

**Standardy kształcenia dla kierunku studiów:****Lotnictwo i kosmonautyka****A. STUDIA PIERWSZEGO STOPNIA****I. WYMAGANIA OGÓLNE**

Studia pierwszego stopnia trwają nie krócej niż 7 semestrów. Liczba godzin zajęć nie powinna być mniejsza niż 2500. Liczba punktów ECTS (European Credit Transfer System) nie powinna być mniejsza niż 210.

**II. KWALIFIKACJE ABSOLWENTA**

Absolwent powinien opanować wiedzę i praktyczne umiejętności w zakresie konstruowania, wytwarzania i eksploatacji statków powietrznych i obiektów kosmicznych. Wiedza ta, w odniesieniu do wszystkich prowadzonych specjalności, powinna obejmować nowoczesne technologie i środki informacyjne oraz wymagania międzynarodowych instytucji lotniczych. Absolwent jest przygotowany do wykonywania zadań inżynierskich w nowoczesnych zakładach przemysłu lotniczego i u użytkowników statków powietrznych, powinien również posiadać umiejętności przenoszenia nowoczesnej technologii lotniczej do innych gałęzi przemysłu, a szczególnie tych, które realizują zadania dla lotnictwa i kosmonautyki. Absolwent powinien znać język obcy na poziomie biegłości B2 Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego Rady Europy i umieć posługiwać się językiem specjalistycznym. Absolwent jest przygotowany do podjęcia studiów drugiego stopnia.

**III. RAMOWE TREŚCI KSZTAŁCENIA****1. GRUPY TREŚCI KSZTAŁCENIA, MINIMALNA LICZBA GODZIN ZAJĘĆ ZORGANIZOWANYCH ORAZ MINIMALNA LICZBA PUNKTÓW ECTS**

	godziny	ECTS
A. GRUPA TREŚCI PODSTAWOWYCH	795	76
B. GRUPA TREŚCI KIERUNKOWYCH	180	16
<b>Razem</b>	<b>975</b>	<b>92</b>

**2. SKŁADNIKI TREŚCI KSZTAŁCENIA W GRUPACH, MINIMALNA LICZBA GODZIN ZAJĘĆ ZORGANIZOWANYCH ORAZ MINIMALNA LICZBA PUNKTÓW ECTS**

	godziny	ECTS
<b>A. GRUPA TREŚCI PODSTAWOWYCH</b>	<b>795</b>	<b>76</b>
<b>Treści kształcenia w zakresie:</b>		
1. Matematyki	180	
2. Fizyki	75	
3. Informatyki	45	
4. Grafiki inżynierskiej i zapisu konstrukcji	45	

5. Mechaniki ogólnej	60	
6. Wytrzymałości materiałów i konstrukcji	45	
7. Aerodynamiki	30	
8. Mechaniki płynów	45	
9. Mechaniki lotu	45	
10. Podstaw elektrotechniki	30	
11. Podstaw elektroniki	45	
12. Podstaw automatyki	45	
13. Termodynamiki	45	
14. Podstaw konstrukcji maszyn	60	
<b>B. GRUPA TREŚCI KIERUNKOWYCH</b>	<b>180</b>	<b>16</b>
<b>Treści kształcenia w zakresie:</b>		
1. Budowy i projektowania obiektów latających		
2. Silników lotniczych i kosmicznych		
3. Wyposażenia pokładowego		
4. Technologii lotniczej i kosmicznej		
5. Materiałów lotniczych		
6. Eksploatacji statków latających		

