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

Przedmiot:	*Turbinowe silniki lotnicze*
Rodzaj przedmiotu:	*Podstawowy*
Kod przedmiotu:	*MBM 2 N 2 2 21-0_1*
Rok:	*1*
Semestr:	*2*
Forma studiów:	*Studia niestacjonarne*
Rodzaj zajęć i liczba godzin w semestrze:	*36*
Wykład	*18*
Ćwiczenia	
Laboratorium	
Projekt	*18*
Liczba punktów ECTS:	*5*
Sposób zaliczenia:	*Egzamin*
Język wykładowy:	*Język polski*

Cel przedmiotu	
C1	Przekazanie poszerzonej wiedzy z zakresu teorii i praktyki działania lotniczych silników turbinowych: odrzutowych i z odbiorem mocy – śmigłowych i śmigłowcowych.
C2	Przekazanie poszerzonej wiedzy z zakresu budowy i konstrukcji lotniczych silników turbinowych: odrzutowych i z odbiorem mocy – śmigłowych i śmigłowcowych.
C3	Przekazanie poszerzonej wiedzy z zakresu podstaw działania, budowy i konstrukcji zespołów wirnikowych, sprężarek i turbin lotniczych silników turbinowych.
C4	Przekazanie poszerzonej wiedzy z zakresu podstaw działania, budowy i konstrukcji komór spalania silników turbinowych.
C5	Przekazanie poszerzonej wiedzy z zakresu podstaw działania, budowy i konstrukcji dysz wylotowych i dopalaczy odrzutowych silników turbinowych.
C6	Przekazanie poszerzonej wiedzy z zakresu podstaw działania, budowy i konstrukcji kanałów wylotu spalin silników turbinowych z odbiorem mocy.
C7	Przekazanie podstawowej wiedzy z zakresu budowy i konstrukcji agregatów pomocniczych silników turbinowych.
C8	Przekazanie podstawowej wiedzy z zakresu sterowania działaniem lotniczych silników turbinowych.

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji	
	Wiedza
1	Elementy teorii maszyn i urządzeń cieplnych – wiedza w zakresie teorii działania sprężarek i turbin spalinowych, podstaw wywiązywania ciepła w procesach spalania przy stałym ciśnieniu.
2	Termodynamika – wiedza w zakresie I i II ZT, otwartych przemian

	termodynamicznych i termodynamicznych obiegów silnikowych.
3	Mechanika ogólna – wiedza w zakresie kinematyki i dynamiki ruchu obrotowego brył sztywnych.
4	Wytrzymałość materiałów – wiedza w zakresie wytrzymałości ustrojów prętowych i konstrukcji cienkościennych.
5	Aerodynamika – wiedza w zakresie przepływu gazów ściśliwych przez kanały międzyłopatkowe palisad ruchomych i nieruchomych.
	Umiejętności
3	Potrafi wykorzystać nabytą wiedzę
4	Potrafi pozyskiwać informację z literatury

Efekty kształcenia	
	W zakresie wiedzy:
EK 1	Student ma poszerzoną wiedzę o silnikowych obiegach termodynamicznych i obiegach rzeczywistych stanowiących podstawy działania lotniczych silników turbinowych, odrzutowych i z odbiorem mocy.
EK 2	Student ma poszerzoną wiedzę o budowie i konstrukcji turbinowych silników odrzutowych, śmigłowych i śmigłowcowych, w tym dotyczącą sprężarek, komór spalania, turbin i kanału wylotu spalin.
EK 3	Student ma poszerzoną wiedzę o procesach cieplno-przepływowych w poszczególnych częściach traktów przepływowych silników turbinowych: odrzutowych z uwzględnieniem dysz wylotowych i dopalaczy, ma również wiedzę o generowaniu sił ciągu w silnikach; z odbiorem mocy ze szczególnym uwzględnieniem silników z oddzielnymi turbinami napędowymi, ma również wiedzę o generowaniu mocy efektywnej na wałkach wyjściowych turbin napędowych.
EK 4	Student ma wiedzę z zakresu budowy i konstrukcji agregatów pomocniczych silników turbinowych, a także podstawową wiedzę z zakresu sterowania działaniem silników turbinowych.
	W zakresie umiejętności:
EK 5	Student potrafi przedstawić, scharakteryzować i wykonać obliczenia termodynamiczne i cieplne parametrów obiegów silników turbinowych i na tej podstawie obliczenia obiegów rzeczywistych silników turbinowych w odniesieniu do wielkości jednostkowych.
EK 6	Student potrafi wykonać obliczenia strumienia masy czynnika w trakcie przepływowym silnika dla określonego ciągu lub określonej mocy efektywnej.
EK 7	Student potrafi sformułować uproszczony obliczeniowy model silnika turbinowego odrzutowego lub z odbiorem mocy i przeprowadzić obliczenia.
EK 8	Student potrafi przedstawić działanie podstawowych agregatów pomocniczych silników turbinowych i podstawy sterowania działaniem silnika turbinowego.
	W zakresie kompetencji społecznych:
EK 9	Student posiada i rozumie potrzebę ciągłego kształcenia.
EK 10	Student wykazuje krytycyzm w wyrażaniu opinii, ale jednocześnie w trakcie dyskusji potrafi bronić swoich racji.

