

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

Przedmiot:	<i>Aerodynamika</i>
Rodzaj przedmiotu:	<i>Podstawowy</i>
Kod przedmiotu:	<i>MBM 2 S 1 2 17-0_1</i>
Rok:	<i>1</i>
Semestr:	<i>2</i>
Forma studiów:	<i>Studia stacjonarne</i>
Rodzaj zajęć i liczba godzin w semestrze:	45
Wykład	30
Ćwiczenia	15
Laboratorium	
Projekt	
Liczba punktów ECTS:	3
Sposób zaliczenia:	<i>Zaliczenie</i>
Język wykładowy:	<i>Język polski</i>

Cel przedmiotu	
C1	Przekazanie podstawowej wiedzy z zakresu kinematyki i dynamiki przepływów gazów, w tym przy opływie brył szczególnie profili lotniczych.
C2	Przekazanie wiedzy z zakresu aerodynamiki śmigłowca, a w tym aerodynamiki wirnika nośnego, śmigła ogonowego i kadłuba.
C3	Przekazanie wiedzy o zasadach sterowania śmigłowcem w locie.
C4	Przekazanie wiedzy o sposobach wyznaczania charakterystyk aerodynamicznych wirników i podstawowych osiągnięć śmigłowca w locie.

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji	
	Wiedza
1	Matematyka – wiedza w zakresie analizy wektorów i podstaw teorii pola, funkcji zespolonych, podstaw rozwiązywania równań różniczkowych zwyczajnych i cząstkowych.
2	Mechanika płynów – wiedza w zakresie kinematyki i dynamiki przepływu płynu.
3	Mechanika ogólna – wiedza w zakresie kinematyki i dynamiki ruchu brył sztywnych.
	Umiejętności
4	Potrafi wykorzystać nabytą wiedzę
5	Potrafi pozyskiwać informację z literatury

Efekty kształcenia	
	W zakresie wiedzy:
EK 1	Student ma rozszerzoną wiedzę w zakresie kinematyki i dynamiki przepływów gazów. Ma rozszerzoną wiedzę o opływie brył sztywnych, w tym o opływie brył o profilach lotniczych. Ma również wiedzę o siłach działających na płaty

	lotnicze o określonych profilach i kątach natarcia.
EK 2	Student ma rozszerzoną wiedzę w zakresie klasyfikacji śmigłowców ze względu na konfigurację i układy ich wirników nośnych, a także ma wiedzę o podstawowych parametrach charakteryzujących wirniki nośne. Ma również wiedzę o sposobach równoważenia momentu reakcyjnego oddziaływania wirnika nośnego na śmigłowiec.
EK 3	Student ma rozszerzoną wiedzę w zakresie teorii strumieniowej powstawania siły ciągu na wirniku nośnym śmigłowca: w zawisie, w manewrach pionowych i wlocie śmigłowca do przodu.
EK 4	Student ma rozszerzoną wiedzę o kinematyce i dynamice łopat zamontowanych w wirniku nośnym śmigłowca. Ma również wiedzę w zakresie opisu powstawania siły ciągu na wirniku nośnym śmigłowca z wykorzystaniem teorii elementu łopaty w manewrach: zawisu, manewrach pionowych i w locie do przodu.
EK 5	Student ma rozszerzoną wiedzę o sposobach określania osiągnięć śmigłowca i jego charakterystyk aerodynamicznych w różnych stanach lotu. Student ma rozszerzoną wiedzę w zakresie aerodynamicznego, koncepcyjnego projektowania śmigłowca.
	W zakresie umiejętności:
EK 6	Student potrafi przeprowadzić obliczenia parametrów powietrza atmosferycznego w zależności od wysokości lotu i temperatur.
EK7	Student potrafi przeprowadzić analizę przepływu gazu w zakresie potencjalności lub wirowości przepływu, szczególnie przy opływach brył. Student potrafi wykorzystując wnioski z teorii Kutty-Żukowskiego przeprowadzić obliczenia siły nośnej na płacie o zadanym profilu lotniczym.
EK8	Student potrafi usystematyzować śmigłowce i ich wirniki nośne.
EK9	Student potrafi wykonać obliczenia siły ciągu, mocy oraz innych podstawowych parametrów przepływu powietrza przez wirnik nośny śmigłowca z wykorzystaniem teorii strumieniowej w różnych manewrach śmigłowca.
EK10	Student potrafi wykonać obliczenia siły ciągu, mocy dostarczanej do wirnika nośnego śmigłowca z wykorzystaniem teorii elementu łopaty w różnych manewrach śmigłowca.
	W zakresie kompetencji społecznych:
EK11	Student posiada i rozumie potrzebę ciągłego kształcenia.
EK12	Student wykazuje krytycyzm w wyrażaniu opinii, ale jednocześnie w trakcie dyskusji potrafi bronić swoich racji.
EK13	Student potrafi pracować w zespole, w tym w zespole badawczym i wykazuje obowiązkowość w realizacji zadań.