### 3. TREŚCI I EFEKTY KSZTAŁCENIA

#### A. GRUPA TREŚCI PODSTAWOWYCH

##### 1. Kształcenie w zakresie matematyki

*Treści kształcenia:* Liczby rzeczywiste i zespolone. Elementy geometrii analitycznej na płaszczyźnie i w przestrzeni trójwymiarowej. Podstawy rachunku wektorowego. Macierze i wyznaczniki. Ciągi i szeregi liczbowe. Granica i ciągłość funkcji rzeczywistych jednej i wielu zmiennych. Pochodna, pochodne cząstkowe. Funkcja pierwotna, całka oznaczona, całki wielokrotne, całki krzywoliniowe i powierzchniowe. Twierdzenie o wartości średniej. Twierdzenie Taylora. Ekstrema funkcji jednej i wielu zmiennych rzeczywistych. Szeregi funkcyjne. Podstawowe wiadomości o funkcjach zmiennej zespolonej, wielomiany w ciele liczb zespolonych. Podstawowe wiadomości z teorii równań różniczkowych zwyczajnych. Wybrane równania opisujące zjawiska fizyczne i metody ich rozwiązywania. Elementy rachunku prawdopodobieństwa. Zdarzenia losowe, prawdopodobieństwo warunkowe i zupełne. Zmienna losowa, gęstość rozkładu, dystrybuanta, momenty. Elementy statyki matematycznej. Zasada estymacji. Zastosowania rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej w technice.

##### 2. Kształcenie w zakresie fizyki

*Treści kształcenia:* Zasada względności. Czasoprzestrzeń. Transformacje Lorentza. Kinematyka i dynamika relatywistyczna. Siła. Ładunek, pole ładunku w ruchu jednostajnym i przyspieszonym. Oddziaływanie ładunków w ruchu. Fale elektromagnetyczne. Rezonatory. Światłowody. Sformułowanie wariacyjnej mechaniki i elektrodynamiki. Elementy mechaniki statystycznej. Optyka geometryczna i falowa. Elementy elektronooptyki – zastosowania w technice. Elementy wibroakustyki, dźwięki słyszalne i niesłyszalne. Ultradźwięki – właściwości fizyczne, zastosowania w technice.

##### 3. Kształcenie w zakresie informatyki

*Treści kształcenia:* Systemy operacyjne. Języki programowania (zmienne i stałe, operacje arytmetyczne relacyjne i logiczne, deklaracje typów, instrukcje podstawiania sterujące i wejścia-wyjścia, funkcje biblioteczne, podprogramy, moduły, struktury, podstawowe operacje algorytmiczne). Proste algorytmy numeryczne i kombinatoryczne. Rozwiązywanie układów równań liniowych i nieliniowych. Interpolacje funkcjami sklejanymi. Zagadnienia brzegowe dla równań różniczkowych zwyczajnych.

#### **4. Kształcenie w zakresie grafiki inżynierskiej i zapisu konstrukcji**

*Treści kształcenia:* Geometria wykreślna. Podstawy rysunku aksonometrycznego. Zasady odwzorowania prostokątnego. Odwzorowanie prostych elementów w przestrzeni oraz relacji zachodzących pomiędzy nimi. Metoda transformacji rzutni. Odwzorowanie brył i wyznaczanie linii przenikania. Podstawy wykonywania rysunku warsztatowego. Odwzorowanie prostych przedmiotów. Przekroje i widoki cząstkowe. Połączenia gwintowe, wpustowe i zębate. Tworzenie i odczytywanie rysunku złożeniowego.

#### **5. Kształcenie w zakresie mechaniki ogólnej**

*Treści kształcenia:* Siły i momenty. Tarcie ślizgowe i toczne. Równania równowagi. Kinematyka punktu oraz bryły. Ruch punktu materialnego oraz ciała sztywnego o masie stałej i zmiennej. Dynamika punktu materialnego. Pęd, kręt, energia punktu, układu punktów oraz ciała sztywnego o masie stałej i zmiennej. Równania ruchu. Układy drgające – modele liniowe, dyskretne i ciągłe. Drgania parametryczne, samowzbudne i losowe. Sterowanie drganiami.

