

Program studiów

Silniki lotnicze podyplomowe

1. Podstawowe informacje o studiach podyplomowych

Nazwa studiów	Silniki lotnicze
Poziom studiów	podyplomowe
Liczba semestrów	studia niestacjonarne: 2
Liczba punktów ECTS wymagana do ukończenia studiów	34
Łączna liczba godzin zajęć	275

2. Cel studiów podyplomowych

Celem studiów podyplomowych Silniki lotnicze jest pogłębianie wiedzy i podnoszenie kompetencji zawodowych w obszarze lotniczych silników turbinowych.

3. Adresaci studiów podyplomowych

Adresatami studiów podyplomowych silniki lotnicze są absolwenci studiów inżynierskich o specjalności innej niż silniki lotnicze, którzy chcą poszerzyć swoją wiedzę i umiejętności i kompetencje o dodatkowy obszar jakim są turbinowe silniki lotnicze. Szczególnie jest to adresowane do osób pracujących w przemyśle lotniczym lub starających się o pracę w zakładach branży lotniczej.

4. Sylwetka absolwenta, możliwości zatrudnienia

Podstawowym celem studiów jest kształcenie i przygotowanie kadry inżynierskiej do pracy na stanowiskach konstruktorów zespołów lotniczych silników turbinowych, a w tym poznanie zasad opracowania poprawnej konstrukcji. Starannie wybrany program studiów zapewnia wykształcenie odpowiadające potrzebom i wymaganiom współczesnego przemysłu lotniczego oraz innych gałęzi przemysłu o wysokim nasyceniu nowoczesną technologią. Absolwent studiów uzyskuje współczesną wiedzę z zakresu lotniczych silników turbinowych, niezbędnych w ośrodkach zajmujących się badaniami, projektowaniem i konstruowaniem takich silników.

5. Zasady rekrutacji

Rekrutacja na podstawie zgłoszeń przy spełnieniu wszystkich wymogów formalnych. W przypadku dużej liczby zgłoszeń zastrzega się wprowadzenie rekrutacji wg kolejności zgłoszeń.

6. Efekty uczenia się

Symbol	Treść	Odniesienia do PRK
K_W01	Wykazuje wiedzę teoretyczną dotyczącą działania silnika lotniczego na poziomie zaawansowanym	P6S_WG
K_W02	Posiada pogłębioną wiedzę na temat budowy i zasad działania zespołów lotniczego silnika turbinowego	P7S_WG
K_W03	Posiada pogłębioną wiedzę na temat badań eksperymentalnych i nieniszczących lotniczych silników turbinowych	P7S_WG
K_U01	posiada umiejętność prowadzenia obliczeń wytrzymałościowych elementów maszyn wirnikowych	P6S_UW
K_U02	posiada umiejętność stosowania zasad prawidłowego konstruowania zespołów silnika lotniczego	P6S_UW
K_K01	wykazuje krytyczne zrozumienie wyników własnej działalności	P6S_KK
K_K02	ma świadomość ciągłego doskonalenia i samokształcenia	P6S_KO

Opis efektów uczenia się zawiera efekty uczenia się, o których mowa w ustawie z dnia 22 grudnia 2015 r. o Zintegrowanym Systemie Kwalifikacji i uwzględnienia uniwersalne charakterystyki pierwszego stopnia określone w tej ustawie oraz charakterystyki drugiego stopnia określone w przepisach wydanych na podstawie art. 7 ust. 3 tej ustawy.

7. Wykaz zajęć, parametry programu studiów, metody weryfikacji efektów uczenia się oraz treści programowe

7.1 Wykaz zajęć

Semestr	Jedn.	Nazwa zajęć	Wykład	Ćwiczenia/ Lektorat	Laboratorium	Projekt/ Seminarium	Suma godzin	Punkty ECTS	Egzamin	Oblig.
1	ML	Badania eksperymentalne lotniczych silników turbinowych	24	0	6	0	30	3	N	
1	MI	Oprzęt i sterowanie lotniczych silników turbinowych	30	0	0	0	30	3	N	
1	ML	Przepływy gazu w silniku lotniczym	15	0	5	0	20	3	N	
1	ML	Sprężarki silników lotniczych	25	5	0	0	30	4	T	
1	ML	Turbinowe silniki lotnicze	20	10	0	0	30	4	T	
Sumy za semestr: 1			114	15	11	0	140	17	2	0
2	MG	Badania nieniszczące	15	0	15	0	30	3	N	
2	ML	Konstrukcja silników lotniczych	20	0	10	0	30	4	T	
2	MT	Technologia silników turbinowych	15	0	5	0	20	3	N	
2	ML	Turbiny silników lotniczych	20	10	0	0	30	4	T	
2	ML	Wytrzymałość maszyn wirnikowych	20	0	5	0	25	3	N	
Sumy za semestr: 2			90	10	35	0	135	17	2	0