Treści programowe przedmiotu	
Forma zajęć – wykłady	
	Treści programowe
W1	Pojęcia podstawowe aerodynamiki małych i dużych prędkości.

	Przepływowe własności gazów. Prędkość dźwięku w gazie. Klasyfikacja przepływów gazów. Kinematyka przepływów gazów. Cyrkulacja i wirowość w przepływie. Przepływy potencjalne i wirowe gazów. Płaskie przepływy potencjalne. Elementy teorii potencjału zespolonego.
W2	Podstawowy układ równań opisujących ruch gazu nielepkiego i rzeczywistego. Równanie ciągłości przepływu, równanie Naviera-Stokesa. Równanie energii. Całka równania ustalonego ruchu gazu nielepkiego i nieściśliwego wzdłuż linii prądu. Równanie Bernoulliego. Zastosowania równania Bernoulliego w technice lotniczej.
W3	Opływy brył o różnej geometrii gazami. Profile lotnicze. Układy sił i momentów działających na profil przy opływie laminarnym i z oderwaniem. Płat o nieskończonej długości i o skończonym wydłużeniu. Opór indukowany. Siła nośna. Elementy teorii płatów lotniczych. Teoria Kutty-Żukowskiego siły nośnej na płacie. Płat o eliptycznym rozkładzie cyrkulacji. Charakterystyki płata rzeczywistego. Biegunowa profilu. Zależności współczynników aerodynamicznych profilu od kąta natarcia.
W4	Konfiguracje śmigłowców i ich wirników napędowych. Podstawowe parametry wirników napędowych. Moment reakcyjny wirnika i sposoby jego równoważenia.
W5-6	Teoria strumieniowa wirnika nośnego w zawisie i w manewrach pionowych śmigłowca. Prędkość indukowana. Współczynnik jakości wirnika. Stany pracy wirnika. Teoria strumieniowa w locie śmigłowca do przodu. Prędkość indukowana w locie do przodu.
W7-8	Wahania łopat. Równania wahań łopaty względem przegubów poziomego i pionowego. Zasada sterowania wirnikiem nośnym. Związek między sterowaniem a wahaniami. Siły i momenty wytwarzane przez wirnik nośny. Wyrażenia na siły i momenty oraz współczynniki sił i momentów wirnika.
W9-10	Teoria elementu łopaty w locie pionowym śmigłowca. Opływ elementu łopaty. Siły działające na element łopaty. Biegunowa wirnika w zawisie.
W11-13	Opływ elementu łopaty w locie śmigłowca do przodu. Siły działające na element łopaty. Asymetria opływu łopaty wirnika. Zjawisko oderwania strug z łopat wirnika. Osiągi śmigłowca. Pułap zawisu, pułap praktyczny. Zużycie paliwa. Zasięg lotu. Wykres ofertowy. Strefy H-V. Charakterystyki aerodynamiczne śmigłowca w locie po awarii jednego silnika i w locie bezsilnikowym.
W14	Wstęp do aerodynamicznego, koncepcyjnego projektowania śmigłowca. Kryteria projektowe. Dobór parametrów wirnika nośnego i śmigła ogonowego. Określenie wymaganych mocy silników napędowych. Określenie charakterystyk aerodynamicznych kadłuba i usterzeń. Opory aerodynamiczne kadłuba śmigłowca w locie.
W15	Kolokwium

Forma zajęć – ćwiczenia	
	Treści programowe
ĆW1	Obliczanie parametrów powietrza atmosferycznego w zależności od wysokości liczonej od powierzchni ziemi.
ĆW2	Obliczanie sił aerodynamicznych i współczynników aerodynamicznych dla określonego płata lotniczego (skrzydła).
ĆW3-4	Obliczanie prędkości indukowanej i mocy indukowanej wirnika nośnego według teorii strumieniowej.
ĆW5	Obliczanie współczynnika jakości wirnika nośnego o określonej geometrii w zawisie śmigłowca.
ĆW6	Obliczanie mocy niezbędnej do zawisu śmigłowca o określonej masie startowej.
ĆW7	Wyznaczanie biegunowej wirnika w zawisie (według teorii strumieniowej i teorii elementu łopaty).
ĆW8-9	Wyznaczanie współczynnika wahań łopaty względem przegubu poziomego (według zasady sterowania wirnikiem nośnym)
ĆW10	Wyznaczanie wahań łopaty wirnika względem przegubu pionowego.
ĆW11-12	Obliczanie sił działających na wirnik nośny w locie śmigłowca do przodu i mocy niezbędnej do napędu śmigłowca w locie do przodu.
ĆW13-14	Określanie osiągow śmigłowca o określonej masie startowej w zawisie i w locie do przodu.
ĆW15	Zaliczenie

Metody dydaktyczne	
1	Wykład prowadzony metodą informacyjną z uwzględnieniem problemów obliczeniowych i przy wykorzystaniu technik audiowizualnych
2	Ćwiczenia stanowią rachunkową ilustrację wykładów i dotyczą wybranych zagadnień obliczeniowych.

