

Program studiów

# **Analizy wytrzymałościowe dla przemysłu lotniczego podyplomowe**

## 1. Podstawowe informacje o studiach podyplomowych

Nazwa studiów	Analizy wytrzymałościowe dla przemysłu lotniczego
Poziom studiów	podyplomowe
Liczba semestrów	studia niestacjonarne: 2
Liczba punktów ECTS wymagana do ukończenia studiów	32
Łączna liczba godzin zajęć	250

## 2. Cel studiów podyplomowych

Celem studiów podyplomowych Analizy wytrzymałościowe dla przemysłu lotniczego jest pogłębienie wiedzy i podnoszenie kompetencji zawodowych w obszarze analiz numerycznych metodą elementów skończonych (MES), na potrzeby przemysłu lotniczego.

## 3. Adresaci studiów podyplomowych

Adresatami studiów podyplomowych Analizy wytrzymałościowe dla przemysłu lotniczego są absolwenci studiów inżynierskich, którzy w swoim toku studiów nie poznali zaawansowanych narzędzi i technik z obszaru analiz MES oraz nie mają wiedzy z zakresu samolotów i silników lotniczych. Studia skierowane są do osób pracujących, które chciałyby podnieść kwalifikacje lub przebranżwić się na rzecz przemysłu lotniczego.

## 4. Sylwetka absolwenta, możliwości zatrudnienia

Podstawowym celem studiów jest kształcenie i przygotowanie kadry inżynierskiej do pracy na stanowiskach analityków wytrzymałościowych, ze szczególnym zwróceniem uwagi na analizy MES z wykorzystaniem najnowszych narzędzi komercyjnych, jednocześnie pogłębiając wiedzę z zakresu działania i projektowania samolotów oraz silników lotniczych. Starannie wybrany program studiów zapewnia wykształcenie odpowiadające potrzebom i wymaganiom współczesnego przemysłu lotniczego oraz tych gałęzi przemysłu, które cechują się nowoczesną technologią i zaawansowanymi narzędziami obliczeniowymi. Absolwent uzyskuje współczesną wiedzę z zakresu analiz MES oraz podstaw projektowania i zasad działania konstrukcji lotniczych.

## 5. Zasady rekrutacji

Rekrutacja na podstawie zgłoszeń przy spełnieniu 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 konstrukcji lotniczych na poziomie zaawansowanym	P6S_WG
K_W02	Posiada pogłębioną wiedzę na temat budowy i zasady działania wybranych konstrukcji lotniczych	P7S_WG
K_W03	Posiada pogłębioną wiedzę na temat badań eksperymentalnych, wytrzymałości i analiz numerycznych	P7S_WG
K_U01	Posiada umiejętność prowadzenia obliczeń wytrzymałościowych konstrukcji lotniczych	P6S_UW
K_U02	Posiada umiejętność stosowania zasad prawidłowego prowadzenia analiz numerycznych	P6S_UW
K_U03	Ma świadomość ciągłego doskonalenia i samokształcenia	P6S_UU
K_K01	Wykazuje krytyczne rozumienie wyników własnej działalności	P6S_KK

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

Sem.	Jedn.	Nazwa zajęć	Wykład	Ćwiczenia/ Lektorat	Lab.	Projekt/ Seminarium	Suma godzin	Punkty ECTS	Godziny praktyczne	ECTS praktyczne	Godziny zdalne	ECTS zdalne	Egzamin	Oblig.
1	ML	Materiały metalowe i kompozytowe	15	0	20	0	35	4	20	2	0	0	T	
1	ML	Modelowanie 3D	0	0	15	0	15	2	15	2	0	0	N	
1	ML	Podstawy projektowania konstrukcji lotniczych	15	0	0	0	15	2	0	0	0	0	N	
1	ML	Samolot – konstrukcja i osiągi	15	0	0	0	15	2	0	0	0	0	N	
1	ML	Silnik lotniczy – konstrukcja i osiągi	20	0	0	0	20	2	0	0	0	0	N	
1	ML	Wytrzymałość materiałów i podstawy MES	20	0	20	0	40	5	20	2	0	0	T	
Sumy za semestr: 1			85	0	55	0	140	17	55	6	0	0	2	0
2	ML	Analizy aero-termiczne	0	0	15	0	15	2	15	2	0	0	N	
2	ML	Analizy liniowe i nieliniowe	0	0	20	0	20	4	20	4	0	0	N	
2	ML	Badania doświadczalne konstrukcji lotniczych	10	0	0	0	10	1	0	0	0	0	N	

