**Nazwa przedmiotu:**

Zmęczenie i diagnostyka konstrukcji płatowców.

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Mirosław Rodzewicz, prof. PW.

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Lotnictwo i Kosmonautyka

**Grupa przedmiotów:**

Obieralne

**Kod przedmiotu:**

ML.NS652A

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2017/2018

**Liczba punktów ECTS:**

4

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1. Liczba godzin kontaktowych - 49, w tym:
a) wykład - 30 godz.;
b) laboratorium -15 godz.;
c) konsultacje - 4 godz.
2. Praca własna studenta - 41 godzin, w tym:
a) przygotowanie do laboratorium - 15 godz.;
b) opracowanie sprawozdań - 16 godz.;
c) przygotowanie do kolokwiów - 20 godz.;
Łącznie -100 godzin.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

2 punktów ECTS - liczba godzin kontaktowych - 49, w tym:
a) wykład - 30 godz.;
b) laboratorium -15 godz.;
c) konsultacje - 4 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

2 punkty ECTS - 50 godzin, w tym:
a) przygotowanie do laboratorium - 15 godz.;
b) opracowanie sprawozdań - 16 godz.;
c) laboratorium -15 godz.;
d) konsultacje - 4 godz.

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 15h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Opanowana wiedza z zakresu konstrukcji i eksploatacji statków powietrznych.

**Limit liczby studentów:**

brak

**Cel przedmiotu:**

Po zaliczeniu przedmiotu student ma umiejętności w zakresie sposobów rejestracji obciążeń eksploatacyjnych i wyznaczania spektrum obciążeń eksploatacyjnych, sposobów estymacji trwałości zmęczeniowej oraz sposobów diagnostyki struktur lotniczych.

**Treści kształcenia:**

Obciążenia zmienne i ich źródła. Charakterystyki zmęczeniowe materiałów używanych w lotnictwie. Oddziaływanie spiętrzeń naprężeń (karby). Zużycie zmęczeniowe konstrukcji pod wpływem oddziaływania obciążeń zmiennych (kumulacja zmęczenia). Fazy zmęczenia konstrukcji. Pozostała wytrzymałość statyczna i trwałość płatowca, wynikająca ze zmęczenia. Systemy eksploatacji w aspekcie trwałości zmęczeniowej konstrukcji. Diagnostyka – metody i systemy badawcze. Procedury badawcze w liniach lotniczych. Badania zmęczeniowe płatowców w procesie certyfikacji statku powietrznego.

**Metody oceny:**

Kolokwia, ocena zadań domowych, ocena sprawozdań z laboratoriów.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. S. Kocańda, J. Szala: "Podstawy obliczeń zmęczeniowych", PWN - Warszawa 1977.
2. J. Szala: "Hipotezy sumowania uszkodzeń zmęczeniowych", Wyd. Uczelniane ATR, Bydgoszcz 1998.
3. N. G. Belly: Fatigue and damage tollerance tests of aircraft structures, CWA 22 Corporation, 2001.
Dodatkowa literatura:
1. B. Harris - edition: "Fatigue in composites", CRC Press, Cambridge England, 2003.
2. Jaap Schijve : "Fatigue of Structures and Materials Book Description", Hardcover 2009, 2nd Edition.
3. Materiały na stronie: http://itlims.meil.pw.edu.pl/zsis/pomoce/BIPOL/stafiej.pdf.
4. (Wiesław Stafiej "Obliczenia stosowane przy projektowaniu szybowców" PW 2000 )
5. Materiały dostarczone przez wykładowcę.

**Witryna www przedmiotu:**

http://itlims.meil.pw.edu.pl/zsis/pomoce/MAT\_LOT/ANS652\_MR1.pdf

**Uwagi:**

-

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ML.NS652A\_W1:**

 Ma wiedzę z dot. źródeł obciążeń zmiennych działających na statek powietrzny, zna sposoby pomiaru i rejestracji obciążeń oraz wymagania przepisów w tym zakresie.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 1.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_W1:**

 Ma wiedzę z dot. źródeł obciążeń zmiennych działających na statek powietrzny, zna sposoby pomiaru i rejestracji obciążeń oraz wymagania przepisów w tym zakresie.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 1.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_W1:**

 Ma wiedzę z dot. źródeł obciążeń zmiennych działających na statek powietrzny, zna sposoby pomiaru i rejestracji obciążeń oraz wymagania przepisów w tym zakresie.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 1.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_W2:**

 Zna sposoby wyznaczania spektrów obciążeń oraz ich ekstrapolacji.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 2 oraz praca domowa.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_W2:**