SUMY ZA WSZYSTKIE SEMESTRY:	204	25	46	0	275	34	4	0
------------------------------------	------------	-----------	-----------	----------	------------	-----------	----------	----------

7.2 Parametry programu studiów i metody weryfikacji efektów uczenia się

Parametry programu studiów

Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć prowadzonych z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia.	11 ECTS
Łączna liczba punktów ECTS przyporządkowana zajęciom związanym z prowadzoną w uczelni działalnością naukową w dyscyplinie lub dyscyplinach, do których przyporządkowany jest kierunek studiów.	27 ECTS
Łączna liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych w przypadku kierunków studiów przyporządkowanych do dyscyplin w ramach dziedzin innych niż odpowiednio nauki humanistyczne lub nauki społeczne.	--
Łączna liczba punktów ECTS przyporządkowana przedmiotom do wyboru.	0 ECTS
Liczba godzin zajęć z wychowania fizycznego.	--

Metody weryfikacji efektów uczenia się

Szczegółowe zasady oraz metody weryfikacji i oceny efektów uczenia się pozwalające na sprawdzenie i ocenę wszystkich efektów uczenia się są opisane w kartach zajęć. W ramach programu weryfikacja osiągniętych efektów uczenia się jest realizowana w szczególności przy pomocy następujących metod: egzamin cz. pisemna, egzamin cz. praktyczna, egzamin cz. ustna, zaliczenie cz. pisemna, zaliczenie cz. praktyczna, zaliczenie cz. ustna, esej, kolokwium, sprawdzian pisemny, obserwacja wykonawstwa, prezentacja dokonań (portfolio), prezentacja projektu, raport pisemny, referat pisemny, referat ustny, sprawozdanie z projektu, test pisemny. Szczegółowe informacje na temat weryfikacji osiągniętych przez studentów efektów uczenia się znajdują się w kartach zajęć opublikowanych na stronie internetowej wydziału. Parametry wybranych metod weryfikacji efektów uczenia się znajdują się w tabeli poniżej.

Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin	4
Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin w formie pisemnej	4
Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin w formie ustnej	0
Liczba godzin przeznaczona na egzamin w formie pisemnej	7
Liczba godzin przeznaczona na egzamin w formie ustnej	0
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do egzaminów i zaliczeń	56
Liczba zajęć, które kończą się zaliczeniem bez egzaminu	6
Liczba godzin przeznaczona na zaliczenie w formie pisemnej	3
Liczba godzin przeznaczona na zaliczenie w formie ustnej	0
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do zaliczeń w trakcie semestrów na zajęciach ćwiczeniowych (bez zaliczeń końcowych)	0
Liczba zajęć, w których weryfikacja osiągniętych efektów uczenia się realizowana jest na podstawie obserwacji wykonawstwa (laboratoria)	6
Liczba laboratoriów, w których osiągnięte efekty uczenia się sprawdzane są na podstawie sprawdzianów w trakcie semestru	2
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do sprawdzianów realizowanych na zajęciach laboratoryjnych	10
Liczba zajęć projektowych, w których osiągnięte efekty uczenia się sprawdzane są na podstawie prezentacji projektu, raportu pisemnego, referatu pisemnego, referatu ustnego lub sprawozdania z projektu	0
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na wykonanie projektu/dokumentacji/raportu oraz przygotowanie do prezentacji	0
Liczba zajęć wykładowych, które wymagają odrębnego zaliczenia w formie pisemnej lub ustnej niezależnie od wymagań innych form zajęć tego modułu	4
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do sprawdzianów realizowanych na zajęciach wykładowych	14

