



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Mechanika płynów II [N2IŚrod2>MP]

### Przedmiot

Kierunek studiów

Inżynieria środowiska

Rok/Semestr

1/1

Studia w zakresie (specjalność)

Zaopatrzenie w ciepło, klimatyzacja i ochrona powietrza

Profil studiów

ogólnoakademicki

Poziom studiów

drugiego stopnia

Język oferowanego przedmiotu

polski

Forma studiów

niestacjonarne

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

18

Laboratorium

10

Inne

0

Ćwiczenia

8

Projekty/seminaria

0

### Liczba punktów ECTS

4,00

### Koordynatorzy

dr inż. Ilona Rzeźnik

ilona.rzeznik@put.poznan.pl

### Wykładowcy

mgr inż. Joanna Kubiak

joanna.kubiak@put.poznan.pl

dr inż. Ilona Rzeźnik

ilona.rzeznik@put.poznan.pl

dr inż. Katarzyna Pałaszyska

katarzyna.palaszyska@put.poznan.pl

### Wymagania wstępne

1. Wiedza: Matematyka: rachunek różniczkowy i całkowy, równania różniczkowe zwyczajne i cząstkowe, kombinatoryka i rachunek prawdopodobieństwa, podstawy metod numerycznych. Fizyka: mechanika płynów, technika cieplna. 2. Umiejętności: Zastosowanie rachunku różniczkowego i całkowego do opisu zjawisk fizycznych, rozwiązywanie równań różniczkowych zwyczajnych, przekształcanie równań różniczkowych cząstkowych, rozwiązywanie równań różniczkowych metodami przybliżonymi. Mechanika płynów i technika cieplna: rozwiązywanie zadań i wykonywanie pomiarów na poziomie studiów pierwszego stopnia. 3. Kompetencje społeczne Świadomość konieczności ciągłego aktualizowania i uzupełniania wiedzy i umiejętności.

## Cel przedmiotu

Poszerzenie i pogłębienie wiedzy, umiejętności z zakresu mechaniki płynów niezbędnej do rozwiązywania złożonych problemów przepływowych w urządzeniach i systemach inżynierii środowiska zarówno zabudowanego jak i niezabudowanego

## Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

1. Student ma uporządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie działania maszyn przepływowych oraz przepływów płynów w przewodach i armaturze, warunków umożliwiających wprowadzanie uproszczeń w równaniach zachowania masy pędu i energii w mechanice płynów oraz rozumie konsekwencje tych uproszczeń.
2. Student zna podstawowe prawa i równania opisujące przepływy płynów ściśliwych.
3. Student zna pojęcie pędu strugi płynu oraz rozumie równania opisujące działanie turbin wodnych i wiatrowych.
4. Student zna przyczyny uderzenia hydraulicznego i potrafi ograniczać ich skutki.
5. Student zna i rozumie budowę równań różniczkowych wyrażających zasady zachowania masy, pędu i energii w mechanice płynów (równań numerycznej mechaniki płynów) i zjawisko turbulencji oraz zna matematyczne podstawy jego opisu
6. Student zna zjawiska odpowiedzialne za straty energii w przepływach oraz ma pogłębioną wiedzę w zakresie sposobów ograniczania tych strat
7. Student zna podstawy komputerowej mechaniki płynów (CFD), ma świadomość zalet i ograniczeń komputerowej symulacji przepływów metodami CFD, zna i rozumie konieczność weryfikacji i walidacji wyników obliczeń.

Umiejętności:

1. Student potrafi świadomie stosować uproszczenia w równaniach opisujących złożone przepływy płynów (w równaniach numerycznej mechaniki płynów) i przewidywać ich konsekwencje.
2. Student umie obliczyć charakterystyki przepływowe złożonych układów i instalacji z uwzględnieniem wpływ ściśliwości płynu.
3. Student potrafi wyznaczyć parametry krytyczne płynu - gęstość, ciśnienie i temperaturę.
4. Student umie obliczyć parametry płynu podczas uderzenia hydraulicznego - skok ciśnienia, prędkość przemieszczania się fali ciśnienia.
5. Student potrafi eksperymentalnie wyznaczyć charakterystyki przepływowe pomp i wentylatorów, zaworów regulacyjnych i armatury stosowanych w systemach inżynierii środowiska.
6. Student ma umiejętność doświadczalnego zbadania struktury złożonego przepływu techniką laserową (PIV).
7. Student potrafi zaplanować i wyznaczyć doświadczalnie charakterystykę złożonego układu przepływowego.

