

Karta (sylabus) przedmiotu
Mechanika i Budowa Maszyn
 Studia II stopnia

Przedmiot:	<i>Wytrzymałość zmęczeniowa śmigłowców</i>
Rodzaj przedmiotu:	<i>Podstawowy</i>
Kod przedmiotu:	<i>MBM 2 S 1 2 23-0_1</i>
Rok:	<i>1</i>
Semestr:	<i>2</i>
Forma studiów:	<i>Studia stacjonarne</i>
Rodzaj zajęć i liczba godzin w semestrze:	<i>30</i>
Wykład	<i>15</i>
Ćwiczenia	<i>15</i>
Laboratorium	
Projekt	
Liczba punktów ECTS:	<i>2</i>
Sposób zaliczenia:	<i>Zaliczenie wykładu i ćwiczeń</i>
Język wykładowy:	<i>Język polski</i>

Cel przedmiotu	
C1	Zapoznanie studentów z zagadnieniami wytrzymałości zmęczeniowej śmigłowców
C2	Nabycie przez studentów umiejętności samodzielnego przeprowadzania analiz zmęczeniowych śmigłowców

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji	
	Wiedza
1	Posiada wiedzę teoretyczną w zakresie mechaniki i wytrzymałości materiałów.
2	Zna podstawowe metody badań doświadczalnych układów mechanicznych i właściwości wytrzymałościowych materiałów konstrukcyjnych.
3	Zna podstawy statystycznej analizy wyników pomiarów
	Umiejętności
4	Potrafi wykorzystać nabytą wiedzę
5	Potrafi pozyskiwać informację z literatury

Efekty kształcenia	
	W zakresie wiedzy:
EK 1	Zna zjawiska fizyczne wykorzystywane w badaniach wytrzymałości zmęczeniowej śmigłowców
EK 2	Zna metody badań zmęczeniowych śmigłowców

	W zakresie umiejętności:
EK 3	Potrafi wykonywać obliczenia zmęczeniowe śmigłowca
EK 4	Potrafi opracowywać i analizować wyniki pomiarów
	W zakresie kompetencji społecznych:
EK5	Potrafi przedyskutować otrzymane rezultaty z innymi specjalistami

Treści programowe przedmiotu	
Forma zajęć – wykłady	
	Treści programowe
W1	Rys historyczny zagadnień związanych ze zmęczeniem materiałów. Krzywe trwałości zmęczeniowej dla próbek, elementów i zespołów śmigłowca. Pojęcie granicy zmęczenia. Czynniki wpływające na trwałość zmęczeniową. Trwałość zmęczeniowa w złożonym stanie naprężenia.
W2	Hipotezy kumulacji uszkodzeń zmęczeniowych i kryteria zmęczenia.
W3	Metody badań zmęczeniowych, intensyfikacja prób.
W4	Wyznaczanie i klasyfikacja cykli zastępczych z zapisów obciążeń: metody zliczania cykli umownych – Gassnera , Isajewa, Par Zakresów, Pełnej Fali oraz metoda Obwiedni.
W5	Eksploatacyjne widmo lotów (profil eksploatacji): wymagania przepisów, przykłady obliczeniowego widma dla śmigłowców.
W6	Klasyfikacja sygnałów: sygnały zdeterminowane i losowe, wybrane charakterystyki sygnałów.
W7	Analiza częstotliwościowa zapisów, składanie sygnałów harmoniczných.
W8	Drgania łopat wirników: formy drgań własnych łopat, wykresy rezonansowe Campbela.
W9	Sumowanie wektorów obciążeń i drgań wirnika w układzie ruchomym i nieruchomym
W10	Zasady i technika pomiarów obciążeń, metoda tensometrii oporowej (czujniki mostki tensometryczne, układy pomiarowe).
W11	Wzorcowanie mechaniczne torów pomiarowych, poziom odniesienia rejestrowanych sygnałów, zapisy zer mechanicznych, dryf zer mechanicznych, pomiarowe i niepomirowe stany lotu.
W12	Wpływ warunków meteorologicznych i techniki pilotażu na powtarzalność wyników, telemetryczna transmisja danych
W13	Obciążenia zespołów śmigłowca: obciążenia inercyjne i aerodynamiczne, wpływ czynników losowych na wartość i charakter obciążeń.
W14	Charakterystyka obciążeń wybranych zespołów śmigłowca (łopaty wirnika nośnego, piasty wirnika nośnego, układu sterowania, zespołów śmigła