7.3 Treści programowe

Badania eksperymentalne lotniczych silników turbinowych	K_W03, K_K01, K_K02
<ul style="list-style-type: none"> Pojęcia podstawowe; istota i filozofia metrologii, sygnały pomiarowe klasyfikacja i ich właściwości, tory pomiarowe i ich właściwości, niepewności pomiarowe. Klasyfikacja badań. Naukowe badania stosowane. Badania doświadczalne. Badania zakładowe. Przetworniki wielkości fizycznych, klasyfikacja. Przetworniki parametryczne, rezystancyjne, pojemnościowe, termometryczne. Przetworniki indukcyjne, optoelektroniczne, mikromechaniczne, piezoelektryczne, piezorezystywne, termoanemometryczne, ultradźwiękowe, wirowe. Podstawowe układy pomiarowe, układy wzmacniania i formowania sygnałów pomiarowych. Wybrane zagadnienia komputerowych systemów pomiarowych. Programowanie w środowisku DasyLab Zaliczenie pisemne Badanie pola prędkości w dyfuzorze metodą ciśnieniową Pomiary sił metodami tensometrycznymi, badanie charakterystyk profilowych w tunelu aerodynamicznym metodą wagową Pomiary turbulencji w kanale. 	
Badania nieniszczące	K_W03, K_K01, K_K02
<ul style="list-style-type: none"> Badania wizualne. Badania penetracyjne. Badania magnetyczno-proszkowe. Badania siły termoelektrycznej. Metoda prądów wirowych. Badania powłok i udziału ferrytu. Badania ultradźwiękowe. Badania radiograficzne. Ocena jakości złączy spawanych na podstawie badań nieniszczących według norm europejskich. Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących. Badania wizualne i penetracyjne. Badania magnetyczno-proszkowe. Badania prądami wirowymi. Badania powłok i udziału ferrytu. Badania radiograficzne. Badania ultradźwiękowe. 	
Konstrukcja silników lotniczych	K_W02, K_U01, K_U02, K_K01, K_K02
<ul style="list-style-type: none"> Przegląd silników turbinowych Przepisy budowy silników turbinowych - CSE Systemowe podejście w konstrukcji i projektowaniu silników turbinowych Źródła obciążeń turbinowego silnika lotniczego Ustroje nośne wirników i korpusów silników turbinowych Łożyskowanie silników turbinowych Podpory silników turbinowych Wloty silników turbinowych 	