Kompetencje społeczne:

1. Student rozumie potrzebę pracy zespołowej w rozwiązywaniu problemów teoretycznych i praktycznych.
2. Student ma świadomość konieczności przystępnego dzielenia się wiedzą specjalistyczną z zakresu mechaniki płynów w inżynierii środowiska.
3. Student widzi konieczność systematycznego pogłębiania i rozszerzania swoich kompetencji.

## Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Wykłady:

Dwuczęściowy egzamin pisemny w terminie podanym na początku semestru. Część 1. ma na celu sprawdzenie wiedzy i polega na udzieleniu odpowiedzi na 4 pytania. Część 2. Ma na celu sprawdzenie umiejętności i polega na rozwiązaniu 2 zadań rachunkowych.

W przypadkach wątpliwych egzamin rozszerzany jest o część ustną.

Na każdym wykładzie oceniana jest aktywność studentów.

Szczegółowe kryteria punktowe i skala ocen podawane są na pierwszych zajęciach w semestrze i przed egzaminem.

Ćw. audytoryjne:

80-minutowe pisemne kolokwium zaliczeniowe w ostatnim tygodniu semestru. Kolokwium polega na

rozwiązaniu 2 zadań.

Ocenianie poprawności samodzielnych rozwiązań zadań (praca własna studenta).

Ocenianie ciągle na każdych zajęciach (premiowanie aktywności).

Ćwiczenia laboratoryjne:

Kolokwium obejmujące tematy wszystkich ćwiczeń laboratoryjnych na drugim spotkaniu.

Ocena pisemnych sprawozdań z każdego z ćwiczeń.

Ocenianie ciągle na każdych zajęciach (premiowanie aktywności).

Warunkiem zdania każdej z dwóch części egzaminu oraz uzyskania zaliczenia z ćwiczeń audytoryjnych jest zdobycie minimum 50% z maksymalnej liczby punktów wynoszącej 20. Warunkiem zdania egzaminu jest uzyskanie pozytywnej oceny zarówno z cz. 1 jak i z cz. 2. Poprawiana jest tylko ta część egzaminu, która została niezdana.

Skala ocen:

0-9 pkt = 2,0

10-12 pkt = 3,0

13-14 pkt = 3,5

15-16 pkt = 4,0

17-18 pkt = 4,5

19-20 pkt = 5,0

## Treści programowe

Program modułu obejmuje następujące zagadnienia:

1. elementy dynamiki gazów,
2. konstrukcja układów łopatkowych maszyn wirnikowych,
3. moce i sprawności wentylatorów, pomp, dmuchaw i sprężarek,
4. moce i sprawności turbin wodnych i wiatrowych,
5. uderzenie hydrauliczne,
6. podstawowe równania mechaniki płynów w zapisie różniczkowym,
7. wprowadzenie do matematycznego opisu przepływu turbulentnego,
8. elementy numerycznej mechaniki płynów (CFD).

## Tematyka zajęć

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

1. przepływy gazów z dużymi prędkościami; adiabatyczny przepływ gazu w przewodzie o stałym przekroju; entalpia całkowita, statyczna i dynamiczna, parametry krytyczne liczba Macha,
2. wpływ pomijania ścisłości gazu na dokładność obliczeń przepływowych,
3. kinematyka układów łopatkowych maszyn przepływowych; prędkość bezwzględna, względna i unoszenia, trójkąty prędkości.
4. moce, wydajności i sprawności maszyn przepływowych w ujęciu kinematycznym.
5. moce turbin wodnych i wiatrowych,
6. uderzenie hydrauliczne; podstawy opisu matematycznego; przyczyny wstępowania i ograniczanie skutków,
7. zasada zachowania masy w mechanice płynów, w ujęciu różniczkowym; postać ogólna równania; szczególne przypadki równania zachowania masy,
8. Równania zachowania pędu w mechanice płynów, w ujęciu różniczkowym; postać ogólna równań, tensor naprężeń stycznych, związek pomiędzy ciśnieniem płynu i składowymi naprężeniami normalnymi w płynie; postać równań dla płynu newtonowskiego oraz szczególne przypadki,
9. równanie zachowania energii w mechanice płynów, w ujęciu różniczkowym; postać ogólna równania, problem lepkiej dyssypacji; szczególne przypadki,
10. turbulencja; prędkość średnia, fluktuacje prędkości, skala turbulencji, intensywność turbulencji; naprężenia turbulentne, lepkość turbulentna; energia kinetyczna turbulencji; szybkość dyssypacji energii kinetycznej turbulencji; wybrane modele turbulencji. Podstawy CFD.

