

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2013/2014

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Energetyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: E

Stopień studiów: II

Specjalności: Energetyka odnawialna, Klimatyzacja, wentylacja i ochrona powietrza, Systemy i urządzenia energetyczne, Urządzenia i instalacje ochrony środowiska

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

| | |
|---|------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU | Wymiana ciepła |
| NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM | Heat transfer |
| KOD PRZEDMIOTU | WM ENERG oIIS B5 13/14 |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU | Przedmioty podstawowe |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS | 3.00 |
| SEMESTRY | 1 |

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA | LABORATORIUM | LABORATORIUM KOMPUTERO- WE | PROJEKT | SEMINARIUM |
|---------|--------|-----------|--------------|----------------------------------|---------|------------|
| 1 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 |

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Poznanie podstawowych mechanizmów wymiany ciepła oraz nabycie umiejętności obliczania przepływu ciepła przez przewodzenie, konwekcję oraz promieniowanie. Studenci zapoznają się również z podstawowymi urządzeniami stosowanymi w technice cieplnej. Studenci będą potrafili obliczyć oraz zaprojektować termoizolację budynków. Zdobędą również umiejętność obliczania cieplnego i hydraulicznego wymienników ciepła.

Poznają również sposoby zmniejszenia błędów dynamicznych w pomiarach nieustalonych temperatur płynów. Zapoznają się z projektowaniem ekranów cieplnych zmniejszających wymianę ciepła przez promieniowanie.

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Podstawowe wiadomości z analizy matematycznej oraz termodynamiki.

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza Zna prawo Fouriera. Zna równanie ustalonego i nieustalonego przewodzenia ciepła.

EK2 Wiedza Zna korelacje do wyznaczania współczynników wnikania ciepła przy przepływie w przewodach zamkniętych oraz zna metodykę wyprowadzenia współczynnika przenikania ciepła. Zna teoretyczne podstawy wymiany ciepła przez powierzchnie rozwinięte.

EK3 Wiedza Zna rodzaje wymienników ciepła i sposób ich obliczania. Zna podstawowe prawa rządzące wymianą ciepła przez promieniowanie, oraz zna cel stosowania ekranów cieplnych.

EK4 Umiejętności Potrafi wyprowadzić ustalone rozkłady temperatury w ściankach płaskich, walcowych i kulistych. Potrafi wyprowadzić wzory na współczynniki przenikania ciepła przez przegrody wielowarstwowe płaskie, walcowe i kuliste.

EK5 Umiejętności Potrafi wyprowadzić wzór na wymianę ciepła przez żebra o dowolnych kształtach. Potrafi wyprowadzić wzór na rozkład temperatury i sprawność żebra prostego o stałej grubości. Potrafi wyprowadzić wzór na zredukowany współczynnik przenikania ciepła przez powierzchnię ożebrowaną.

EK6 Umiejętności Potrafi wyprowadzić wzór na przebieg nieustalonej temperatury ciała o skupionej pojemności cieplnej oraz wyznaczyć wzór na dynamiczny błąd pomiaru za pomocą termometru przy skokowej zmianie temperatury czynnika.

EK7 Umiejętności Potrafi wyznaczyć podstawowe liczby kryterialne w przewodzeniu ciepła i konwekcji oraz zastosować korelacje na liczby Nusselta do obliczania konwekcyjnego współczynnika wnikania ciepła.

EK8 Umiejętności Potrafi wyprowadzić wzór na rozkład temperatury czynnika i ścianki kanału (rurociąg, komin).

EK9 Umiejętności Potrafi wyprowadzić równania różniczkowe opisujące ustaloną wymianę ciepła w wymiennikach typu rura w rurze oraz wyprowadzić wzór na średnią logarytmiczną różnicę temperatury.

EK10 Umiejętności Potrafi wyprowadzić wzór na radiacyjną wymianę ciepła między dwoma powierzchniami dowolnie do siebie nachylonymi. Potrafi też wyprowadzić wzór na wymianę ciepła pomiędzy dwoma płytami. Potrafi ocenić błąd pomiaru temperatury gazu o wysokiej temperaturze wynikający z promieniowania termometru na otaczające powierzchnie. Potrafi wyznaczyć strumień ciepła wymieniany między dwoma powierzchniami płaskimi przy zastosowaniu ekranów cieplnych.

