



IV. Opis programu studiów

3. KARTA PRZEDMIOTU

Kod przedmiotu	M#1-N2-MiBM-SiC-109
Nazwa przedmiotu	Dynamika samochodu
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	Vehicle Dynamics
Obowiązuje od roku akademickiego	2019/2020

USYTUOWANIE MODUŁU W SYSTEMIE STUDIÓW

Kierunek studiów	MECHANIKA I BUDOWA MASZYN
Poziom kształcenia	II stopień
Profil studiów	ogólnoakademicki
Forma i tryb prowadzenia studiów	studia niestacjonarne
Zakres	samochody i ciągniki
Jednostka prowadząca przedmiot	Katedra Pojazdów Samochodowych i Transportu
Koordynator przedmiotu	Prof. dr hab. inż. T. L. Stańczyk
Zatwierdził	Prof. dr hab. inż. T. L. Stańczyk

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

Przynależność do grupy/bloku przedmiotów	przedmiot specjalnościowy
Status przedmiotu	obowiązkowy
Język prowadzenia zajęć	polski
Usytuowanie modułu w planie studiów - semestr	semestr 1
Wymagania wstępne	
Egzamin (TAK/NIE)	TAK
Liczba punktów ECTS	3

Forma prowadzenia zajęć	wykład	ćwiczenia	laboratorium	projekt	seminarium
Liczba godzin w semestrze	18		9		

EFEKTY UCZENIA SIĘ

Kategoria	Symbol efektu	Efekty kształcenia	Odniesienie do efektów kierunkowych
Wiedza	W01	Ma uporządkowaną wiedzę na temat podstawowych pojęć i problemów dynamiki pionowej samochodu	MiBM2_W01 MiBM2_W09
	W02	Ma uporządkowaną wiedzę na temat modelowania pojazdu i jego zespołów jako układu drgającego	MiBM2_W01 MiBM2_W09
	W03	Ma uporządkowaną wiedzę na temat elementów składowych modeli, ze szczególnym uwzględnieniem elementów podatnych.	MiBM2_W01 MiBM2_W09
	W04	Ma podstawową wiedzę teoretyczną na temat budowy równań drgań samochodu. Zna Równania Lagrange'a II rodzaju.	MiBM2_W01 MiBM2_W09
	W05	Ma podstawową wiedzę teoretyczną na temat wybranych zagadnień klasycznej analizy drgań samochodu (analizy w dziedzinie czasu).	MiBM2_W01 MiBM2_W09
	W06	Ma podstawową wiedzę teoretyczną na temat widmowej analizy drgań samochodu.	MiBM2_W01 MiBM2_W09
	W07	Ma podstawową wiedzę teoretyczną w zakresie elementów teorii procesów stochastycznych.	MiBM2_W01 MiBM2_W09
	W08	Ma podstawową wiedzę teoretyczną na temat analizy losowych drgań pojazdu.	MiBM2_W01 MiBM2_W09
	W09	Ma podstawową wiedzę teoretyczną na temat optymalizacji zawiesznień.	MiBM2_W01 MiBM2_W09
Umiejętności	U01	Potrafi wyznaczać charakterystyki elementów podatnych (liniowych i nieliniowych), wykorzystywanych w modelowaniu dynamiki samochodu	MiBM2_U05 MiBM2_U12
	U02	Potrafi stosować metodę operatorową do wyznaczania charakterystyk liniowych elementów podatnych.	MiBM2_U05 MiBM2_U12
	U03	Potrafi zbudować algorytm i program obliczeniowy do analizy drgań modelu samochodu w dziedzinie czasu (w różnych układach współrzędnych).	MiBM2_U05 MiBM2_U12
	U04	Potrafi zbudować algorytm i program obliczeniowy do analizy drgań modelu samochodu w dziedzinie częstotliwości.	MiBM2_U05 MiBM2_U12
Kompetencje społeczne	K01	Student potrafi pracować samodzielnie i współpracować w zespole nad wyznaczonym zadaniem	MiBM2_K04

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć	Treści programowe
wykład	<p>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.</p> <p>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.</p>

