

Przedmioty obieralne

Przedmiotami obieralnymi są także przedmioty kierunkowe i specjalnościowe z innych kierunków i specjalności z tego samego stopnia studiów

Szczegółowe informacje nt. efektów kształcenia są dostępne na stronie:

<https://ects.coi.pw.edu.pl/menu2/programy>

Studia I stopnia

1. [Badanie wypadków lotniczych](#)
2. [Technologie wytwarzania maszyn i konstrukcji w energetyce](#)
3. [Projektowanie CAD 3D z elementami PLM](#)

Studia II stopnia

Semestr zimowy

1. [Statyka, stateczność i drgania konstrukcji powłokowych](#)
2. [Modele reologiczne ciała stałego](#)
3. [Modelowanie i dynamika nieliniowych układów mechanicznych](#)
4. [Modelowanie komputerowe przepływów turbulentnych](#)
5. [Podstawy turbulencji](#)
6. [Modelowanie komputerowe spalania w silnikach](#)
7. [Zawansowane zagadnienia projektowania i eksploatacji maszyn](#)

Semestr letni:

1. [Drgania i fale](#)
2. [Zaawansowana wymiana ciepła w konstrukcji](#)
3. [Zaawansowane zagadnienia termodynamiki](#)
4. [Sterowanie nieliniowymi układami dynamicznymi](#)
5. [Techniki optyczne w diagnostyce procesów spalania oraz mieszania](#)

Treści kształcenia proponowanych przedmiotów

Studia I stopnia

Nazwa przedmiotu: **Badanie wypadków lotniczych**

Nazwa przedmiotu w drugim języku: ...

Nazwa skrócona:

Numer katalogowy: **ML.NOB02**

Język wykładowy: **polski**

Odpowiedzialny za przedmiot: **dr inż. Maciej Lasek**

Liczba punktów ECTS: **2**

Wymiar godzin:

	W	C	L	P	S
Tygodniowy	2	0	0	0	0
Semestralny	30	0	0	0	0

Poziom przedmiotu: **podstawowy**

Forma zaliczenia przedmiotu: **bez egzaminu**

Kierunek studiów: **LiK**

Specjalność:

Poziom studiów: **stacjonarne I stopnia**

Zalecany semestr:

Przedmioty na których bazuje dany przedmiot (prerekwizyty): ...

Bibliografia:

Dodatkowa literatura:

Kryteria oceny:

...

Szczegółowe treści merytoryczne:

- **Wprowadzenie**

Rys historyczny (udział wypadków lotniczych w ogólnej liczbie utraconych statków powietrznych – np. w wyniku działań wojennych), liczba wypadków i ofiar na przestrzeni lat; co jest zdarzeniem lotniczym – klasyfikacja; po co bada się wypadki lotnicze – ewolucja poglądów na potrzebę zapewnienia bezpieczeństwa w lotnictwie; kto bada i w oparciu o jakie podstawy prawne; rodzaje statków powietrznych podlegające badaniu; zdarzenia lotnicze w Polsce od 2002 roku; przykłady typowych zdarzeń lotniczych.

- **Podstawy prawne badania zdarzeń lotniczych**

Konwencja Chicagowska; Załącznik 13; Przepisy UE – Rozporządzenie 996/2010 i 376/2014; Prawo krajowe; Prawo, obowiązki a zalecane standardy postępowania; Różnice pomiędzy badaniem a śledztwem; Koordynacja działań i współpraca; Ochrona informacji

- **Badanie techniczne**

Proces badania – od zdarzenia do monitorowania zaleceń dot. bezpieczeństwa; źródła danych; działania na miejscu zdarzenia; dokumentacja fotograficzna; świadkowie; obiektywne źródła danych; badania techniczne i ekspertyzy; analiza zebranego materiału dowodowego; raport końcowy; zalecenia dotyczące bezpieczeństwa; zagrożenia i problem.

- **Raport końcowy**
- **Współczesne poglądy na temat bezpieczeństwa w lotnictwie**
Łańcuch błędów i łańcuch przyczynowo skutkowy; Teorie dot. bezpieczeństwa; Przyczyny wypadków według Jamesa Reasona; Które z omówionych teorii warto stosować i w jakich przypadkach.
- **Czynnik ludzki w wypadkach lotniczych**
- **Rejestratory pokładowe (FDR/CVR)**
- **Przyczyny i czynniki sprzyjające zaistnieniu zdarzeń lotniczych**
- **Omówienie przykładowych wypadków**
Wypadki związane z błędami popełnionymi podczas produkcji i nadzoru nad budową statku powietrznego; CFIT – wypadek w następstwie lotu poniżej minimalnych warunków atmosferycznych; wypadki podczas lotów szkolnych.

Nazwa przedmiotu: **Projektowanie CAD 3D z elementami PLM**

Nazwa przedmiotu w drugim języku: ...

Nazwa skrócona:

Numer katalogowy: **ML.NS724**

Język wykładowy: **polski**

Odpowiedzialny za przedmiot: **Dr inż. Stanisław Suchodolski**

Liczba punktów ECTS: **2**

Wymiar godzin:

	W	C	L	P	S
Tygodniowy	0	0	0	2	0
Semestralny	0	0	0	30	0

Poziom przedmiotu: **zaawansowany**

Forma zaliczenia przedmiotu: **bez egzaminu**

Kierunek studiów: **Energetyka**

Specjalność:

Poziom studiów: **stacjonarne I stopnia**

Zalecany semestr: **(zimowy)**

Przedmioty na których bazuje dany przedmiot (prerekwizyty): ...

Skrócone treści:

....

Bibliografia:

...

Dodatkowa literatura:

...

Kryteria oceny:

...

Szczegółowe treści merytoryczne:

- Współczesne systemy 3D CAD – zapoznanie z możliwościami wiodących systemów oraz projekt własny (element układu energetycznego).

Ćwiczenia:

- Zintegrowane moduły w systemach CAD (np. analiza wytrzymałościowa).
- Systemy PLM (funkcjonalność systemów PLM, wykorzystanie z oprogramowania PLM) – praca grupowa, zasady wprowadzania zmian projektowych, cykl życia produktów, centralne repozytoria projektowe, metody prowadzenia projektów.
- Praca grupowa nad projektami – projektowanie i modyfikacja elementów dla energetyki.
- Finalnie – wydruk zaprojektowanego elementu na drukarce 3D

Nazwa przedmiotu: **Technologie wytwarzania maszyn i konstrukcji w energetyce**

Nazwa przedmiotu w drugim języku: ...