	ogonowego, układu transmisji mocy, mocowania silników i przekładni, stateczników, elementów kadłuba i podwozia.
W15	Problemy eksploatacyjne. Kolokwium
Treści programowe przedmiotu	
Forma zajęć – ćwiczenia	
	Treści programowe
ĆW1	Zapis krzywych trwałości w układzie dwulogarytmicznym.
ĆW2	Interpretacja statystyczna wykresów zmęczeniowych.
ĆW3	Wyznaczanie krzywych regresji na podstawie danych z prób. Wykresy robocze do obliczeń trwałości zmęczeniowej.
ĆW4	Granica zmęczenia. Wpływ wartości średniej obciążeń zmiennych na wartość granicy zmęczenia.
ĆW5	Wykresy Haigha i Smitha oraz ich modyfikacje. Metoda Serensena. Porównanie metod.
ĆW6	Programy do opracowania zapisów parametrów lotu i pracy zespołu napędowego, wielkości kinematycznych, drgań i obciążeń zespołów śmigłowca.
ĆW7	Kolokwium I
ĆW8	Przykłady wizualizacji w charakterystycznych stanach lotu.
ĆW9	Wstępna obróbka cyfrowa zapisów obciążeń z pomiarów w locie. Przegląd i ocena poprawności przebiegów.
ĆW10	Wyznaczanie obciążeń zastępczych z zapisów: opracowanie metodą Par Zakresów, Pełnej Fali i metodą Obwiedni.
ĆW11	Jednowymiarowe i dwuwymiarowe rozkłady cykli umownych, amplitudy równoważne, prezentacja danych i formy wydruków. Porównanie wyników opracowania zapisów obciążeń różnymi metodami.
ĆW12	Metody obliczeń trwałości eksploatacyjnej zespołów śmigłowca: założenia do obliczeń zmęczeniowych współczynniki korygujące rozrzut wyników.
ĆW13	Wpływ warunków użytkowania na żywotność zespołów śmigłowca. Obciążenia w lotach pokazowych i wybranych manewrach śmigłowców wojskowych (NOE)
ĆW14	Analiza częstotliwościowa zapisów w formie cyfrowej. Częstotliwość Nyquista. Błędy opracowania oraz korekta wykresów amplitudowo-częstotliwościowych.
ĆW15	Kolokwium II

Metody dydaktyczne	
1	Wykład teoretyczny w formie multimedialnej. Przykłady praktyczne. Zaangażowanie studentów w dyskusję na temat omawianych zagadnień.
2	Wykorzystywanie zdobytej wiedzy w praktyce

Obciążenie pracą studenta	
Forma aktywności	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności
Godziny kontaktowe z wykładowcą, w tym:	
<i>realizowane w formie zajęć wykładowych</i>	15
<i>realizowane w formie zajęć ćwiczeniowych</i>	15
<i>realizowane w formie konsultacji w odniesieniu do wykładów</i>	2
<i>realizowane w formie konsultacji w odniesieniu do ćwiczeń</i>	2
Praca własna studenta, w tym:	
<i>Przygotowanie się do ćwiczeń rachunkowych</i>	8
<i>Przygotowanie się do wykładu</i>	8
Łączny czas pracy studenta	50
Sumaryczna liczba punktów ECTS dla przedmiotu:	2
Liczba punktów ECTS w ramach zajęć o charakterze praktycznym	

Literatura podstawowa i uzupełniająca	
1	Dietrych J., Kocańda S., Korewa W.: Podstawy konstrukcji maszyn. WNT 1974
2	Szabelski K., Jancelewicz B., Łucjanek W.: Wstęp do konstrukcji śmigłowców. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności Warszawa 1995
3	Михеев Р.А.: Прочность вертолетов. Издательство Машиностроение Москва 1984.
4	Bubień W.: Skrypt szkoleniowy Drgania Śmigłowców. Dział Szkolenia Lotniczego PZL Świdnik, 2005 r
5	Praca zbiorowa pod red. М.Л.Миль: Вертолеты расчет и проектирование. Издательство Машиностроение Москва 1967
6	Kocańda S., Szala J.: Podstawy obliczeń zmęczeniowych. PWN 1985
7	Szala J.: Hipotezy sumowania uszkodzeń zmęczeniowych. Wydawnictwo Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej. Bydgoszcz 1998
	Literatura uzupełniająca
8	Bendat J.S., Piersol A.G.: Metody analizy i pomiaru sygnałów losowych. PWN 1976.

Macierz efektów kształcenia					
Efekt kształcenia	Odniesienie danego efektu kształcenia do efektów zdefiniowanych dla całego programu (PEK)	Cele przedmiotu	Treści programowe	Narzędzia dydaktyczne	Metoda oceny
EK 1	MBM2A_W03, MBM2A_W04	C1	W1-W3, W10-W14, ĆW3, ĆW8, ĆW13, ĆW15	1, 2	[O1,O2]
EK 2	MBM2A_U18, MBM2A_U19	C1	W3-W14, ĆW1-ĆW6, ĆW8-ĆW14	1, 2	[O1,O2]
EK 3	MBM2A_W01, MBM2A_U19	C2	W2, W4, W9, W15, ĆW1, ĆW3, ĆW5, ĆW7, ĆW10, ĆW12, ĆW14, ĆW15	1, 2	[O1,O2]
EK 4	MBM2A_W01, MBM2A_W13, MBM2A_U11	C2	W4, W7, W8, W14, W15, ĆW1- ĆW3, ĆW5, ĆW7, ĆW9- ĆW12, ĆW14, ĆW15	1, 2	[O1,O2]
EK 5	MBM2A_U18, MBM2A_W06, MBM2A_U02	C2	W2, W7, W13-W15, ĆW2, ĆW3, ĆW5, ĆW8, ĆW9, ĆW11, ĆW13	1, 2	[O1,O2]

Metody i kryteria oceny		
Symbol metody oceny	Opis metody oceny	Próg zaliczeniowy
O1	Pisemny sprawdzian wiadomości teoretycznych	60%
O2	Sprawdziany pisemne - ocena końcowa jest średnią ze sprawdzianów.	60%

Autor programu:	dr inż. Sylwester Samborski
Adres e-mail:	s.samborski@pollub.pl
Jednostka organizacyjna:	Katedra Termodynamiki, Mechaniki Płynów i Napędów Lotniczych