2	ML	Drgania i analizy dynamiczne	10	0	20	0	30	4	20	3	0	0	N	
2	ML	Podstawy skryptowania	0	0	10	0	10	1	10	1	0	0	N	
2	ML	Zmęczenie materiału	10	0	15	0	25	3	15	2	0	0	T	
Sumy za semestr: 2			30	0	80	0	110	15	80	12	0	0	1	0
SUMY ZA WSZYSTKIE SEMESTRY:			115	0	135	0	250	32	135	18	0	0	3	0

Liczba punktów ECTS przypisanych do zajęć kształtujących umiejętności praktyczne: 18

Liczba punktów ECTS przypisanych do zajęć prowadzonych z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość: 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.	10 ECTS
Łączna liczba punktów ECTS przyporządkowana zajęciom związanym z prowadzoną w uczelni działalnością naukową w dyscyplinie lub dyscyplinach, do których przyporządkowany jest kierunek studiów.	5 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 osiąganych 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 osiąganych 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	3
Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin w formie pisemnej	3
Liczba zajęć, w których wymagany jest egzamin w formie ustnej	0
Liczba godzin przeznaczona na egzamin w formie pisemnej	4
Liczba godzin przeznaczona na egzamin w formie ustnej	0
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do egzaminów i zaliczeń	90
Liczba zajęć, które kończą się zaliczeniem bez egzaminu	9
Liczba godzin przeznaczona na zaliczenie w formie pisemnej	8
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 osiąganych efektów uczenia się realizowana jest na podstawie obserwacji wykonawstwa (laboratoria)	8
Liczba laboratoriów, w których osiągane efekty uczenia się sprawdzane są na podstawie sprawdzianów w trakcie semestru	4
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do sprawdzianów realizowanych na zajęciach laboratoryjnych	42
Liczba zajęć projektowych, w których osiągane 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	5
Szacowana liczba godzin, którą studenci powinni poświęcić na przygotowanie się do sprawdzianów realizowanych na zajęciach wykładowych	50

## 7.3 Treści programowe

Analizy aero-termiczne	K_W01, K_W02, K_W03, K_U01, K_U02, K_U03, K_K01
• Modelowanie numeryczne obciążeń termicznych. • Modelowanie numeryczne zagadnienia cieplno-strukturalnego z uwzględnieniem zależnych od temperatury właściwości materiałowych. • Import obciążeń termicznych i aerodynamicznych do modelowanego zagadnienia strukturalnego. • Modelowanie numeryczne pól temperatury i wpływ rozszerzalności cieplnej na pracę silników.	
Analizy liniowe i nieliniowe	K_W01, K_W02, K_W03, K_U01, K_U02, K_U03, K_K01
• Wstęp do analizy nieliniowej, zastosowanie materiałów o charakterystyce nieliniowej • Analiza zagadnień kontaktowych, modelowanie zespołów węzłów lotniczych struktur nośnych • Modelowanie zespołów turbin oraz sprężarek • Wprowadzenie do analizy typu transient • Studium przypadku przemysłowego	
Badania doświadczalne konstrukcji lotniczych	K_W01, K_W03, K_U03, K_K01