Nazwa skrócona:

Numer katalogowy: **ML.NS736**

Język wykładowy: **polski**

Odpowiedzialny za przedmiot: **doc. dr hab. inż. Paweł Skowroński, dr hab. inż. Józef Zawora**

Liczba punktów ECTS: **2**

Wymiar godzin:

	W	C	L	P	S
Tygodniowy	2	0	0	0	0
Semestralny	30	0	0	0	0

Poziom przedmiotu: **zaawansowany**

Forma zaliczenia przedmiotu: **bez egzaminu**

Kierunek studiów: **Energetyka**

Specjalność:

Poziom studiów: **stacjonarne I stopnia**

Zalecany semestr: **(zimowy)**

Przedmioty na których bazuje dany przedmiot (prerekwizyty): ...

Skrócone treści:

....

Bibliografia:

...

Dodatkowa literatura:

...

Kryteria oceny:

...

Szczegółowe treści merytoryczne:

- Technologie wytwarzania z uwzględnieniem specyfiki maszyn i konstrukcji energetyki
- Proces wytwarzania odlewów (formowanie modelu, wykonywanie formy, odlewanie, czynności wykańczające – sposób wykonania i parametry procesu). Urządzenia odlewnicze, materiały do budowy modeli i form, materiały odlewnicze. Szczególne technologie odlewnicze (kokilowe, wirowe, ciśnieniowe, etc.) i przykłady ich stosowania do produkcji elementów maszyn energetycznych. Kontrola jakości odlewów.
- Obróbka plastyczna – rodzaje i cele stosowania (walcowanie, kucie, tłoczenie, wyciąganie). Przegląd urządzeń do obróbki plastycznej – budowa i parametry. Przygotowanie materiału do

obróbki plastycznej. Obróbka plastyczna przy produkcji rur. Przykłady obróbki plastycznej przy produkcji zbiorników i kanałów.

- Technologie spawania, uwarunkowania i przykłady ich stosowania. Materiały i urządzenia spawalnicze. Wady złączy spawanych. Metody kontroli jakości złączy. Dobór techniki spawania i kontroli jakości w produkcji naczyń ciśnieniowych i przy produkcji elementów konstrukcji stalowych.
- Rodzaje, cele i sposoby wykonywania obróbki cieplnej stali (i metali). Urządzenia stacjonarne i przenośne do obróbki cieplnej. Metody kontroli procesu. Obróbka cieplno-chemiczna – sposoby i przypadki stosowania (azotowanie, nawęglanie, inne).
- Obróbka skrawaniem – rodzaje obrabiarek, ich podstawowe cechy konstrukcyjne, metody sterowania i zastosowanie (z przykładami). Charakterystyka podstawowych narzędzi do obróbki skrawaniem, stosowane materiały na narzędzia. Wybrane przykłady wykonawcze. Chropowatość powierzchni po obróbce – możliwe wymagania, metody badania. Uboczne skutki obróbki skrawaniem (utwardzanie powierzchni). Przykłady obróbki skrawaniem przy produkcji elementów maszyn energetycznych (m.in. łopatki wirników, koła zębate, trójniki kute i przewiercane)
- Cięcie (laserowe, plazmą, tlenem) – charakterystyka procesu, parametry, urządzenia.

Ćwiczenia:

Treści kształcenia proponowanych przedmiotów

Studia II stopnia

Semestr zimowy

Nazwa przedmiotu: **Statyka, stateczność i drgania konstrukcji powłokowych**

Nazwa przedmiotu w drugim języku: ...

Nazwa skrócona: ...

Numer katalogowy: **ML.NS750**

Język wykładowy: **polski**

Odpowiedzialny za przedmiot: **Prof. dr hab. inż. Tomasz Zagrajek**

Liczba punktów ECTS: **3**

Wymiar godzin:

	W	C	L	P	S
Tygodniowy	2	0	1	0	0
Semestralny	30	0	15	0	0

Poziom przedmiotu: **zaawansowany**

Forma zaliczenia przedmiotu: **bez egzaminu**

Kierunek studiów: **MiBM**

Specjalność:

Poziom studiów: **stacjonarne II stopnia**

Zalecany semestr: **2**

Przedmioty na których bazuje dany przedmiot (prerekwizyty): Metoda elementów skończonych I, Wytrzymałość konstrukcji II

Skrócone treści:

Budowa modeli matematycznych złożonych konstrukcji powłokowych z uwzględnieniem niezbędnych uproszczeń. Samodzielne analizy statyki, stateczności i drgań typowych konstrukcji powłokowych za pomocą metod analitycznych i metody elementów skończonych (MES).

Bibliografia:

- Bijak-Żochowski M., Jaworski A., Krzesiński G., Zagrajek T.: Mechanika Materiałów i Konstrukcji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2006,
- Brzoska Z.: Wytrzymałość Materiałów, PWN, Warszawa, 1979,
- Brzoska Z.: Statyka i Stateczność Konstrukcji Prętowych i Cienkościennych, PWN, Warszawa, 1979,

Dodatkowa literatura:

- Zagrajek T., Krzesiński G., Marek P. : Metoda Elementów Skończonych w Mechanice Konstrukcji - Ćwiczenia z zastosowaniem systemu ANSYS, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2005

Kryteria oceny:

- 2 kolokwia (teoretyczne i zadaniowe), odrobienie i zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych, zadania domowe.
- Praca własna: zadania domowe, analiza MES typowej konstrukcji powłokowej

Szczegółowe treści merytoryczne:

- Struktura konstrukcji powłokowych i wprowadzanie do nich obciążeń zewnętrznych.
- Nieliniowa (duże deformacje) techniczna teoria powłok o małej wyniosłości: przemieszczenia, odkształcenia, naprężenia, przemieszczeniowe równania ruchu (równowagi), mieszane równania ruchu (równowagi), warunki brzegowe i początkowe.
- Równania stateczności płyt i powłok o małej wyniosłości (twierdzenie Lapunowa), obciążenie krytyczne.
- Małe i duże ugięcia płyt prostokątnych i powłok walcowych, rozwiązania analityczne ścisłe i przybliżone.
- Obciążenia krytyczne ściskanych, ścinanych, skręcanych płyt prostokątnych i powłok walcowych, rozwiązania analityczne ścisłe i przybliżone.
- Drgania własne i wymuszone płyt prostokątnych, powłok cylindrycznych i kulistych

Ćwiczenia:

Zastosowanie metody elementów skończonych do analizy struktur cienkościennych - ćwiczenia laboratoryjne z wykorzystaniem systemu ANSYS: Wprowadzenie siły skupionej w powłokę stożkową, statyka tylnej części kadłuba śmigłowca rola wręg i podłużnic, stateczność płyt prostokątnych i powłok walcowych, stożkowych ściskanych, ścinanych, skręcanych, praca po utracie stateczności, duże ugięcia (analiza nieliniowa) płyt i powłok. Drgania płyt prostokątnych i powłok walcowych wzmacnianych wręgami i podłużnicami.

Nazwa przedmiotu: **Modele reologiczne ciała stałego**

Nazwa przedmiotu w drugim języku: ...