 Zna sposoby wyznaczania spektrów obciążeń oraz ich ekstrapolacji.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 2 oraz praca domowa.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_W2:**

 Zna sposoby wyznaczania spektrów obciążeń oraz ich ekstrapolacji.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 2 oraz praca domowa.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_W3:**

 Zna charakterystyki zmęczeniowe materiałów używanych w lotnictwie oraz oddziaływanie spiętrzeń naprężeń.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 3.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_W3:**

 Zna charakterystyki zmęczeniowe materiałów używanych w lotnictwie oraz oddziaływanie spiętrzeń naprężeń.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 3.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_W4:**

 Zna teorie kumulacji uszkodzeń zmęczeniowych.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 3.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_W4:**

 Zna teorie kumulacji uszkodzeń zmęczeniowych.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 3.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_W4:**

 Zna teorie kumulacji uszkodzeń zmęczeniowych.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 3.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_W5:**

 Ma wiedzę na temat metod badań nieniszczących i diagnostyki struktur lotniczych.

Weryfikacja:

Zadanie domowe lub prezentacja sprawozdania laboratoryjnego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_W5:**

 Ma wiedzę na temat metod badań nieniszczących i diagnostyki struktur lotniczych.

Weryfikacja:

Zadanie domowe lub prezentacja sprawozdania laboratoryjnego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_W5:**

 Ma wiedzę na temat metod badań nieniszczących i diagnostyki struktur lotniczych.

Weryfikacja:

Zadanie domowe lub prezentacja sprawozdania laboratoryjnego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_W5:**

 Ma wiedzę na temat metod badań nieniszczących i diagnostyki struktur lotniczych.

Weryfikacja:

Zadanie domowe lub prezentacja sprawozdania laboratoryjnego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ML.NS652A\_U1:**

 Umie okreslić zakresy obciążeń eksploatacyjnych statku powietrznego metodą obliczeniową lub doświadczalną.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 1 - zadanie.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_U1:**

 Umie okreslić zakresy obciążeń eksploatacyjnych statku powietrznego metodą obliczeniową lub doświadczalną.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 1 - zadanie.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_U1:**

 Umie okreslić zakresy obciążeń eksploatacyjnych statku powietrznego metodą obliczeniową lub doświadczalną.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 1 - zadanie.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_U1:**

 Umie okreslić zakresy obciążeń eksploatacyjnych statku powietrznego metodą obliczeniową lub doświadczalną.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 1 - zadanie.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_U2:**

 Umie wyznaczyć tablice przejść oraz tablice półcykli obciążeń na podstawie zapisu sygnału obciążenia.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 2 - zadanie.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_U2:**

 Umie wyznaczyć tablice przejść oraz tablice półcykli obciążeń na podstawie zapisu sygnału obciążenia.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 2 - zadanie.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_U3:**

 Umie wyznaczyć przyrostowe spektrum obciążeń oraz wykorzystać je do utworzenia wieloblokowego spektrum obciążeń.

Weryfikacja:

Zadanie domowe. Ocena sprawozdania.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_U3:**

 Umie wyznaczyć przyrostowe spektrum obciążeń oraz wykorzystać je do utworzenia wieloblokowego spektrum obciążeń.

Weryfikacja:

Zadanie domowe. Ocena sprawozdania.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_U4:**

 Potrafi zdygitalizować właściwości cykliczne materiałów lub struktur opisane w postaci wykresów Haigha lub krzywych S-N.

Weryfikacja:

Zadanie domowe.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_U4:**

 Potrafi zdygitalizować właściwości cykliczne materiałów lub struktur opisane w postaci wykresów Haigha lub krzywych S-N.

Weryfikacja:

Zadanie domowe.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_U5:**

 Jest w stanie wykorzystać teorię liniowej kumulacji zmęczenia w obliczeniach trwałości zmęczeniowej.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 2 - zadanie.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_U5:**

 Jest w stanie wykorzystać teorię liniowej kumulacji zmęczenia w obliczeniach trwałości zmęczeniowej.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 2 - zadanie.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_U5:**

 Jest w stanie wykorzystać teorię liniowej kumulacji zmęczenia w obliczeniach trwałości zmęczeniowej.

Weryfikacja:

Kolokwium nr 2 - zadanie.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka ML.NS652A\_K1:**

 Umie pracować w grupie i prezentować swoje wyniki.

Weryfikacja:

Praca studenta w ramach laboratorium i ocena sprawozdania.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_K03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS652A\_K1:**

 Umie pracować w grupie i prezentować swoje wyniki.

Weryfikacja:

Praca studenta w ramach laboratorium i ocena sprawozdania.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** LiK2\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**