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wprowadzenie do problematyki badania konstrukcji lotniczych</li> <li>• Pomiar hałasu i składu spalin silników lotniczych</li> <li>• Konstrukcje stanowisk i przepisy z zakresu badania silników oraz samolotów</li> </ul>	
Drgania i analizy dynamiczne	K_W01, K_W02, K_W03, K_U01, K_U02, K_U03, K_K01
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wprowadzenie do zagadnień drgań układów dyskretnych i ciągłych. Pojęcia podstawowe.</li> <li>• Drgania jednowymiarowych układów ciągłych, odniesienie do zagadnień lotniczych.</li> <li>• Drgania dwuwymiarowych układów ciągłych, problematyka wyznaczania bezpiecznych stref pracy układów wirujących (wykres Campbella), odniesienie do zagadnień lotniczych.</li> <li>• Analiza drgań własnych układów jedno i dwuwymiarowych (struna, belka, płyta kołowo-symetryczna). Interpretacja otrzymanych wyników (częstości i postaci drgań własnych, wykres Campbella).</li> <li>• Analiza drgań wymuszonych układów jedno i dwuwymiarowych, problematyka rozwiązania zagadnienia brzegowo-początkowego i zagadnienia drgań wymuszonych ustalonych (analizy transient, harmonics).</li> </ul>	
Materiały metalowe i kompozytowe	K_W01, K_W02, K_U01, K_U02, K_U03, K_K01
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podział materiałów</li> <li>• Krzywa rozciągania. Materiały metalowe i plastyczność</li> <li>• Materiały kompozytowe</li> <li>• Kryteria niszczenia</li> <li>• Pełzanie i zużycie</li> </ul>	
Modelowanie 3D	K_W02, K_W03, K_U02, K_U03, K_K01
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Omówienie metodyki tworzenia złożeń w współczesnych systemach CAD. Wykonanie reprezentacyjnego przykładowego modelu złożenia.</li> <li>• Omówienie metodyki tworzenia dokumentacji płaskiej w systemach CAD. Wykonanie reprezentacyjnego przykładowego detalu.</li> <li>• Modelowanie elementów z naciętym gwintem. Wykonanie przykładu.</li> <li>• Upraszczanie geometrii i morphing</li> </ul>	
Podstawy projektowania konstrukcji lotniczych	K_W01, K_W02, K_W03, K_U01, K_U02, K_U03, K_K01
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obliczenia projektowe wału na skręcanie, śruby i połączenia gwintowe</li> <li>• zagadnienia zmęczenia materiału w konstrukcji maszyn</li> <li>• eksperymentalne pomiary odkształceń i naprężeń, pełzanie, korozja, rozwarstwienie</li> </ul>	
Podstawy skryptowania	K_W03, K_U03, K_K01
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wprowadzenie do systemu obliczeniowego ANSYS APDL. Omówienie poszczególnych narzędzi oprogramowania.</li> <li>• Tworzenie skryptu do wieloetapowych obliczeń MES, analiza wyników obliczeń.</li> <li>• Wymiana wyników danych obliczeniowych i geometrycznych pomiędzy modułami oprogramowania, obliczenia z wykorzystaniem ścieżki komend.</li> </ul>	
Samolot – konstrukcja i osiągi	K_W01, K_W02, K_U03, K_K01
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zarys historii lotnictwa</li> <li>• Obwiednia obciążeń, klasyfikacja struktur lotniczych, filozofie projektowania struktur lotniczych</li> <li>• Obciążenia aerodynamiczne i strukturalne zespołów samolotu</li> <li>• Materiały lotnicze</li> <li>• Atmosfera ziemska, charakterystyki aerodynamiczne samolotu</li> <li>• Lot ślizgowy oraz lot silnikowy samolotu</li> <li>• Zasięg i długotrwałość lotu. Profil startu i lądowania</li> </ul>	
Silnik lotniczy – konstrukcja i osiągi	K_W01, K_W02, K_U03, K_K01
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podział silników lotniczych i ich konstrukcja</li> <li>• Zasada działania silnika turbinowego i obliczenia termogazodynamiczne</li> <li>• Konstrukcja jedno i dwuprzepływowych silników</li> <li>• Zarys przepisów dotyczących projektowania i testowania silników</li> <li>• Osiągi silników lotniczych</li> </ul>	
Wytrzymałość materiałów i podstawy MES	K_W01, K_W02, K_W03, K_U01, K_U02, K_U03, K_K01
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podstawy wytrzymałości materiałów</li> <li>• Podstawowe przypadki obciążenia elementów konstrukcji</li> <li>• Płaski stan naprężenia i hipotezy wyężeniowe</li> <li>• Podstawy MES - równanie konstytutywne</li> <li>• Zasady tworzenia macierzy sztywności</li> <li>• Problemy nieliniowości - podstawy</li> <li>• podstawowa obsługa programu Ansys, import geometrii</li> <li>• przypisanie geometrii, siatka i jakość, podstawowe warunki brzegowe</li> <li>• obciążenia i opracowanie wyników</li> <li>• Obliczenia analityczne i odpowiadające im numeryczne - weryfikacja metodyki</li> </ul>	
Zmęczenie materiału	K_W02, K_W03, K_U01, K_U02, K_U03, K_K01
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analiza naprężeń w prostych stanach obciążenia: rozciąganie, skręcanie i zginanie. Projektowanie konstrukcji nośnych</li> <li>• Zmęczenie materiałów wysokocyklowe S-N, krzywa Wohlera, rodzaje obciążeń, e-N</li> <li>• szacowanie trwałości w oparciu o dane materiałowe, wykres Goodmana</li> <li>• Wprowadzenie do mechaniki pękania i obliczeń</li> <li>• Budowa modelu zmęczeniowego</li> <li>• Wpływ rodzaju naprężeń wykorzystanych w analizie</li> <li>• Przykładowe analizy zmęczeniowe konstrukcji lotniczych</li> </ul>	