#### **6. Kształcenie w zakresie wytrzymałości materiałów i konstrukcji**

*Treści kształcenia:* Sprężystość i plastyczność materiałów. Układy liniowe i nieliniowe. Analiza stanu naprężenia i odkształcenia. Ciała izotropowe i nie izotropowe (kompozyty). Równania konstytutywne. Ocena bezpieczeństwa ustroju. Energia odkształcenia. Podstawowe jednowymiarowe stany napięcia: rozciąganie i ściskanie, skręcanie, zginanie. Problemy utraty stateczności prętów.

#### **7. Kształcenie w zakresie aerodynamiki**

*Treści kształcenia:* Teoria profilu lotniczego: opis geometrii, odwzorowanie konforemne, profil Żukowskiego, rozkład ciśnień na profilu, współczynniki sił aerodynamicznych, biegunowa profilu. Skrzydło o skończonym wydłużeniu: opis geometrii, teoria linii nośnej, opór indukowany. Warstwa przyścienna: laminarna, turbulentna, oderwanie, ślad aerodynamiczny. Aerodynamika dużych prędkości: teoria małych zaburzeń, równanie Bernoulliego dla przepływu ściśliwego, liczba Macha, dysza de Laval, fale zgęszczeniowe i rozrzedzeniowe. Nagrzewanie aerodynamiczne.

#### **8. Kształcenie w zakresie mechaniki płynów**

*Treści kształcenia:* Opis stanu i ruchu płynu. Elementy hydrostatyki – równanie równowagi, parcie cieczy na ścianki. Równanie ciągłości. Równanie Eulera. Całki równania Eulera: równanie Bernoulliego, równanie Cauchy-Lagrangea. Elementy kinematyki. Ruch wirowy, cyrkulacja, model wiru Rankina. Tensor prędkości deformacji i tensor naprężeń. Równanie Naviera-Stokesa – przykłady rozwiązań analitycznych. Podobieństwo przepływów. Elementy hydrauliki. Ruch laminarny i turbulentny, współczynnik turbulencji. Ruch potencjalny. Warstwa przyścienna, równanie Prandtla, równanie Karmana. Współczynnik oporu ciała smukłego (płytki) i tępego (walec), oderwanie przepływu.

#### **9. Kształcenie w zakresie mechaniki lotu**

*Treści kształcenia:* Charakterystyki aerodynamiczne bryły w opływie. Biegunowa aerodynamiczna. Siły działające na statek latający. Osiągi. Loty ustalone i nieustalone. Równowaga sił i momentów. Równania ruchu. Stateczność statyczna i dynamiczna. Sterowność i manewrowość. Loty suborbitalne i orbitalne statków w przestrzeni.

#### **10. Kształcenie w zakresie podstaw elektrotechniki**

*Treści kształcenia:* Pole elektryczne, teoria obwodów prądu stałego, zjawiska elektrochemiczne, magnetyzm i elektromagnetyzm, obwody elektryczne jedno, dwu i trójfazowe. Czwórniki i filtry. Przetwarzanie i użytkowanie energii: odbiorniki energii elektrycznej, silniki i generatory prądu stałego i przemiennego. Urządzenia do przesyłania i rozdziału energii elektrycznej: łączniki, bezpieczniki, przewody i kable.

#### **11. Kształcenie w zakresie podstaw elektroniki**

*Treści kształcenia:* Budowa i właściwości fizyczne materiałów półprzewodnikowych. Elementy półprzewodnikowe: termistory, warystory, gaussotrony, hallotrony, tensometry. Diody półprzewodnikowe. Tranzystory: zasada działania, układy pracy, parametry.

Elementy przełączające: dynistory, diaki, tyrystory, triaki. Zasilacze elektroniczne. Wzmacniacze: rodzaje, właściwości, realizacje układowe. Energoelektronika: prostowniki sterowane i niesterowane, falowniki, sterowniki prądu przemiennego.