Nazwa skrócona: ZWCK

Numer katalogowy: **ML.NS749**

Język wykładowy: **polski**

Odpowiedzialny za przedmiot: **Dr inż. Paweł Borkowski**

Liczba punktów ECTS: **3**

Wymiar godzin:

	W	C	L	P	S
Tygodniowy	2	0	1	0	0
Semestralny	30	0	15	0	0

Poziom przedmiotu: **zaawansowany**

Forma zaliczenia przedmiotu: **bez egzaminu**

Kierunek studiów: **MiBM**

Specjalność:

Poziom studiów: **stacjonarne II stopnia**

Zalecany semestr: **2**

Przedmioty na których bazuje dany przedmiot (prerekwizyty): Wytrzymałość Konstrukcji I, Metoda Elementów Skończonych I

Skrócone treści:

Celem przedmiotu jest nauczenie podstaw teoretycznych dotyczących modeli reologicznych ciał stałych, tworzenia ich modeli strukturalnych oraz modelowania analitycznego i numerycznego

Bibliografia:

- Materiały z wykładów,
- Bodnar A., Chrzanowski M., Reologia konstrukcji prętowych: podręcznik dla studentów wyższych szkół technicznych, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków, 2006.
- Drozdov A.D., Mechanics of viscoelastic solids, Wiley and Sons, West Sussex, England, 1998.
- Zagrajek T., Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji. Ćwiczenia z zastosowaniem systemu ANSYS, OWPW, Warszawa 2006.

Dodatkowa literatura:

...

Efekty kształcenia:

...

Kryteria oceny:

- Dwa kolokwia z części wykładowej sprawdzające umiejętność budowy i analizy prostych modeli reologicznych
- Dwa zadania domowe sprawdzające umiejętność wyznaczania stałych lepkosprężystych i budowy modeli analitycznych dla wybranych problemów reologii ciała stałego

Szczegółowe treści merytoryczne:

- Modelowanie matematyczne i komputerowe ciał lepkosprężystych.
- Zjawisko pełzania i jego opis teoretyczny.
- Przykłady zastosowań w technice i biomechanice.

Ćwiczenia:

Laboratorium MES: Zastosowanie metody elementów skończonych do analizy modeli reologicznych ciał stałych - ćwiczenia laboratoryjne z wykorzystaniem systemu ANSYS:

- modelowanie zachowania podstawowych modeli liniowych w próbie pełzania,
- modelowanie zachowania podstawowych modeli liniowych w próbie relaksacji,
- modelowanie pełzania przy zmiennym naprężeniu,
- modelowanie konstrukcji z materiału lepkosprężystego w przestrzennym stanie naprężenia.

Nazwa przedmiotu: **Modelowanie i dynamika nieliniowych układów mechanicznych**

Nazwa przedmiotu w drugim języku: ...

Nazwa skrócona: ...

Numer katalogowy: **ML.NS748**

Język wykładowy: **polski**

Odpowiedzialny za przedmiot: **Prof. nzw. dr hab. inż. Elżbieta Jarzębowska**

Liczba punktów ECTS: **3**

Wymiar godzin:

	W	C	L	P	S
Tygodniowy	2	1	0	0	0
Semestralny	30	15	0	0	0

Poziom przedmiotu: **zaawansowany**

Forma zaliczenia przedmiotu: **bez egzaminu**

Kierunek studiów: **MiBM, Lotnictwo i Kosmonautyka**

Specjalność:

Poziom studiów: **stacjonarne II stopnia**

Zalecany semestr: **2**

Przedmioty na których bazuje dany przedmiot (prerekwizyty): podstawy mechaniki ogólnej (kurs mechaniki I i mechaniki II prowadzony na MEiL)

Skrócone treści:

- Przekazanie porcji wiedzy z zakresu metod modelowania nieliniowego układów mechanicznych, typowych w zastosowaniach inżynierskich. Zakres przewidzianej porcji wiedzy obejmuje modelowanie układów holonomicznych i nieholonomicznych, na poziomie kinematyki i dynamiki.
- Pokazanie, poprzez strukturę wykładu i dobór przykładów, zakresu zastosowań różnych metod modelowania i sposobu podejścia do budowy i analizy różnych modeli nieliniowych.
- Pokazanie słuchaczom i nauczenie ich „sposobu podejścia” do modelowania, który będą mogli wykorzystać w pracy praktycznej jako inżynierowie i w pracy naukowej.

Bibliografia:

- Bloch, A.M. 2003. Nonholonomic mechanics and control, New York: Springer-Verlag.
- de Jalon, J.G. and E. Bayo. 1994. Kinematic and dynamic simulation of multibody systems. Mech. Eng. Series. Berlin: Springer-Verlag.
- Dobronravov, V.V. 1970. Foundations of mechanics of non-holonomic systems. Moscow: Vyschaja Shkola (in Russian).
- Gutowski, R. 1971. Analytical mechanics, Warsaw: PWN (in Polish) lub Mechanika analityczna.
- Jarzębowska, E. Mechanika analityczna, skrypt PW, oficyna wydawnicza PW, 2003.

- Kane, T.R. and D. L. Levinson. 1985. Dynamics - theory and applications. McGraw Hill.
- Lancos, C. 1986. The variational principles of mechanics. 4th ed. New York: Dover Publ.
- Layton, R.A. 1998. Principles of analytical system dynamics. New York: Springer-Verlag.
- Moon, F.C. 1998. Applied dynamics. John Wiley & Sons Inc.
- Nejmark, J.I. and N.A. Fufaev. 1972. Dynamics of nonholonomic systems. Providence, Rhode Island: Am. Math. Society.
- Papatavridis, J.G. 2002. Analytical mechanics, a comprehensive treatise on the dynamics of constrained systems; for engineers, physicians, and mathematicians. New York: Oxford University Press.
- Pars, L.A. 1965. Treatise of analytical dynamics. London: W. Heinemann, Ltd.
- Spong, M.W. and M. Vidyasagar. 1989. Robot control and dynamics. New York: Wiley.
- Udwadia, F. and R. Kalaba. 1996. Analytical dynamics - a new approach. New York: Cambridge Univ. Press.

Dodatkowa literatura:

...

Kryteria oceny:

Ocenie podlegają zadania domowe i projekt końcowy. Ocena oparta jest o kryteria poprawności wykonania zadania, pomysłowości i formy przedstawienia wyników końcowych.

Szczegółowe treści merytoryczne:

- Podstawy modelowania w mechanice, modele liniowe, nieliniowe, zlinearyzowane.
- Klasyfikacje modeli dla układów mechanicznych z przykładami.
- Nieliniowe modele holonomiczne, równania Lagrange'a i Hamiltona. Kinematyczne i dynamiczne modele układów nieholonomicznych.
- Równania Lagrange'a z mnożnikami.
- Równania Maggiiego, Kane'a i Boltzmanna-Hamela.
- Przykłady modeli nieholonomicznych w dynamice pojazdów, robotów i biomechanice.
- Numeryczne aspekty wyznaczania ruchu układów mechanicznych z więzami.

