatorowa metoda wyznaczania charakterystyk elementów liniowych; sztywność operatorowa. Charakterystyka połączenia równoległego i szeregowego dwóch elementów liniowych. Nieliniowe elementy podatne. Metody wyznaczania charakterystyk elementów nieliniowych. Metoda wyodrębnienia charakterystyk: sprężystej oraz tłumiącej z charakterystyki wyznaczonej w postaci pętli histerezy niesprężystej. Pojęcie elementu słabo nieliniowego – linearyzacja nieliniowych charakterystyk elementów podatnych. Wymuszenia drgań – klasyfikacja sygnałów. Wymuszenia działające na samochód w ruchu prostoliniowym (tzw. pierwszorzędne i drugorzędne wymuszenia drgań samochodu).	W_03
4	**Budowa równań drgań samochodu** Równania Lagrange'a II rodzaju. Całkowita energia kinetyczna i potencjalna układu. Wykorzystanie równań Lagrange'a do wyprowadzenia równań ruchu przestrzennego modelu samochodu o 3 stopniach swobody. Wykorzystanie metody operatorowej do wprowadzenia do modelu liniowych elementów podatnych o innej charakterystyce. Wprowadzenie postulatu symetrii modelu względem płaszczyzny xOz – rozprzężenie drgań w płaszczyźnie wzdłużnej i poprzecznej. Zapis równań drgań w postaci macierzowej. Równania Lagrange'a II rodzaju w postaci Ferrersa (dla współrzędnych zależnych). Wyprowadzanie równań ruchu przy nieliniowych charakterystykach elementów podatnych.	W_04
5	**Wybrane zagadnienia klasycznej analizy drgań samochodu (analizy w dziedzinie czasu)** Częstości drgań własnych układów o wielu stopniach swobody – sposób wyznaczania. Przykład: wyznaczenie częstości drgań własnych modelu samochodu o 2 stopniach swobody. Postaci drgań własnych układów dynamicznych – sposób wyznaczania; interpretacja fizyczna. Przykład: wyznaczenie postaci drgań własnych modelu samochodu o 2 stopniach swobody. Zagadnienie rozprzężenia drgań podukładów częściowych (warunki Mandelsztama). Przykład 1: rozprzężenie pionowych i kątowych drgań nadwozia samochodu - określenie warunków konstrukcyjnych zapewniających to rozprzężenie. Przykład 2: rozprzężenie drgań przedniej i tylnej części	W_05

	nadwozia samochodu. Iteracyjna metoda analizy drgań układów ze słabym sprzężeniem.	
6	**Widmowa analiza drgań samochodu** Widmowa analiza drgań okresowych. Szereg Fouriera. Dyskretne (prążkowe) widma: amplitudowo – częstościowe i fazowo – częstościowe. Przekształcenie całkowe Fouriera. Własności przekształcenia Fouriera. Widma drgań nieokresowych (widma ciągłe). Zastosowanie przekształcenia Fouriera do rozwiązywania równania drgań układu o jednym stopniu swobody. Transmitancja widmowa układu. Graficzne przedstawienie transmitancji: część rzeczywista i urojona transmitancji; charakterystyka amplitudowo – częstościowa i fazowo – częstościowa (moduł i argument). Transmitancja wejścia układu z wymuszeniem kinematycznym. Widmowa analiza drgań układów o wielu stopniach swobody. Macierz transmitancji i jej własności.	W_06
7	**Elementy teorii procesów stochastycznych** Definicja procesu stochastycznego. Charakterystyki procesu losowego: jedno-, dwu- i wielowymiarowe dystrybuanty procesu; jedno-, dwu- i wielowymiarowe rozkłady gęstości prawdopodobieństwa procesu. Uśrednienia na zbiorze realizacji procesu: wartość oczekiwana, funkcje autokorelacji i autokowariancji, wariancja i wariancja centralna procesu. Związek między funkcjami autokorelacji i autokowariancji procesu. Stacjonarność procesu. Uśrednienia względem drogi (czasu). Ergodyczność procesu. Wzajemne (łączne) charakterystyki dwóch procesów losowych.	W_07
8	**Analiza losowych drgań pojazdu** Widmowa gęstość mocy własnej procesu i jej własności. Widmowa gęstość mocy wzajemnej dwóch procesów i jej własności. Funkcja koherencji. Widmowe gęstości mocy nierówności dróg (częstość falowa drogi). Odpowiedź układu liniowego na wymuszenie losowe. Widmowa gęstość mocy pierwszej i drugiej pochodnej sygnału (odpowiedzi). Wyznaczanie odchylenia standardowego odpowiedzi układu (przemieszczeń, przemieszczeń względnych oraz przyspieszeń).	W_08
9	**Optymalizacja zawieszeń** Sformułowanie zadania optymalizacji: określenie zmiennych decyzyjnych, funkcji celu oraz warunków ograniczających. Kryteria optymalizacji zawieszeń i ich miary: komfort jazdy (krzywe dopuszczalnych przyspieszeń, bezpieczeństwo jazdy, trwałość elementów konstrukcji podwozia (zawieszeń). Przykładowe algorytmy optymalizacji.	W_09