Obciążenie pracą studenta	
Forma aktywności	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności
Godziny kontaktowe z wykładowcą, w tym:	
<i>realizowane w formie zajęć wykładowych</i>	30
<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>Praca własna – przygotowanie się do ćwiczeń</i>	13
<i>Przygotowanie się do egzaminu</i>	13

Łączny czas pracy studenta	75
Sumaryczna liczba punktów ECTS dla przedmiotu:	3
Liczba punktów ECTS w ramach zajęć o charakterze praktycznym	

Literatura podstawowa i uzupełniająca	
1	Strzelczyk P.: Aerodynamika małych prędkości. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2003
2	Rościszewski J.: Aerodynamika stosowana. Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, Warszawa 1957
3	Juriew B.N.: Aerodinamiczeskij raszczet wiertolietow. Izd. Obarangiz. Moskwa, 1966
4	Bramwell A. R. S. : Helicopter Dynamics, Award Arnold (Publishers) Ltd 1976
5	Jonson W.: Helicopter Theory, Princeton Univesity Press, 1980r.
6	Szabelski K., Jancelewicz B., Łucjanek W.: Wstęp do konstrukcji śmigłowców, WKiŁ 2005
Literatura uzupełniająca	
7	Gessow A. , Myers G.C., Jr.: Aerodynamics of the Helicopter, The College Park Press
8	Mil M. L. i inni: Wiertolety, raszczet i projektowanie, Maszynostrojenie 1966
9	Tiszczenko M. N. i inni: Wiertolety, wybor parametrow pri projektowaniu, Maszynostrojenie 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-W02	[C1]	[W1, W2, W3, ĆW1, ĆW2]	[1, 2]	[O1, O2]
EK 2	MBM2A-W02	[C2, C3]	[W3, W4, ĆW2]	[1, 2]	[O1, O2]
EK 3	MBM2A-W02	[C2, C3, C4]	[W5, ĆW3, ĆW4, ĆW5, ĆW6]	[1, 2]	[O1, O2]
EK 4	MBM2A-W02	[C2, C3]	[W3, W4, W6, W7, W8, ĆW6, ĆW7, ĆW8]	[1, 2]	[O1, O2]

EK 5	MBM2A-W02	[C1, C3, C4]	[W9, W10, CW9]	[1, 2]	[O1, O2]
EK 6	MBM2A-U12	[C1]	[W1, W2, W3, CW1, CW2]	[1, 2]	[O1, O2]
EK 7	MBM2A-U12	[C1, C2]	[W3, W4]	[1]	[O1, O2]
EK 8	MBM2A-U12	[C2, C3]	[W5]	[1]	[O1, O2]
EK 9	MBM2A-U12	[C4]	[W3, W4, W6, W7, W8, CW9]	[1, 2]	[O1, O2]
EK 10	MBM2A-U09	[C4]	[W9, W10, CW9, CW10]	[1, 2]	[O1, O2]
EK 11	MBM2A-K01 ++	[C1, C2, C3, C4]	[W1, W2, W3, W4, W5, SW6, W7, W8, W9, W10, CW2, CW3, CW4, CW5, CW6, CW7, CW8, CW9, CW10]	[1, 2]	[O1, O2]
EK 12	MBM2A-K06 ++	[C1, C2, C3, C4]	[W1, W2, W3, W4, W5, SW6, W7, W8, W9, W10, CW2, CW3, CW4, CW5, CW6, CW7, CW8, CW9, CW10]	[1, 2]	[O1, O2]
EK 13	MBM2A-K03 ++	[C1, C2, C3, C4]	[W1, W2, W3, W4, W5, SW6, W7, W8, W9, W10, CW2, CW3, CW4, CW5, CW6, CW7, CW8, CW9, CW10]	[1, 2]	[O1, O2]P2]

Metody i kryteria oceny		
Symbol metody oceny	Opis metody oceny	Próg zaliczeniowy
O1	Zaliczenie pisemne ćwiczeń – dwa kolokwia. Ocena końcowa jest średnią z obydwu kolokwiów.	60%
O2	<i>Zaliczenie wykładu</i>	60%

Autor programu:	dr inż. Tomasz Łusiak
Adres e-mail:	wm.ktmp@pollub.pl
Jednostka organizacyjna:	Katedra Termodynamiki, Mechaniki Płynów i Napędów Lotniczych