Nazwa przedmiotu: **Modelowanie komputerowe przepływów turbulentnych**

Nazwa przedmiotu w drugim języku: ...

Nazwa skrócona: ...

Numer katalogowy: **ML.NS747**

Język wykładowy: **polski**

Odpowiedzialny za przedmiot: **Dr inż. Sławomir Kubacki**

Liczba punktów ECTS: **3**

Wymiar godzin:

	W	C	L	P	S
Tygodniowy	2	0	1	0	0
Semestralny	30	0	15	0	0

Poziom przedmiotu: **zaawansowany**

Forma zaliczenia przedmiotu: **bez egzaminu**

Kierunek studiów: **MiBM, Energetyka, LiK**

Specjalność:

Poziom studiów: **stacjonarne II stopnia**

Zalecany semestr: **2**

Przedmioty na których bazuje dany przedmiot (prerekwizyty): ...

Skrócone treści:

Nauczenie podstawowych technik uśredniania równań zachowania masy i pędu (uśrednianie w przestrzeni i uśrednianie Reynoldsa); nauczanie podstawowych technik modelowania zjawisk podsiatkowych w symulacjach przepływów turbulentnych; przekazanie wiedzy w zakresie modelowania zjawisk turbulentnych i modelowania procesu wymiany ciepła oraz domknięcia nieznanymi składnikami równań dla metod opartych na uśrednianiu w czasie; nauczanie poprawnej interpretacji i analizy wyników symulacji numerycznych oraz poprawnego sporządzania raportów z wykonanych zadań.

Bibliografia:

- Materiały dostarczone przez wykładowcę (slajdy opracowane w programie Power Point) i instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych
- D.C. Wilcox, Turbulence Modelling for CFD. DCW Industries, Inc. 2006.
- S.B. Pope, Turbulent Flows, Cambridge University Press, 2000.
- P.A. Durbin i B.A. Pettersson Reif, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, England, 2003.
- L. Davidson, Using isotropic synthetic fluctuations as inlet boundary conditions for unsteady simulations. Advances and Applications in Fluid Mechanics, 1(1):1–35, 2007

- S.S. Girimaji, Partially-Averaged Navier-Stokes model for turbulence: a Reynolds-Averaged Navier-Stokes to Direct Numerical Simulation bridging method, Journal of Applied Mechanics, Vol. 73, pp. 413-421, 2006.
- F.R. Menter, Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications. AIAA J., 32(8):1598-1605, 1994.

Dodatkowa literatura:

...

Kryteria oceny:

- Raporty z wybranych ćwiczeń laboratoryjnych sprawdzające poprawność interpretacji uzyskanych wyników symulacji numerycznych oraz poprawność formułowania wniosków.
- Raport z zadania badawczego (projekt) dotyczącego modelowania wybranego typu przepływu turbulentnego.
- Kolokwium z wykładu obejmujące całość wyłożonego materiału dotyczącego modelowania przepływów turbulentnych.

Szczegółowe treści merytoryczne:

- Właściwości kinematyczne i dynamiczne przepływów turbulentnych.
- Wymagania stawiane symulacjom komputerowym i oszacowanie kosztu numerycznego. Model Reynolds-Averaged-Navier-Stokes (RANS).
- Modele hybrydowe RANS plus LES, model PANS jako przykład modelu hybrydowego. Ograniczenia modelowania za pomocą tych modeli. Problem domknięcia.
- Model transportu naprężeń turbulentnych Reynoldsa i jego warianty.
- Modele wykorzystujące równanie transportu energii kinetycznej turbulencji i dyssypacji turbulentnej, sposoby domykania tych modeli i ich warianty.
- Model jednorównaniowy Spalarta-Allmarasa.
- Modelowanie zjawisk przyściennych z wykorzystaniem funkcji ściany, sposoby wyznaczania stałych w równaniach transportu, sposoby definiowania warunków brzegowych na ścianie dla wielkości turbulentnych stosując podejście dla niskiej liczby Reynoldsa.
- Model PANS, uogólnione momenty centralne, równania transportu dla naprężeń i energii kinetycznej turbulencji.

Ćwiczenia:

- Realizacja wybranych metod modelowania turbulencji w pakiecie ANSYS-FLUENT (ćwiczenia laboratoryjne).

Nazwa przedmiotu: **Podstawy turbulencji**

Nazwa przedmiotu w drugim języku: ...

Nazwa skrócona:

Numer katalogowy: **ML.N538A**

Język wykładowy: **polski**

Odpowiedzialny za przedmiot: **Prof. dr hab. inż. Andrzej Styczek**

Liczba punktów ECTS: **3**

Wymiar godzin:

	W	C	L	P	S
Tygodniowy	2	0	0	0	0
Semestralny	30	0	0	0	0

Poziom przedmiotu: **zaawansowany**

Forma zaliczenia przedmiotu: **bez egzaminu**

Kierunek studiów: **MiBM, Energetyka, LiK**

Specjalność:

Poziom studiów: **stacjonarne II stopnia**

Zalecany semestr: **1**

Przedmioty na których bazuje dany przedmiot (prerekwizyty): ...

Skrócone treści:

....

Bibliografia:

...

Dodatkowa literatura:

...

Kryteria oceny:

...

Szczegółowe treści merytoryczne:

- ...

Ćwiczenia:

- ...

Nazwa przedmiotu: **Modelowanie komputerowe spalania w silnikach**

Nazwa przedmiotu w drugim języku: ...

Nazwa skrócona: ...

Numer katalogowy: **ML.NS746**

Język wykładowy: **polski**

Odpowiedzialny za przedmiot: **Prof. dr hab. inż. Andrzej Teodorczyk**

Liczba punktów ECTS: **3**

Wymiar godzin:

	W	C	L	P	S
Tygodniowy	1	2	0	0	0
Semestralny	15	30	0	0	0

Poziom przedmiotu: **zaawansowany**

Forma zaliczenia przedmiotu: **bez egzaminu**

Kierunek studiów: **MiBM, Energetyka, LiK**

Specjalność:

Poziom studiów: **stacjonarne II stopnia**

Zalecany semestr: **2**

Przedmioty na których bazuje dany przedmiot (prerekwizyty): Termodynamika, Mechanika płynów.

Skrócone treści:

Zapoznanie z metodami obliczeniowymi procesów roboczych w silnikach tłokowych. nauczanie posługiwania się programem komputerowym AVL FIRE.

Bibliografia:

- Rychter T., Teodorczyk A.: Modelowanie matematyczne roboczego cyklu silnika tłokowego, PWN 1990
- Oran E.S., Boris J.P.: Numerical simulation of reactive flow, Cambridge Press 2001

Dodatkowa literatura:

...