## **12. Kształcenie w zakresie podstaw automatyki**

*Treści kształcenia:* Pojęcia obiektu i układu sterowania. Sygnały i elementy układów automatyki. Modelowanie obiektów i elementów automatyki. Klasyfikacja i podział układów automatyki. Liniowe układy ze sprzężeniem zwrotnym: struktury, sterowalność i obserwowalność, stabilność. Wprowadzenie do regulacji impulsowej. Regulatory ciągłe i dyskretne. Jakość procesów regulacji: kryteria, wybrane metody syntezy układów regulacji. Układy regulacji nieliniowej: typy nieliniowości, regulacja dwu i trójpołożeniowa, opóźnienie w układach automatyki. Metody symulacyjne badania układów dynamicznych. Niezawodność układów automatycznych.

## **13. Kształcenie w zakresie termodynamiki**

*Treści kształcenia:* Zasady termodynamiki. Obiegi termodynamiczne. Przemiany charakterystyczne. Równania stanu gazów doskonałych i rzeczywistych. Właściwości mieszanin gazów. Spalanie paliw ciekłych i stałych. Właściwości produktów spalania. Wymiana ciepła: przewodzenie, konwekcja, promieniowanie cieplne. Zewnętrzne i wewnętrzne źródła ciepła nagrzewającego konstrukcję.

## **14. Kształcenie w zakresie konstrukcji maszyn**

*Treści kształcenia:* Metodyka konstruowania – kryteria oceny obiektu, niezawodność, bezpieczeństwo, procesy prowadzące do uszkodzeń obiektów mechanicznych. Wytrzymałość doraźna, zmęczenie materiałów (wpływ obróbki, karbów, wielkości przedmiotu), mechanika pękania, zużycie. Połączenia ciągłe i dyskretne – obciążenia dopuszczalne i niszczące, prawdopodobieństwo uszkodzenia (na podstawie łożysk tocznych). Problemy konstrukcyjne, technologiczne i eksploatacyjne sprzęgieł, przekładni zębatych, przekładni pasowych, hamulców.

# **B. GRUPA TREŚCI KIERUNKOWYCH**

## **1. Kształcenie w zakresie budowy i projektowania obiektów latających**

*Treści kształcenia:* Podstawowe zespoły obiektów latających. Definicja misji. Analiza trendów projektowych. Wstępne oszacowanie masy. Wybór obciążenia powierzchni, ciągu lub mocy. Bezpieczeństwo, przepisy zatności lotnej. Projektowanie płata głównego i kadłuba. Wybór konfiguracji usterzeń. Wybór zespołu napędowego. Projektowanie klap, slotów, hamulców. Obciążenie konstrukcji. Projektowanie elementów struktury i wybór materiałów. Uwzględnienie wymagań stateczności i sterowności w projektowaniu. Analiza kosztów projektu. Kompromisy w konstrukcjach lotniczych. Elementy projektowania rakiet i statków kosmicznych.

## **2. Kształcenie w zakresie silników lotniczych i kosmicznych**

*Treści kształcenia:* Klasyfikacja, obszary zastosowań, obiegi termodynamiczne, bilans energetyczny. Zasada pracy i budowa podzespołów konstrukcyjnych silników tłokowych, turbinowych i odrzutowych. Charakterystyki wewnętrzne i zewnętrzne silników lotniczych. Układy zasilania, olejania i chłodzenia. Eksploatacja silników lotniczych.

## **3. Kształcenie w zakresie wyposażenia pokładowego**

*Treści kształcenia:* Wyposażenie pilotażowo-nawigacyjne. Wyposażenie energetyczne, elektryczne, hydrauliczne i pneumatyczne. Wyposażenie diagnostyczne, łącznościowe i lokalizacyjne. Wyposażenie specjalistyczne: bezpieczeństwa człowieka, bezpieczeństwa statku latającego.

## **4. Kształcenie w zakresie technologii lotniczej i kosmicznej**

*Treści kształcenia:* Odwzorowanie geometrii obiektów latających. Odwzorowanie geometrii zespołów głównych. Odwzorowanie geometrii bryły obiektów latających. Schematy kompletacji. Metody montażu ze względu na sposoby bazowania w odniesieniu do

konstrukcji metalowych i konstrukcji z kompozytów polimerowych. Techniki łączenia. Zagadnienia jakości w budowie statków powietrznych.