EK 11	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	Wiadomości wstępne dotyczące turbinowych silników lotniczych. Historia rozwoju turbinowego silnika lotniczego.
W2	Klasyfikacja lotniczych silników turbinowych ze względu na przeznaczenie, budowę i podstawowe cechy użytkowe.
W3	Rodzaje i charakterystyczne cechy paliw lotniczych stosowanych w silnikach turbinowych. Chemia i fizyka spalania paliwa w silniku turbinowym. Spalanie dyfuzyjne w przepływie. Temperatura spalania.
W4	Obiegi termodynamiczne Joule'a i Joule'a – Braytona. Wzorcowe obiegi silników turbinowych przeznaczonych do napędów odrzutowych, śmigłowych i śmigłowcowych. Algorytmy obliczeń parametrów obiegów wzorcowych dla silników turbinowych.
W5	Rzeczywiste przebiegi procesów termo-gazodynamicznych w traktach przepływowych silników turbinowych przeznaczonych do napędów odrzutowych, śmigłowych i śmigłowcowych. Algorytmy podstawowych obliczeń parametrów przebiegów rzeczywistych w silnikach turbinowych, odrzutowych, śmigłowych i śmigłowcowych
W6	Sprężarki silników lotniczych. Reakcyjny stopień sprężarki osiowo-promieniowej i sprężarki osiowej. Jednostkowa praca sprężania. Rodzaje strat i sprawności stopnia sprężania gazu. Osiowa sprężarka wielostopniowa. Stateczny i niestateczny zakres działania sprężarki. Uwagi o działaniu sprężarki na zakresach nieobliczeniowych. Budowa sprężarek promieniowych. Stany obciążeń podstawowych podzespołów sprężarki.
W7	Turbiny spalinowe silników lotniczych. Reakcyjny stopień turbiny osiowej. Jednostkowa praca rozprężania gazu w stopniu turbiny. Rodzaje strat i sprawność stopnia reakcyjnego turbiny. Turbina wielostopniowa. Uwagi o działaniu turbiny na zakresach nieobliczeniowych. Turbiny wytwornicowe i napędowe silników z odbiorem mocy. Budowa turbin silników lotniczych. Stany obciążeń podstawowych podzespołów turbiny.
W8	Komory spalania silników lotniczych. Rodzaje komór stosowanych w silnikach odrzutowych i silnikach śmigłowych i śmigłowcowych. Podstawy organizacji procesów wewnątrzkomorowych. Aerodynamika komór i procesy spalania w przepływie. Ciągły wtrysk paliwa i tworzenie mieszaniny palnej. Procesy rozpłomienienia (ustateczniania płomienia) w komorze spalania. Temperatura spalania i obniżanie temperatury spalin. Sumaryczny współczynnik nadmiaru powietrza. Zużycie paliwa. Budowa komór. Stany obciążeń podstawowych podzespołów komory.
W9	Podzespoły pomocnicze silników turbinowych. Podzespoły rozruchowe, paliwowe i zapłonowe.

W10	Ogólne uwagi o sterowaniu działaniem lotniczych silników turbinowych.
Forma zajęć – projektowanie	
	Treści programowe
P1	Wprowadzenie do ćwiczeń projektowych
P2	Projekt procesu sprężania w wielostopniowej sprężarce osiowej silnika lotniczego przy określonej charakterystyce sprężu
P3	Projekt procesu rozprężania spalin w dwustopniowej turbinie reakcyjnej silnika lotniczego przy określonej mocy
P4	Projekt procesu spalania w komorze spalania silnika turbinowego o określonej geometrii i przy określonym obciążeniu cieplnym
P5	Projekt koncepcyjny silnika odrzutowego o zadanym ciągu
P6	Projekt koncepcyjny silnika turbinowego z oddzielną turbiną napędową o zadanej mocy