Kryteria oceny:

2 projekty obliczeniowe wykonane na zajęciach.

Szczegółowe treści merytoryczne:

- Modelowanie zero- i jednowymiarowe silnika tłokowego wraz z układami pobocznymi (dolotowy, wylotowy), programy obliczeniowe wspomagające modelowanie ZINOX, ZSPAL, CHEMKIN, CANTERA, DIESEL-RK, BOOST.
- Analiza akustyki i emisji w układach wylotowych.

- Optymalizacja geometrii układów dolotowych, wylotowych, zaworów, itp. pod kątem osiągnięć i zużycia paliwa.
- Doładowanie.
- Modelowanie silników jedno- i wielocylindrowych.
- Modelowanie 3D procesów roboczych silników tłokowych, programy FIRE i KIVA4. Modelowanie 0D, 1D i 3D procesów i osiągnięć silników rakietowych i turbinowych, programy NASA CEA, GSP, GASTURB, CFX, FLUENT

Ćwiczenia:

- Budowanie siatek. Zadawanie warunków brzegowych. Modele turbulencji. Modelowanie wtrysku paliwa ciekłego i gazowego. Modelowanie zapłonu i spalania.

Nazwa przedmiotu: **Zawansowane Zagadnienia Projektowania i Eksploatacji Maszyn**
Nazwa przedmiotu w drugim języku: **Advanced problems in machine design and operation**
Nazwa skrócona:

Numer katalogowy: **ML.NS708**

Język wykładowy: **polski**

Odpowiedzialny za przedmiot: **Prof. nzw. dr hab. inż. Paweł Pyrzanowski**

Liczba punktów ECTS: **3**

Wymiar godzin:

	W	C	L	P	S
Tygodniowy	2	0	1	0	0
Semestralny	30	0	15	0	0

Poziom przedmiotu: **zaawansowany**

Forma zaliczenia przedmiotu: **bez egzaminu**

Kierunek studiów: **MiBM**

Specjalność: **MoSKoM**

Poziom studiów: **stacjonarne II stopnia**

Zalecany semestr: **2**

Przedmioty na których bazuje dany przedmiot (prerekwizyty): ...

Skrócone treści:

Celem przedmiotu jest istotne poszerzenie wiedzy i umiejętności z zakresu trybologii, mechaniki pękania oraz metod diagnostyki maszyn (głównie optycznych). Przekazana na wykładach wiedza jest uzupełniana ćwiczeniami laboratoryjnymi z użyciem maszyny wytrzymałościowej oraz rzeczywistych ukł^{ad}ów pomiarowych. Istotną częścią przedmiotu jest zaznajomienie z metodami rozwiązywania omawianych zagadnień z użyciem współczesnych metod wspomagania projektowania (programy CAD oraz MES).

Bibliografia:

- Podstawy Konstrukcji Maszyn (red. M. Dietrich), WNT 2003
- M. Hebda, A. Wachal: Trybologia, WNT 1980
- A. Neimitz: Mechanika pękania, PWN 1998
- Instrukcje do programów NX oraz ANSYS

Dodatkowa literatura:

...

Kryteria oceny:

3 kolokwia (po jednym z każdego działu). Wymagane zaliczenie każdego z nich na ocenę co najmniej dostateczną. Dodatkowo oceniana będzie praca w laboratorium

Szczegółowe treści merytoryczne:

- Trybologia; przypomnienie wiadomości o geometrii i własnościach powierzchni, naciskach powierzchniowych, itp. Tarcie – siły tarcia, rodzaje i modele tarcia. Zużycie – rodzaje zużycia, podstawowe prawa zużycia, czynniki wpływające na wielkość zużycia, modelowanie zużycia. Smarowanie: łożyska hydrostatyczne i hydrodynamiczne, rozkład ciśnień w łożysku hydrodynamicznym, własności smarów. Inne typy łożyskowania: gazodynamiczne, magnetyczne, ze smarem stałym.
- Mechanika pękania; Podstawy mechaniki pękania, hipoteza Griffitha, modelowanie naprężeń wokół wierzchołka pęknięcia – równania Sneddon, modele Irwina i Dugdale'a. Określanie prędkości rozwoju pęknięcia – model Parisa. Wstęp do metod energetycznych. Udarność.
- Współczesne metody diagnostyki maszyn (w tym optyczne); Podstawy metod diagnostycznych: Własności światła (w tym falowe), pomiary kształtu powierzchni, przemieszczeń i odkształceń. Obróbka obrazów interferometrycznych.

Ćwiczenia:

- Trybologia; Modelowanie kontaktu pomiędzy ciałami z uwzględnieniem sił tarcia, oraz zużycia.
- Mechanika pękania; Badanie wytrzymałości zmęczeniowej próbki standardowej.
- Laboratorium komputerowe: modelowanie pęknięć, obliczanie współczynników intensywności naprężenia, całki J, prędkości i kierunku rozwoju pęknięcia.
- Współczesne metody diagnostyki maszyn; Pomiary z użyciem metod interferencyjnych. Pomiar powierzchni lub przemieszczeń metodą Mory oraz pomiar przemieszczeń metodą ESPI (Electronic Speckle Pattern Interferometry). Rejestracja obrazów oraz komputerowa obróbka wyników.

Semestr letni

Nazwa przedmiotu: **Drgania i fale**

Nazwa przedmiotu w drugim języku: **Oscillations and wave motion**

Nazwa skrócona: ...

Numer katalogowy: ...

Język wykładowy: **polski**

Odpowiedzialny za przedmiot: **prof. dr hab. inż. Krzysztof Arczewski,**
współprowadzący: **prof. nzw. dr hab. inż. Jacek Szumbarski**

Liczba punktów ECTS: **3**

Wymiar godzin:

	W	C	L	P	S
Tygodniowy	2	1	0	0	0
Semestralny	30	15	0	0	0

Poziom przedmiotu: **zaawansowany**

Forma zaliczenia przedmiotu: **Egzamin**

Kierunek studiów: **Mechanika i Budowa Maszyn**

Specjalność: **MoSKoM**

Poziom studiów: **stacjonarne II stopnia**

Zalecany semestr: **II**

Przedmioty na których bazuje dany przedmiot (prerekwizyty): Wiedza i umiejętności w zakresie: mechaniki i ogólnej na poziomie typowym dla studiów 1-ego stopnia na kierunkach mechanicznych wyższych szkół technicznych; znajomość elementów analizy, algebry i równań różniczkowych zwyczajnych w zakresie typowym dla kursów matematyki inżynierskiej na I stopniu studiów technicznych.

Skrócone treści:

Zapoznanie studentów z elementami:

- teorii drgań nieliniowych i chaotycznych w układach wybranych fizycznych o skończonej liczbie stopni swobody,
- teorii stateczności i elementów teorii bifurkacji i chaosu deterministycznego
- fizyki i opisu matematycznego wybranych zjawisk falowych w ośrodku ciągłym (płyn, ciało stałe odkształcalne).