#### **5. Kształcenie w zakresie materiałów lotniczych**

*Treści kształcenia:* Metalowe materiały konstrukcyjne – podstawowe właściwości wytrzymałościowe, sprężyste, trwałościowe oraz technologiczne i użytkowe. Stale konstrukcyjne – węglowe i stopowe. Obróbka ubytkowa, plastyczna oraz cieplna i cieplno-chemiczna. Materiały konstrukcyjne na podstawie aluminium, magnezu, miedzi, niklu, kobaltu i tytanu. Podstawy teorii korozji i zabezpieczeń antykorozyjnych. Kompozyty metaliczne i polimerowe, materiały wyjściowe – techniki wytwarzania, prognozowanie właściwości mechanicznych. Podstawy analizy lekkości materiałów oraz ich zdolności do wykorzystania jako elementów statków i obiektów latających.

#### **6. Kształcenie w zakresie eksploatacji statków latających**

*Treści kształcenia:* Statek latający jako przedmiot eksploatacji. Systemy eksploatacyjne. Organizacja eksploatacji statków latających. Aspekty techniczne eksploatacji statków latających. Problemy ekonomiczne eksploatacji statków latających. Normowanie procesu eksploatacji statków latających. Bezpieczeństwo lotów.

### **IV. PRAKTYKI**

Praktyki powinny trwać nie krócej niż 4 tygodnie.

Zasady i formę odbywania praktyk ustala jednostka uczelni prowadząca kształcenie.

### **V. INNE WYMAGANIA**

1. Programy nauczania powinny przewidywać zajęcia z zakresu wychowania fizycznego – w wymiarze 60 godzin, którym można przypisać do 2 punktów ECTS; języków obcych – w wymiarze 120 godzin, którym należy przypisać 5 punktów ECTS; technologii informacyjnej – w wymiarze 30 godzin, którym należy przypisać 2 punkty ECTS. Treści kształcenia w zakresie technologii informacyjnej: podstawy technik informatycznych, przetwarzanie tekstów, arkusze kalkulacyjne, bazy danych, grafika menedżerska i/lub prezentacyjna, usługi w sieciach informatycznych, pozyskiwanie i przetwarzanie informacji – powinny stanowić co najmniej odpowiednio dobrany podzbiór informacji zawartych w modułach wymaganych do uzyskania Europejskiego Certyfikatu Umiejętności Komputerowych (ECDL – European Computer Driving Licence).
2. Programy nauczania powinny zawierać treści humanistyczne w wymiarze nie mniejszym niż 60 godzin, którym należy przypisać nie mniej niż 3 punkty ECTS.
3. Programy nauczania powinny przewidywać zajęcia z zakresu ochrony własności intelektualnej, bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ergonomii i ochrony środowiska.
4. Przynajmniej 60% zajęć powinny stanowić ćwiczenia audytoryjne, projektowe i laboratoryjne.
5. Student otrzymuje 15 punktów ECTS za przygotowanie pracy dyplomowej (projektu inżynierskiego) i przygotowanie do egzaminu dyplomowego.

### **ZALECENIA**

Przy tworzeniu programów nauczania mogą być stosowane kryteria FEANI (Fédération Européenne d'Associations Nationales d'Ingénieurs).

## B. STUDIA DRUGIEGO STOPNIA

### I. WYMAGANIA OGÓLNE

Studia drugiego stopnia trwają nie krócej niż 3 semestry. Liczba godzin zajęć nie powinna być mniejsza niż 1000. Liczba punktów ECTS nie powinna być mniejsza niż 90.