Program ćwiczeń audytoryjnych obejmuje następujące zagadnienia:

1. obliczenia parametrów krytycznych gazów,
2. porównanie wyników obliczeń uwzględniających i pomijających ścisłość płynącego gazu,
3. obliczenia kątów łopatkowych oraz profili łopat wentylatorów i turbin osiowych,
4. obliczanie mocy pomp, wentylatorów, dmuchaw, sprężarek, turbin wodnych, wiatrowych i gazowych,
5. obliczanie przyrostu ciśnienia i prędkości przemieszczania się fali ciśnienia w uderzeniu hydraulicznym,

6. obliczanie sił występujących pomiędzy płynącym płynem i rurociągiem,
7. obliczanie sił występujących pomiędzy płynem i opływającą przeszkodą,
8. przykłady rozwiązań wybranych uproszczonych postaci równań różniczkowych zachowania masy, pędu i energii.

Program laboratoriów obejmuje następujące zagadnienia:

1. analiza (wizualizacja) struktury przepływu metodą PIV i LDA,
2. analiza eksperymentalna adiabaticznego rozprężania gazu rzeczywistego,
3. pomiar charakterystyki przepływowej wentylatora kanałowego,
4. pomiar charakterystyki przepływowej zaworu regulacyjnego.

## Metody dydaktyczne

Wykład informacyjny z elementami wykładu konwersacyjnego. Prezentacja multimedialna, ilustrowana przykładami podawanymi na tablicy

Ćwiczenia audytoryjne: metoda problemowa, rozwiązywanie zadań.

Ćwiczenia laboratoryjne: metoda eksperymentu, wykonanie zadań podanych przez prowadzącego - ćwiczenia praktyczne

Wymaga się zapoznanie z literaturą fachową dotyczącą zagadnień poruszonych w danym ćwiczeniu oraz odniesienie własnych wyników do zapoznanej literatury.

## Literatura

Podstawowa:

Literatura podstawowa:

1. Mitosek M., Mechanika płynów w inżynierii i ochronie środowiska. Warszawa, PWN 2001
2. Orzechowski Z., Prywer J., Zarzycki R., Mechanika płynów w inżynierii środowiska. Wyd. 2 zmienione. Warszawa, WNT 2001
3. Jeżowiecka-Kabsch K., Szewczyk H., Mechanika płynów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2001
4. Mitosek M., Matlak M., Kodura A., Zbiór zadań z hydrauliki dla inżynierii i ochrony środowiska. Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004
5. Orzechowski Z., Prywer J., Zarzycki R., Zadania z mechaniki płynów w inżynierii środowiska. Warszawa, WNT 2001
6. Bogusławski L. (Red.), Ćwiczenia laboratoryjne z mechaniki płynów. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1999
7. Nielacny M., Ćwiczenia laboratoryjne z mechaniki płynów. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1996

Uzupełniająca:

1. Munson B.R., Young D.F., Okiishi T.H., Fundamentals of Fluid Mechanics (4rd. Ed.). John Wiley and Sons Inc., New York 2002
2. White F.M., Fluid Mechanics. McGrawHill Book Company. 5th Int. Ed. Boston 2003

## Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

|                                                                                                                                                      | Godzin | ECTS |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|
| Łączny nakład pracy                                                                                                                                  | 100    | 4,00 |
| Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem                                                                                            | 36     | 1,50 |
| Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu) | 64     | 2,50 |