	<p>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 zawiesznień 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).</p>
	<p>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 – rozprężenie drgań w płaszczyźnie wzdłużnej i poprzecznej. Zapis równań drgań w postaci macierzowej.</p>
	<p>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 rozprężenia drgań podukładów częściowych (warunki Mandelsztama). Przykład 1: rozprężenie pionowych i kątowych drgań nadwozia samochodu - określenie warunków konstrukcyjnych zapewniających to rozprężenie. Przykład 2: rozprężenie drgań przedniej i tylnej części nadwozia samochodu. Iteracyjna metoda analizy drgań układów ze słabym sprzężeniem.</p>
	<p>6. Widmowa analiza drgań samochodu Widmowa analiza drgań okresowych. Szereg Fouriera. Dyskretne (prążkowe) widma: amplitudowo – częstościowe i fazowo – częstościowe. Przekształcenie całkowite 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.</p>

	<p>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.</p> <p>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).</p> <p>9. Optymalizacja zawiesznień Sformułowanie zadania optymalizacji: określenie zmiennych decyzyjnych, funkcji celu oraz warunków ograniczających. Kryteria optymalizacji zawiesznień i ich miary: komfort jazdy (krzywe dopuszczalnych przyspieszeń, bezpieczeństwo jazdy, trwałość elementów konstrukcji podwozia (zawiesznień). Przykładowe algorytmy optymalizacji.</p>
laboratorium	<p>1. Wyznaczanie charakterystyk elementów podatnych wykorzystywanych w modelowaniu a) elementy liniowe b) elementy o charakterystykach nieliniowych i złożonych</p> <p>1. Zastosowanie metody operatorowej do wyznaczania charakterystyk liniowych elementów podatnych. Wyznaczenie charakterystyki równoległego oraz szeregowego połączenia dwóch elementów podatnych.</p> <p>2. 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.</p> <p>3. 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 rozprężenia drgań układu; – opracowanie programu obliczeniowego; – analiza ruchu poszczególnych mas dla zmiennych wartości: sprężystości i sztywności w zawieszeniu oraz wymiarów geometrycznych.</p> <p>4. Opracowanie programu do wyznaczanie częstości drgań własnych układu. Analiza wpływu zmiennych wartości: sprężystości w zawieszeniu oraz charakterystycznych wymiarów geometrycznych na wielkość częstości drgań własnych.</p>

	5. Opracowanie programu do wyznaczania modułu transmitancji oraz widmowych gęstości mocy odpowiedzi układu: przyspieszenia masy resorowanej (komfort), ugięcia ogumienia (bezpieczeństwo) i ugięcia zawieszenia (trwałość elementów zawieszń).
--	--

METODY WERYFIKACJI EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Symbol efektu	Metody sprawdzania efektów kształcenia (zaznaczyć X)					
	Egzamin ustny	Egzamin pisemny	Kolokwium	Projekt	Sprawozdanie	Inne
W01-W9		X				
U01- U04			X		X	
K01						X

FORMA I WARUNKI ZALICZENIA

Forma zajęć*	Forma zaliczenia	Warunki zaliczenia
wykład	egzamin	Pozytywny wynik z egzaminu.
laboratorium	zaliczenie z oceną	Zaliczenie sprawozdań i pozytywne oceny ze sprawdzianów z poszczególnych ćwiczeń laboratoryjnych. Ocena końcowa jest średnią arytmetyczną ocen z poszczególnych ćwiczeń laboratoryjnych.

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	18		9			h
2.	Inne (konsultacje, egzamin)	4		2			h
3.	Razem przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego	33					h
4.	Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego	1,3					ECTS
5.	Liczba godzin samodzielnej pracy studenta	42					h
6.	Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach samodzielnej pracy	1,7					ECTS
7.	Nakład pracy związany z zajęciami o charakterze praktycznym	25					h
8.	Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym	1,0					ECTS
9.	Sumaryczne obciążenie pracą studenta	75					h
10.	Punkty ECTS za moduł <i>1 punkt ECTS=25 godzin obciążenia studenta</i>	3					ECTS

LITERATURA

1. Mitschke M. Dynamika samochodu. Drgania. WKiŁ, Warszawa, 1989.
2. Kasprzyk T., Prochowski L. Obciążenia dynamiczne zawiesznień. 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 zawiesznień i układów napędowych pojazdów samochodowych. WKiŁ, Warszawa, 1983.
5. Blajer W. Metody dynamiki układów wieloczłonowych. Wyd. Politechniki Radomskiej, Radom, 1998.