Bibliografia:

- Arczewski K., Pietrucha J., Szuster J.T.: Drgania układów fizycznych. Oficyna Wydawnicza PW, 2008.
- Ockendon H., Ockendon J.R.: Waves and Compressible Flow. Springer, New York 2004. Pozycja dostępna w formie elektronicznej w zasobach BG PW.

Dodatkowa literatura:

...

Kryteria oceny:

2 kolokwia sprawdzające umiejętności nabyte podczas ćwiczeń

Egzamin końcowy z teorii

Kontrola wykonania zadań domowych

Treści merytoryczne kursu:**I. Drgania**

- Modele dyskretne – układy drgające o skończonej liczbie stopni swobody. Charakterystyki własne. Kondensacja modalna.
- Modele ciągłe – podstawowe rodzaje układów ciągłych i ich równania ruchu. Analiza, postaci własne.
- Drgania parametryczne. Przyczyny drgań parametrycznych. Równanie Mathieugo i Hilla jako modele układów parametrycznych. Badania stateczności.
- Drgania nieliniowe. Przyczyny nieliniowości. Podstawowe modele nieliniowe układów drgających. Zjawiska u układach nieliniowych. Synchronizacja. Chaos.
- Drgania samowzbudne. Mechanizm powstawania drgań samowzbudnych, ich modele matematyczne, analiza rozwiązań.

II. Ruch falowy

- Kinematyka ruchu falowego. Pakiet falowy i prędkość fazowa. Transmisja energii w ruchu falowym. Metoda stacjonarnej fazy.
- Liniowe modele fal mechanicznych w ośrodku ciągłym (fale akustyczne w gazie, fale powierzchniowe w cieczy, fale w sprężystym ciele stałym)
- Nieliniowe modele ruchów falowych (ogólny opis efektów falowych w gazie, formowanie się silnych nieciągłości, zjawiska nieliniowe w teorii fal powierzchniowych).

Nazwa przedmiotu: **Zaawansowana wymiana ciepła w konstrukcji**

Nazwa przedmiotu w drugim języku: **Advanced Heat Transfer in Construction**

Nazwa skrócona: ZWCK

Numer katalogowy: **NS745**

Język wykładowy: **polski**

Odpowiedzialny za przedmiot: **prof. dr hab. inż. Piotr Furmański,**

prof. nzw. dr hab. inż. Tomasz Wiśniewski

Liczba punktów ECTS: **3**

Wymiar godzin:

	W	C	L	P	S
Tygodniowy	2	1	0	0	0
Semestralny	30	15	0	0	0

Poziom przedmiotu: **zaawansowany**

Forma zaliczenia przedmiotu: **bez egzaminu**

Kierunek studiów: **MiBM, Energetyka, LiK**

Specjalność:

Poziom studiów: **stacjonarne II stopnia**

Zalecany semestr: **1**

Przedmioty na których bazuje dany przedmiot (prerekwizyty):

Mechanika płynów 1 (NW122) , Termodynamika 1 (NW116) , Termodynamika 2 lab (NK412) ,
Termodynamika 3 (NK413) , Wymiana ciepła 1 (NK423)

Skrócone treści:

Nauczenie rozróżniania i matematycznego opisu złożonych procesów wymiany ciepła w zachodzących w różnych urządzeniach i materiałach

Bibliografia:

- S. Wiśniewski: "Wymiana ciepła", PWN
- J. Madejski: Teoria wymiany ciepła", PWN
- S. Wiśniewski, T.S. Wiśniewski: "Wymiana ciepła", WNT, 2012
- P. Furmański, R. Domański: „ Wymiana ciepła. Przykłady i zadania”, OW PW

Dodatkowa literatura:

Efekty kształcenia:

Znajomość złożonych mechanizmów wymiany ciepła w ciałach stałych, podczas przepływów turbulentnych, dwufazowych, w ośrodkach porowatych i przy zmianie fazy. Znajomość podstawowych urządzeń i materiałów oraz metod pomiaru używanych w technice cieplnej. Umiejętność rozwiązywania złożonych problemów z wymiany ciepła.

Kryteria oceny:

Rozwiązanie dwóch złożonych problemów z wymiany ciepła oraz przygotowanie opisu jednego z przedstawionych tematów z wymiany ciepła

Szczegółowe treści merytoryczne:

- Metody pomiarów gęstości strumienia ciepła i wizualizacji pola temperatury (termografia w podczerwieni i ciekłokrystaliczna).
- Termiczny opór kontaktowy i jego kontrola.
- Wyznaczanie rozkładów temperatury w ciałach stałych. Rozszerzalność cieplna. Naprężenia cieplne.
- Wymiana ciepła przy przepływach turbulentnych i dwufazowych.
- Wymiana ciepła w zagadnieniach zmiany fazy (krzepnięcie, szronienie, obładzanie).
- Wymiana ciepła w ośrodkach porowatych i zawiesinach.
- Izolacje cieplne i ochrona przed wysoką i niską temperaturą.
- Wymienniki ciepła i rury cieplne.
- Promieniowanie cieplne w ośrodkach przezroczystych i oddziaływujących z promieniowaniem.

Ćwiczenia:

- Przykłady obliczeń rozkładu temperatury i strumieni ciepła w ciałach stałych.
- Przykłady obliczeń rozkładu temperatury i strumieni ciepła podczas przepływów turbulentnych i dwufazowych.
- Przykłady obliczeń rozkładu temperatury i strumieni ciepła podczas przepływów płynów w ośrodkach porowatych.
- Zastosowanie metod efektywności i NTU w wymiennikach ciepła.
- Obliczenia wymiany ciepła na drodze promieniowania w ośrodkach przezroczystych i półprzezroczystych dla promieniowania.

Nazwa przedmiotu: **Zaawansowane zagadnienia termodynamiki**

Nazwa przedmiotu w drugim języku: **Advanced Problems of Thermodynamics**

Nazwa skrócona:

Numer katalogowy: **ML.N753**

Język wykładowy: **polski**

Odpowiedzialny za przedmiot: **Prof. dr hab. inż. Jerzy Banaszek, Prof. dr hab. inż. Piotr Furmański**

Liczba punktów ECTS: **4**

Wymiar godzin:

	W	C	L	P	S
Tygodniowy	2	1	0	0	0
Semestralny	30	15	0	0	0

Poziom przedmiotu: **zaawansowany**

Forma zaliczenia przedmiotu: **Egzamin**

Kierunek studiów: **MiBM, Energetyka, LiK**

Specjalność:

Poziom studiów: **stacjonarne II stopnia**

Zalecany semestr: **1**

Przedmioty na których bazuje dany przedmiot (prerekwizyty): Termodynamika I

Skrócone treści:

Umiejętność oceny źródeł strat energetycznych oraz znajomość metod ich oceny ilościowej w procesach termodynamicznych w elementach maszyn cieplnych. Poznanie podstawowej wiedzy, zrozumienie i umiejętność analizy zachowania i warunków równowagi układów termosprężystych oraz układów wieloskładnikowych i wielofazowych z reakcjami chemicznymi (procesy spalania). Zrozumienie istotnych różnic w zachowaniach czynników (roztworów ciekłych i gazowych) rzeczywistych i doskonałych.