2. Treści kształcenia w zakresie zadań laboratoryjnych

Nr zajęć lab.	Treści kształcenia	Odniesienie do efektów kształcenia dla modułu
1	Wyznaczanie charakterystyk elementów podatnych wykorzystywanych w modelowaniu a) elementy liniowe b) elementy o charakterystykach nieliniowych i złożonych	W_03 U_01 K_01
2	Zastosowanie metody operatorowej do wyznaczania charakterystyk liniowych elementów podatnych. Wyznaczenie charakterystyki równoległego oraz szeregowego połączenia dwóch elementów podatnych.	W_03 U_02 K_01
3	Opracowanie programu w programie Mathcad do analizy ruchu modelu we współrzędnych bryłowych: – określenie energii kinetycznej i potencjalnej układu; – wyprowadzenie równań ruchu z wykorzystaniem równań Lagrange'a II rodzaju; – opracowanie programu obliczeniowego; – analiza ruchu poszczególnych mas dla zmiennych wartości: sprężystości i tłumienia w zawieszeniu oraz wymiarów geometrycznych.	W_02 W_04 W_05 U_03 K_01
4	Opracowanie programu do analizy ruchu modelu we współrzędnych punktowych – określenie energii kinetycznej i potencjalnej układu; – wyprowadzenie równań ruchu z wykorzystaniem równań Lagrange'a II rodzaju; – wyznaczenie warunku rozprzężenia drgań układu; – opracowanie programu obliczeniowego; – analiza ruchu poszczególnych mas dla zmiennych wartości: sprężystości i sztywności w zawieszeniu oraz wymiarów geometrycznych.	W_02 W_04 W_05 U_03 K_01
5	Opracowanie programu do wyznaczanie częstości drgań własnych układu. Analiza wpływu zmiennych wartości: sprężystości w zawieszeniu oraz charakterystycznych wymiarów geometrycznych na wielkość częstości drgań własnych.	W_05 U_03 K_01
6	Opracowanie programu do wyznaczania modułu transmitancji oraz widmowych gęstości mocy odpowiedzi układu: przyspieszenia masy resorowanej (komfort), ugięcia ogumienia (bezpieczeństwo) i ugięcia zawieszenia (trwałość elementów zawieszeń).	W_06 U_04 K_01

3. Charakterystyka zadań projektowych
4. Charakterystyka zadań w ramach innych typów zajęć dydaktycznych

Metody sprawdzania efektów kształcenia

Symbol efektu	**Metody sprawdzania efektów kształcenia** *(sposób sprawdzenia, w tym dla umiejętności – odwołanie do konkretnych zadań projektowych, laboratoryjnych, itp.)*
W_01, W_02, W_03, W_04, W_05, W_06, W_07, W_08, W_09.	Egzamin końcowy w formie pisemnej.
U_01, U_02, U_03, U_04, K_01	Obserwacja postaw studenta, wykonanie sprawozdań, kolokwium pisemne.

D. NAKŁAD PRACY STUDENTA

Bilans punktów ECTS		
	Rodzaj aktywności	**obciążenie studenta**
1	Udział w wykładach	**30 godzin**
2	Udział w ćwiczeniach	
3	Udział w laboratoriach	**15 godzin**
4	Udział w konsultacjach (2-3 razy w semestrze)	**3 godziny**
5	Udział w zajęciach projektowych	
6	Konsultacje projektowe	
7	Udział w egzaminie	**2 godziny**
8		
9	**Liczba godzin realizowanych przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego**	**50 godzin** *(suma)*
10	**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczyciela akademickiego** *(1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta)*	**2 ECTS**
11	Samodzielne studiowanie tematyki wykładów	**10 godzin**
12	Samodzielne przygotowanie się do ćwiczeń	
13	Samodzielne przygotowanie się do kolokwiów	
14	Samodzielne przygotowanie się do laboratoriów	**5 godzin**
15	Wykonanie sprawozdań	**10 godzin**
15	Przygotowanie do kolokwium końcowego z laboratorium	**10 godzin**
17	Wykonanie projektu lub dokumentacji	
18	Przygotowanie do egzaminu	**15 godzin**
19		
20	**Liczba godzin samodzielnej pracy studenta**	**50 godzin** *(suma)*
21	**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach samodzielnej pracy** *(1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta)*	**2 ECTS**
22	**Sumaryczne obciążenie pracą studenta**	**100 godzin**
23	**Punkty ECTS za moduł** *1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta*	**4 ECTS**
24	**Nakład pracy związany z zajęciami o charakterze praktycznym** *Suma godzin związanych z zajęciami praktycznymi*	**43**
25	**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym** *1 punkt ECTS=25-30 godzin obciążenia studenta*	**1,72**

E. LITERATURA

Wykaz literatury	**Literatura podstawowa** 1. Mitschke M. Dynamika samochodu. Drgania. WKiŁ, Warszawa, 1989. 2. Kasprzyk T., Prochowski L. Obciążenia dynamiczne zawieszeń. WKiŁ, Warszawa, 1990. 3. Osiecki J., Gromadowski T., Stępiński B., Badania Pojazdów Samochodowych i ich zespołów na symulacyjnych stanowiskach badawczych. Wydawnictwo Instytutu Technologii i Eksploatacji, Radom, 2006. 4. Kamiński E., Pokorski J. Dynamika zawieszeń i układów napędowych pojazdów samochodowych. WKiŁ, Warszawa, 1983. 5. Blajer W. Metody dynamiki układów wieloczłonowych. Wyd. Politechniki Radomskiej, Radom, 1998.
Witryna WWW modułu/przedmiotu	