Sprężarki silników turbinowych • Komory spalania silników turbinowych • Turbiny osiowe • Układy wyprowadzania spalin z silnika • Funkcjonowanie systemów i instalacji osprzętu silnikowego • Charakterystyczne usterki silników turbinowych i ich symptomy • Wybrane zagadnienia z zakresu konstrukcji silników turbinowych • Topologia silników turbinowych - identyfikacja komponentów i ich zapis graficzny • Obliczenia wybranych elementów konstrukcji silnika lotniczego	
Oprzęt i sterowanie lotniczych silników turbinowych	K_W02, K_K01, K_K02
<ul style="list-style-type: none"> Przeгляд metod sterowania i projektowania układów sterowania. Śmigło lotnicze jako obiekt sterowania. Silnik odrzutowy jako obiekt sterowania: charakterystyka procesu roboczego silnika, równania dynamiki silnika odrzutowego. Układ regulacji prędkości obrotowej, regulatory temperatury i mocy. Sterowanie silników dwuwirnikowych. Sterowanie turbinowych silników śmigłowych. Równania dynamiki turbinowych silników śmigłowych. Prawa sterowania na podstawowych zakresach pracy. Regulatory prędkości obrotowej turbinowych silników śmigłowych. Regulatory temperatury spalin. Korektery i ograniczniki. Sterowanie wirników nośnych śmigłowców i śmigieł. Ograniczenia w sterowaniu śmigłowców. Sterowanie turbinowych silników dwuprzepływowych. Specyfika sterowania i automatycznej regulacji silników dwuprzepływowych. Dwuprzepływowy silnik odrzutowy jako obiekt regulacji. Układy sterowania i automatycznej regulacji silników dwuprzepływowych. Zasady projektowania układów sterowania lotniczych zespołów napędowych. Tendencje i perspektywy rozwoju układów sterowania lotniczych zespołów napędowych. 	
Przepływy gazu w silniku lotniczym	K_W01, K_K01, K_K02
<ul style="list-style-type: none"> Pojęcia podstawowe Mechaniki płynów: linia prądu i tor elementu płynu, powierzchnia prądu, rurka prądu. Lepkość i ściśliwość ośrodka płynnego. Zasada zachowania masy: równanie ciągłości, wydatek masowy i objętościowy płynu. Zasada zachowania energii: Równanie Bernoulliego dla przepływu cieczy i gazu. Zastosowania równania ciągłości do wyznaczania prędkości i wydatku płynu. Prędkość dźwięku w gazach, liczba Macha i Laval. • 1. Podstawowe właściwości płynów 2. Hydrostatyka 3. Równanie Bernoulliego dla przepływów płynu idealnego 4. Równanie Bernoulliego dla przepływów płynów rzeczywistych 	
Sprężarki silników lotniczych	K_W01, K_K01, K_K02
<ul style="list-style-type: none"> Maszyny wirnikowe - podział, działanie, definicje. Równania analizy termoaerodynamicznej. Parametry strumienia jako funkcje gazodynamiczne. Sprężarki typu osiowego i promieniowego - cechy konstrukcyjne, zasady działania i zastosowanie. Charakterystyczne prace i sprawności, spręż statyczny i splętrzenia sprężarki. Schemat, działanie i podstawowe parametry stopnia promieniowego. Kanały wlotowe sprężarki. Analiza pracy wirnika i dyfuzorów sprężarki odśrodkowej. Rotalpia, parametry stanu w przepływie względnym i reakcyjność stopnia. Płaska palisada profili i trójkąty prędkości strumienia w stopniu osiowym. Podstawowe zależności aerodynamiczne dla palisady. Analiza strat w osiowym stopniu sprężającym. Charakterystyki sprężarek. Przyczyny i skutki zjawiska oderwania wirującego i pompażu. • Siły oddziaływania ścianek dyfuzora na strumień. Wyznaczenie parametrów na wejściu na wejściu sprężarki i wyjściu za pomocą funkcji gazodynamicznych. Parametry strumienia na wylocie wirnika, dyfuzora bezłopatkowego, łopatkowego i kolektora sprężarki promieniowej. 	
Technologia silników turbinowych	K_W01, K_K01, K_K02
<ul style="list-style-type: none"> Warstwa wierzchnia - budowa, znaczenie w procesach eksploatacji. Pojęcie technologii. Technologie kluczowe w procesach elementów turbinowych silników lotniczych. • Materiały stosowane na elementy silnika lotniczego. Technologie odlewnicze stosowane w procesach elementów turbinowych silników lotniczych. Technologie przeróbki plastycznej elementów turbinowych silników lotniczych. • Technologie obróbki ubytkowej elementów turbinowych silników lotniczych. Technologie przyrostowe w procesach technologicznych elementów turbinowych silników lotniczych. • Powłokowe Bariery Ciepne i warstwy żaroodporne w silnikach lotniczych - budowa, właściwości, wytwarzanie • Obróbka cieplna i cieplno-chemiczna materiałów stosowanych w konstrukcji silników lotniczych • Podstawy inżynierii produkcji. Cyfryzacja produkcji. Technologie czwartej rewolucji przemysłowej. • Powłokowe Bariery Ciepne i warstwy żaroodporne w silnikach lotniczych - - przegląd technologii wytwarzania • Wybrane procesy specjalne w technologii silników lotniczych - borowanie, azotowanie, PVD, natryskiwanie ciepne • Przykłady zastosowania natryskiwania ciepłego w technologii silników lotniczych 	
Turbinowe silniki lotnicze	K_W01, K_K01, K_K02
<ul style="list-style-type: none"> Wprowadzenie do przedmiotu, przegląd rozwiązań silników lotniczych. Omówienie zasadniczych zespołów silnika turbinowego. • Analiza obiegu różnych typów silników turbinowych z omówieniem zachodzących w nich procesów przepływowo-ciepnych. • Omówienie charakterystyk eksploatacyjnych silników oraz ograniczeń eksploatacyjnych dla poszczególnych typów konstrukcji silnika • Analiza wybranych konstrukcji silnika turbinowego • Obliczenia termo-gazodynamiczne oraz wyznaczanie osiąгов wybranych typów silnika turbinowego 	
Turbiny silników lotniczych	K_W01, K_K01, K_K02
<ul style="list-style-type: none"> Turbiny typu osiowego i promieniowego - cechy konstrukcyjne, zasady działania i zastosowanie. Praca, sprawności i moc turbiny Schemat, działanie i podstawowe parametry stopnia osiowego turbiny. Charakterystyki turbin. • Funkcje gazodynamiczne, obliczenia przepływu w turbinie osiowej 	
Wytrzymałość maszyn wirnikowych	K_U01, K_U02, K_K01, K_K02
<ul style="list-style-type: none"> Zapoznanie z kartą przedmiotu. Wiadomości wstępne. Siła odśrodkowa w maszynach wirnikowych. Analiza obciążeń działających na maszynę wirnikową. Obciążenia masowe. Obciążenia termiczne. Obciążenia od naporu napływającego czynnika. • Obciążenia działające na tarczę turbiny. Równania opisujące rozkład naprężeń i odkształceń w wirującej tarczy. Rozkłady naprężeń w wirującej tarczy pełnej oraz tarczy z otworem. • Wirująca tarcza o stałej wytrzymałości. Naprężenia termiczne w tarczach. Tarcza obciążona niejednorodnym polem temperatury. Niewyważenie statyczne i dynamiczne. Wyważanie tarcz i wirników. • Obciążenia działające na łopatkę. Rozkład temperatury na powierzchni łopatki. Rozkład naprężeń i odkształceń w wirującej łopatkę. Deformacja mechaniczna i termiczna łopatki. Zdefiniowanie danych do projektu dotyczącego analizy naprężeń i odkształceń wybranych podzespołów silników lotniczych. • Eksperymentalna analiza modalna wybranych podzespołów silników lotniczych z wykorzystaniem systemu wibracyjnego Unholtz-Dickie. 	