Bibliografia:

- J. Banaszek, J. Bzowski, R. Domański, J. Sado, „Termodynamika, Przykłady i Zadania”, wydanie II, Oficyna Wydawnicza PW, 2007.
- J. Sado, Wybrane zagadnienia termodynamiki. OWPW, 1997.

Dodatkowa literatura:

...

Kryteria oceny:

Dwa sprawdziany (rozwiązywanie zadań) w trakcie semestru i egzamin końcowy. Egzamin składa się z części teoretycznej dla wszystkich słuchaczy oraz zadaniowej dla tych, którzy poprawiają kolokwia. Każde kolokwium oraz część teoretyczna egzaminu muszą być zaliczone, a ocena końcowa jest średnią arytmetyczną ocen ze wszystkich trzech części.

Szczegółowe treści merytoryczne:

- Zasada zachowania energii całkowitej oraz zasada wzrostu entropii (uogólnione I i II Zasady Termodynamiki) i ich wykorzystanie w ocenie jakości procesów energetycznych: praca maksymalna, strata pracy, egzergia, sprawność egzergiczna, straty energii w procesach nieodwracalnych
- Termodynamiczne i mechaniczne podstawy termosprężystości: rozszerzalność cieplna, równanie stanu ciała podlegającego odkształceniom mechanicznym i cieplnym, uogólnienie prawa Hooke'a, stany naprężeń mechaniczno-cieplnych, związki konstytutywne i równania różniczkowe termosprężystości
- Gaz rzeczywisty i jego mieszaniny: równania stanu gazów rzeczywistych, dławienie gazu rzeczywistego (krzywa inwersji), fugatywność składnika mieszaniny
- Termodynamika układów wieloskładnikowych i wielofazowych bez reakcji chemicznych: pojęcia podstawowe, entalpia swobodna, równowaga fazowa, wykres fazowy i prawo Clapeyrona (Clasiusa) dla układu jednoskładnikowego wielofazowego, reguła faz Gibbsa, roztwory doskonałe (prawa Raoult'a i Daltona), destylacja izobaryczna i izotermiczna, II prawo Raoult'a, roztwory rzeczywiste (azeotropy)
- Elementy termodynamiki chemicznej: zasady zachowania masy i energii, efekt cieplny reakcji chemicznej, prawa Hessa i Kirchoffa, warunki równowagi termodynamicznej – potencjał chemiczny, praca maksymalna, kierunek przebiegu reakcji, ciśnieniowa stała równowagi chemicznej
- Termodynamika układów w polach zewnętrznych: pola grawitacyjne i odśrodkowe, pole magnetyczne, nadprzewodnictwo, pole elektryczne, dielektryki.

Ćwiczenia:

- Obliczenia strat pracy (mocy) w wybranych procesach nieodwracalnych (przepływy z tarciami, wymiana ciepła, mieszanie, ciepło Joule'a) i elementach maszyn cieplnych (rurach, zaworach, komorach spalania, silnikach spalinowych i turbo-odrzutowych, chłodziarkach, pompach ciepła, etc.)
- Obliczenia naprężeń i odkształceń w prętach i płytach poddanych obciążeniom mechanicznym i cieplnym
- Obliczenia parametrów termodynamicznych gazów rzeczywistych i ich mieszanin
- Obliczenia składu i parametrów termodynamicznych układów jedno i dwu- składnikowych podlegających przemianie fazowej
- Określenie kierunku przebiegu reakcji chemicznych, obliczenia ich efektów cieplnych oraz początkowych i równowagowych udziałów reagentów
- Obliczenia parametrów termodynamicznych składników mieszanin gazowych w polu sił odśrodkowych, paramagnetyków w polu magnetycznym oraz dielektryków w polu elektrycznym.

Nazwa przedmiotu: **Sterowanie nieliniowymi układami dynamicznymi**

Nazwa przedmiotu w drugim języku: ...

Nazwa skrócona:

Numer katalogowy: **ML.NS752**

Język wykładowy: **polski**

Odpowiedzialny za przedmiot: **Prof. nzw. dr hab. inż. Elżbieta Jarzębowska**

Liczba punktów ECTS: **3**

Wymiar godzin:

	W	C	L	P	S
Tygodniowy	2	1	0	0	0
Semestralny	30	15	0	0	0

Poziom przedmiotu: **zaawansowany**

Forma zaliczenia przedmiotu: **bez egzaminu**

Kierunek studiów: **MiBM**

Specjalność: **MoSKoM**

Poziom studiów: **stacjonarne II stopnia**

Zalecany semestr: **1**

Przedmioty na których bazuje dany przedmiot (prerekwizyty): podstawy mechaniki ogólnej

Skrócone treści:

Przekazanie porcji wiedzy z zakresu współczesnych metod i strategii sterowania nieliniowymi układami mechanicznymi. Zakres przewidzianej porcji wiedzy obejmuje metody sterowania modelami układów holonomicznych i nieholonomicznych, na poziomie kinematyki i dynamiki. Pokazanie, poprzez strukturę wykładu i dobór przykładów, zakresu zastosowań różnych metod i strategii sterowania zależnie od modelu układu nieliniowego. Pokazanie słuchaczom i nauczenie ich „sposobu podejścia” do projektowania algorytmów sterowania.

Bibliografia:

- Gutowski, R. 1972. Mechanika analityczna. Warszawa: PWN.
- Kwatny, H.G. and G.L. Blankenship. 2000. Nonlinear control and analytical mechanics. A computational approach. Boston: Birkhauser.
- Layton, R.A. 1998. Principles of analytical system dynamics. New York: Springer-Verlag.
- Lewis, F.L., C.T. Abdallah and D.M. Dawson. 2004. Control of robot manipulators. New York: Macmillan Publ. Comp.
- Murray, R.M. Z.X. Li and S.S. Sastry. 1994. A mathematical introduction to robotic manipulation. Boca Raton: CRC Press.
- Stevens, B.L. and F. Lewis. 1992. Aircraft control and simulation. John Willey and Sons.
- Slotine, J. and W. Li. 1996. Applied nonlinear control. Englewood Cliffs, New York: Prentice Hall.