### II. KWALIFIKACJE ABSOLWENTA

Absolwent powinien opanować wiedzę i umiejętności przygotowujące do podjęcia twórczej pracy projektowo-konstrukcyjnej, wdrożeniowej i naukowej związanej z budową, eksploatacją i pilotowaniem statków powietrznych i obiektów kosmicznych. Kształcenie powinno uwzględniać potrzeby użytkowników statków powietrznych i obiektów kosmicznych w zakresie ich eksploatacji z uwzględnieniem wymaganych przepisów międzynarodowych dotyczących kwalifikacji personelu zatrudnionego w jednostkach branży lotniczej: krajowych i zagranicznych, zwłaszcza w podmiotach europejskich. Absolwent powinien mieć wpojone nawyki kształcenia ustawicznego i rozwoju zawodowego oraz być przygotowany do podejmowania wyzwań badawczych i podjęcia studiów trzeciego stopnia (doktoranckich).

### III. RAMOWE TREŚCI KSZTAŁCENIA

#### 1. GRUPY TREŚCI KSZTAŁCENIA, MINIMALNA LICZBA GODZIN ZAJĘĆ ZORGANIZOWANYCH ORAZ MINIMALNA LICZBA PUNKTÓW ECTS

	godziny	ECTS
A. GRUPA TREŚCI PODSTAWOWYCH	90	9
B. GRUPA TREŚCI KIERUNKOWYCH	150	15
<b>Razem</b>	<b>240</b>	<b>24</b>

#### 2. SKŁADNIKI TREŚCI KSZTAŁCENIA W GRUPACH, MINIMALNA LICZBA GODZIN ZAJĘĆ ZORGANIZOWANYCH ORAZ MINIMALNA LICZBA PUNKTÓW ECTS

	godziny	ECTS
<b>A. GRUPA TREŚCI PODSTAWOWYCH</b>	<b>90</b>	<b>9</b>
<b>Treści kształcenia w zakresie:</b>		
1. Wybranych działów matematyki	45	
2. Wybranych działów fizyki	45	
<b>B. GRUPA TREŚCI KIERUNKOWYCH</b>	<b>150</b>	<b>15</b>
<b>Treści kształcenia w zakresie:</b>		
1. Metod numerycznych w budowie i eksploatacji konstrukcji lotniczych		
2. Teorii przetwarzania sygnałów i identyfikacji		
3. Optymalizacji konstrukcji lotniczych		
4. Zarządzania eksploatacją obiektów latających		

### **3. TREŚCI I EFEKTY KSZTAŁCENIA**

#### **A. GRUPA TREŚCI PODSTAWOWYCH**

##### **1. Kształcenie w zakresie wybranych działów matematyki**

*Treści kształcenia:* Równania różniczkowe zwyczajne. Metoda uzmiennienia stałych oraz metoda przewidywań. Układy równań liniowych. Szeregi liczbowe i potęgowe. Ekstrema funkcji wielu zmiennych. Funkcje zmiennej zespolonej, całki funkcji zmiennej rzeczywistej i zespolonej. Przekształcenia Fouriera i Laplace'a. Transformaty odwrotne – zastosowania. Równania różniczkowe cząstkowe: klasyfikacja, metody rozwiązywania wybranych równań. Funkcje zmiennych losowych. Wielowymiarowe funkcje losowe: korelacja i regresja. Procesy stochastyczne. Hipotezy statystyczne i ich weryfikacja.

##### **2. Kształcenie w zakresie wybranych działów fizyki**

*Treści kształcenia:* Zarys mechaniki kwantowej – podstawowe postulaty i równania. Zjawiska zachodzące w skali atomowej i subatomowej. Kwantowa transmisja informacji (kubity). Proste zastosowania mechaniki kwantowej do opisu ciał stałych. Kwantowanie pola elektromagnetycznego. Moment pędu na przykładzie atomu wodoru. Spin. Statystyki kwantowe. Wprowadzenie do fizyki atmosfery. Podstawy fizyczne radiolokacji i łączności satelitarnej.