Metody dydaktyczne	
1	Wykład prowadzony metodą informacyjną z uwzględnieniem problemów obliczeniowych i przy wykorzystaniu technik audiowizualnych.
2	Prace projektowe prowadzone w pracowni komputerowej z wykorzystaniem oprogramowania CAD

Obciążenie pracą studenta	
Forma aktywności	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności
Godziny kontaktowe z wykładowcą, w tym:	38
realizowane w formie zajęć wykładowych	18
realizowane w formie zajęć projektowych	18
realizowane w formie egzaminu	2
realizowane w formie konsultacji w odniesieniu do wykładów	1
realizowane w formie konsultacji w odniesieniu do zajęć projektowych	4
Praca własna studenta, w tym:	87
Praca własna nad projektem	60
Przygotowanie się do egzaminu	27
Łączny czas pracy studenta	125
Sumaryczna liczba punktów ECTS dla przedmiotu:	5
Liczba punktów ECTS w ramach zajęć o charakterze praktycznym	2

Literatura podstawowa i uzupełniająca	
1	Dzierżanowski P. i inni: Turbinowe silniki odrzutowe. WKiŁ. Warszawa 1983
2	Antas S., Wolański P.: Obliczenia termo-gazodynamiczne silników turbinowych. Wyd. Politechnika Warszawska, Warszawa 1989
3	Dzierżanowski P. i inni: Turbinowe silniki śmigłowe i śmigłowcowe. WKiŁ,

	Warszawa 1985
4	Dżygadło Z. i inni: Zespoły wirnikowe silników turbinowych. WKiŁ, Warszawa 1982.
5	Szczeciński S.: Turbinowe napędy samochodów. WKiŁ, Warszawa 1974
	Literatura uzupełniająca
6	Muszyński M., Orkisz M.: Modelowanie turbinowych silników odrzutowych. Biblioteka Naukowa Instytutu Lotnictwa, Warszawa 1997
7	Gajewski T. i inni: Przepływowe silniki odrzutowe. WNT, Warszawa 1973
8	Chołszczewnikow K.W.: Tieorija i rasczіet awiacjonnych łopatocznich maszin. Izd. Maszinostrojennije, Moskwa 1970
9	Maslennikow M. M. i inni: Gazoturbinnyje dwigatjeli dlja wiertolietow, Izd. Maszinostrojenije, Moskwa 1969

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-W08 ++	*[C1, C2]*	*[W1, W4, W5, W6]*	*[1]*	*[F1, P1]*
EK 2	MBM2A-W08 ++	*[C3, C4, C5]*	*[W7, W8, W9]*	*[1]*	*[F1, P1]*
EK 3	MBM2A-W02 ++	*[C3, C4, C5, C6]*	*[W6, W7, W8, W9]*	*[1]*	*[F1, P1]*
EK 4	MBM2A-W08 ++	*[C7, C8]*	*[W10]*	*[1]*	*[F1, P1]*
EK 5	MBM2A-U21 ++	*[C1, C2]*	*[W4, W5, W6]*	*[1]*	*[F1, P1]*
EK 6	MBM2A-U21 ++	*[C3, C4, C5]*	*[W6, P2, P3, P4]*	*[1, 2]*	*[F1, F2, P1, P2]*
EK 7	MBM2A-U12 ++	*[C3, C4, C5, C6]*	*[W6, W7, W8, W9, P5, P6]*	*[1, 2]*	*[F1, F2, P1, P2]*
EK 8	MBM2A-U21 ++	*[C7, C8]*	*[W10]*	*[1]*	*[F1, P1]*
EK 9	MBM2A-K01 ++	*[C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8]*	*[W1, W2, W3, W4, W5, W6, W7. W8, W9, W10, P2, P3, P4,*	*[1, 2]*	*[F1, F2, P1, P2]*

			P5, P6]		
EK 10	MBM2A-K06 ++	*[C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8]*	*[W1, W2, W3, W4, W5, W6, W7. W8, W9, W10, P2, P3, P4, P5, P6]*	*[1, 2]*	*[F1, F2, P1, P2]*
EK 11	MBM2A-K03 ++	*[C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8]*	*[W1, W2, W3, W4, W5, W6, W7. W8, W9, W10, P2, P3, P4, P5, P6]*	*[1, 2]*	*[F1, F2, P1, P2]*

Metody i kryteria oceny		
Symbol metody oceny	Opis metody oceny	Próg zaliczeniowy
O1	Obrona projektu	*70%*
O2	Egzamin	*50%*

Autor programu:	**dr inż. Marcin Szlachetka**
Adres e-mail:	m.szlachetka@pollub.pl
Jednostka organizacyjna:	Katedra Termodynamiki, Mechaniki Płynów i Napędów Lotniczych