- De Luca, A., G. Oriolo and C. Samson. 1998. Feedback control of a nonholonomic car-like robot. In Robot Motion Planning and Control, ed. J-P. Laumond, 171-253. London: Springer.
- De Vit, C.C., H. Khenouf, C. Samson and O.J. Sordalen. 1993. Nonlinear control design for mobile robots. In Advanced Mobile Robots-Theory and Applications, ed. Y.F. Zheng, World Scientific Publ.
- Kolmanovsky, I. and N.H. McClamroch. 1995. Developments in nonholonomic control problems. IEEE Control Systems Magazine 15:20–36.
- Samson, C. and K. Ait-Abderrahim. 1991. Feedback control of a nonholonomic wheeled cart in cartesian space. In Proc. IEEE Conf. Robot. Automat., 1136-1141. Sacramento: CA.

Dodatkowa literatura:

...

Kryteria oceny:

Zadania domowe, projekt końcowy

Szczegółowe treści merytoryczne:

- Wprowadzenie – czym różni się sterowanie modelami liniowymi i nieliniowymi. Rodzaje zadań sterowania i etapy projektowania sterowania nieliniowego. Podstawowe narzędzia stosowane w nieliniowej teorii sterowania (NTS)
- Podstawowe pojęcia, definicje, twierdzenia i techniki transformacyjne NTS. Sterowalność lokalna i globalna, Lie Algebra Rank Condition, inne narzędzia jakościowego i ilościowego badania sterowalności modelu nieliniowego. Linearyzacja typu feedback, zupełna i częściowa: wejście-stan, wejście-wyjście. Skutki linearyzacji modelu nieliniowego – badanie sterowalności modelu zlinearyzowanego. Stateczność i badanie stateczności modelu sterowania w pętli sprzężenia zwrotnego
- Modele sterowania nieliniowego. Klasyfikacje modeli nieliniowych układów sterowania. Klasyfikacja strategii i algorytmów sterowania nieliniowego. Kinematyczne modele sterowania. Dynamiczne modele sterowania. Dynamiczne modele sterowania dla układów typu „underactuated”.
- Współczesne metody i algorytmy sterowania nieliniowego. Strategie i algorytmy sterowania dla modeli nieliniowych holonomicznych i nieholonomicznych. Algorytmy sterowania na poziomie kinematyki – śledzenie i stabilizacja. Metody sterowania nieadaptacyjnego na poziomie dynamiki – przykłady algorytmów. Metody sterowania adaptacyjnego na poziomie dynamiki - przykłady algorytmów. Metody sterowania typu „learning”, „repetitive” i inne na poziomie dynamiki. Inne współczesne metody sterowania – backstepping, flatness-based, inne – przykłady.
- Kierunki rozwoju współczesnych metod NTS.

Ćwiczenia:

- Projekt domowy - samodzielne zbudowanie dynamicznego modelu sterowania dla zadanego przykładu, wykonanie symulacji numerycznej, animacji ruchu.

Nazwa przedmiotu: **Techniki Optyczne w Diagnostyce Procesów Spalania oraz Mieszania**

Nazwa przedmiotu w drugim języku: ...

Nazwa skrócona:

Numer katalogowy: **ML.N764**

Język wykładowy: **polski/angielski**

Odpowiedzialny za przedmiot: **dr inż. Łukasz Kapusta**

Liczba punktów ECTS: **3**

Wymiar godzin:

	W	C	L	P	S
Tygodniowy	2	1	0	0	0
Semestralny	30	15	0	0	0

Poziom przedmiotu: **średniozaawansowany**

Forma zaliczenia przedmiotu: **bez egzaminu**

Kierunek studiów: **LiK, MiBM**

Specjalność:

Poziom studiów: **stacjonarne II stopnia**

Zalecany semestr: **1**

Przedmioty na których bazuje dany przedmiot (prerekwizyty): Podstawowa wiedza w zakresie: mechaniki płynów, spalania, matematyki, fizyki

Skrócone treści: Dzięki rozwojowi technik laserowych oraz cyfrowych metod akwizycji i szybkiego przetwarzania obrazów możliwe jest obserwacja szybkozmiennych zjawisk fizycznych takich jak spalania i tworzenie mieszanek paliwowo-powietrznych. każdego procesów fizycznych. Najnowsze techniki optyczne umożliwiają obserwowanie zjawisk bez ingerencji w obszar, w którym zachodzą. Pozwala to na zrozumienie fizyki procesów spalania oraz mieszania.

Bibliografia:

- Zhao H, Ladommatos N. Optical diagnostics for in-cylinder mixture formation measurements in IC engines. Prog Energy Combust Sci 1998;24:297–336.
- Schulz C, Sick V. Tracer-LIF diagnostics: quantitative measurement of fuel concentration, temperature and fuel/air ratio in practical combustion systems. Prog Energy Combust Sci 2005;31:75–121.
- Chen G, Mazumder M. Laser diagnostics for droplet characterization: application of morphology dependent resonances. Prog Energy Combust Sci 1996;22.
- Ashgriz N. Handbook of Atomization and Sprays. 2010.
- Heywood JB. Internal Combustion Engine Fundamentals. McGraw-Hill; 1988.

Dodatkowa literatura: [http:// itc.pw.edu.pl/zsl/technikioptyczne/](http://itc.pw.edu.pl/zsl/technikioptyczne/)

Kryteria oceny:

kolokwia (50%), projekty (50%)

Szczegółowe treści merytoryczne:

- Parametry charakteryzujące procesy spalania i mieszania, skale przestrzenne i czasowe obserwowanych procesów i wiążące się z tym wymagania stawiane technikom diagnostycznym
- Źródła światła w metodach optycznych
- Sposoby rejestracji obrazów
- Technika LIF (Laser Induced Fluorescence) w gazach
- Technika LIF w cieczach (Tracer LIF)
- PIV (Particle Image Velocimetry), 3D-PIV ($V_y \ll V_x$), PIV przestrzenne
- Shadowgraphy (smugoskopia), mikroskopia dalekiego zasięgu
- Mie scattering,
- Rayleigh scattering, Raman scattering,
- LDV (Laser Doppler Velocimetry), PDA (Phase Doppler Anemometry)
- Metoda LIF/Mie – pomiar wielkości kropeł
- Technika SLIPI (Structured Laser Illumination Planar Imaging)
- Technika LIEF (Laser Induced Exciplex Fluorescence)
- Analiza wyników - obróbka obrazów - programy DaVis, ImageJ
- Kolokwium zaliczeniowe

Ćwiczenia:

- Wprowadzenie do programu ImageJ
- Wykonanie pomiarów strugi wtryskanego dla różnych parametrów wtrysku (ciśnienie wtrysku, przeciwcisnienie) paliwa i zebranie wyników
- Praca na indywidualnych obrazach – opracowanie skryptów rozpoznających krople
- Praca na sekwencjach obrazów celem wykonania analizy statystycznej. Rozkład rozmiarów kropeł, obliczenie średnich średnic kropeł (SMD – Sauter Mean Diameter)
- Wyciągnięcie wniosków oraz zaliczenie ćwiczeń.