#### **B. GRUPA TREŚCI KIERUNKOWYCH**

##### **1. Kształcenie w zakresie metod numerycznych w budowie i eksploatacji konstrukcji lotniczych**

*Treści kształcenia:* Metody numeryczne w budowie i eksploatacji konstrukcji lotniczych. Metody przybliżone rozwiązywania zagadnień mechaniki konstrukcji. Metody różnic skończonych, objętości skończonych i elementów skończonych (MES). Metody spektralne. Ogólne zasady rozwiązywania zagadnień nieliniowych. MES w teorii sprężystości i analizie konstrukcji prętowych, ramowych i powłokowych. Metody analizy pól termicznych w ciałach stałych z uwzględnieniem cieplnego oporu kontaktowego i naprężeń termicznych. Symulacja komputerowa ruchu cieczy lepkiej, nieściśliwej i ściśliwej z wymianą ciepła na drodze konwekcji i promieniowania (w ośrodkach obojętnych i optycznie czynnych). Modele turbulencji. Modelowanie numeryczne przemian fazowych (obladzanie, ablacja). Pakiety komercyjne.

##### **2. Kształcenie w zakresie teorii przetwarzania sygnałów i identyfikacji**

*Treści kształcenia:* Sygnał, model, identyfikacja, estymacja. Sygnały deterministyczne i losowe. Konwersja analogowo-cyfrowa. Filtracja analogowa, cyfrowa, optymalizacja filtru. Przekształcenie sygnałów w dziedzinie częstotliwości. Kodowanie przebiegów czasowych. Planowanie eksperymentu. Klasy modeli procesów. Identyfikacja charakterystyk statycznych i dynamicznych: problem deterministyczny i probabilistyczny. Teoria estymacji. Estymatory. Estymacja parametrów metodą najmniejszych kwadratów. Błędy w procesie przetwarzania sygnałów i ich ocena.

##### **3. Kształcenie w zakresie optymalizacji konstrukcji lotniczych**

*Treści kształcenia:* Zbieżna i rozbieżna spirala projektowa. Najważniejsze elementy systemu podlegające procesowi optymalizacji: geometria, aerodynamika, zespół napędowy, misja i osiągi, struktura i własności masowe, stateczność i układy sterowania, systemy poprawy bezpieczeństwa, obsługa i charakterystyki ekonomiczne. Wybór optymalnego obciążenia powierzchni i obciążenia ciągu. Wybór funkcji celu i parametrów odpowiedzialnych za zmiany funkcji celu. Matematyczne podstawy optymalizacji: metody przeszukiwania minimum bez ograniczeń i z ograniczeniami funkcji jednej i wielu zmiennych. Kryteria zbieżności algorytmów.

##### **4. Kształcenie w zakresie zarządzania eksploatacją obiektów latających**

*Treści kształcenia:* Strategie eksploatacji i wskaźniki. Podatność eksploatacyjna – jej miary i wskaźniki. Systemy użytkowania i miary procesu użytkowania. Systemy obsługiwanie i

wskaźniki procesu obsługiwanian. Zarządzenie niezawodnością – miary i wskaźniki. Proste i złożone modele procesu eksploatacji. Zarządzanie eksploatacją za pomocą rachunku kosztów. Informatyczne systemy zarządzania eksploatacją statków latających.

#### **IV. INNE WYMAGANIA**

1. Przynajmniej 60% zajęć powinno być przeznaczane na ćwiczenia audytoryjne, laboratoryjne i projektowe.
2. Za przygotowanie pracy magisterskiej i przygotowanie do egzaminu dyplomowego student otrzymuje 20 punktów ECTS.

#### **ZALECENIA**

1. Zaleca się wprowadzenie praktyki dyplomowej do programu studiów.
2. Tytułem równorzędnym w rozumieniu warunków ubiegania się o przyjęcie na studia drugiego stopnia jest właściwa licencja zawodowa personelu lotniczego wydana w jednostce akceptowanej w rozumieniu przepisów lotniczych.