6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁAD | | |
|--------|---|------------------|
| LP | TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA GODZIN |
| W1 | Prawo Fouriera, wyprowadzenie równania nieustalonego przewodzenia ciepła w kartezjańskim układzie współrzędnych. Rodzaje warunków brzegowych oraz warunek początkowy. | 2 |

| WYKŁAD | | |
|-----------|--|------------------|
| LP | TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA GODZIN |
| W2 | Wyprowadzenie wzorów na ustalone rozkłady temperatury w ściankach płaskich, cylindrycznych i kulistych. Wyprowadzenie wzoru na współczynnik przenikania ciepła w przegrodach jedno i wielo-warstwowych - płaskich, cylindrycznych oraz kulistych. | 3 |
| W3 | Wyprowadzenie równania na nieustalony rozkład temperatury w ciele o skupionej pojemności cieplnej. Rozwiązanie równania przy skokowej zmianie temperatury otaczającego czynnika. Błąd dynamiczny pomiaru temperatury. | 1 |
| W4 | Rozwinięte powierzchnie wymiany ciepła: żebra i kolki. Wyprowadzenie ogólnego wzoru na przepływ ciepła przez żebra. Wyprowadzenie wzoru na rozkład temperatury i sprawność żebra prostego o stałej grubości. Wyprowadzenie wzoru na zredukowany współczynnik przenikania ciepła dla powierzchni ożebrowanej. | 2 |
| W5 | Omówienie sposobów wyprowadzania liczb bezwymiarowych. Korelacje na liczbę Nusselta przy przepływach płynów w kanałach zamkniętych. Wyprowadzenie wzoru na ustalony rozkład temperatury czynnika przy jego przepływie przez rurociąg lub komin. | 2 |
| W6 | Klasyfikacja wymienników ciepła, wyprowadzenie równań różniczkowych opisujących ustaloną wymianę ciepła w wymiennikach współprądowych i przeciwprądowych typu rura w rurze. Wyprowadzenie wzoru na średnią logarytmiczną różnicę temperatury. | 3 |
| W7 | Wymiana ciepła przez promieniowanie, prawo Lamberta. Współczynniki kształtu. Wyprowadzenie wzoru na wymianę ciepła przez promieniowanie między dwoma powierzchniami płaskimi. Ekran ciepły. | 2 |

| ĆWICZENIA | | |
|-----------|--|------------------|
| LP | TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA GODZIN |
| C1 | Obliczanie ustalonych rozkładów temperatury w ściankach płaskich, cylindrycznych kulistych. | 2 |
| C2 | Obliczanie zastępczego współczynnika wnikania ciepła uwzględniającego konwekcję i promieniowanie. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody jedno i wielowarstwowe, płaskie, cylindryczne i kuliste. Krytyczna grubość izolacji cieplnej. | 3 |
| C3 | Obliczanie czasowego przebiegu temperatury przy nagrzewaniu i ochładzaniu ciała o skupionej pojemności cieplnej. Obliczanie dynamicznego błędu pomiaru temperatury płynu. | 2 |
| C4 | Obliczanie rozkładu temperatury w żebrze. Obliczanie sprawności żebra. Obliczanie zredukowanego współczynnika wnikania ciepła dla powierzchni ożebrowanych płaskich i rur ożebrowanych. | 3 |

| ĆWICZENIA | | |
|-----------|---|------------------|
| LP | TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA GODZIN |
| C5 | Wyznaczanie przebiegu temperatury czynnika w rurociągu i kominie, obliczanie strat ciepła w czasie przesyłu płynu. | 1 |
| C6 | Obliczanie pola powierzchni wymiennika ciepła typu rura w rurze. Przykład obliczania wymiennika ciepła krzyżowo - prądowego. | 3 |
| C7 | Obliczanie strumienia ciepła między powierzchniami płaskimi bez ekranów i z ekranami. Obliczanie błędów pomiaru temperatury spalin za pomocą termometrów bez osłony i z osłoną. | 1 |

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Zadania tablicowe

N3 Dyskusja

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI | ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI |
|--|---|
| Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym: | |
| Godziny wynikające z planu studiów | 0 |
| Konsultacje przedmiotowe | 2 |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji | 4 |
| Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym: | |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury | 8 |
| Opracowanie wyników | 46 |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji | 0 |
| SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA | 60 |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU | 3.00 |

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Zadanie tablicowe

F2 Kolokwium

F3 Odpowiedź ustna

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Egzamin pisemny

P2 Egzamin ustny

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 Musi zaliczyć na ocenę pozytywną wszystkie efekty kształcenia

W2 Ocena końcowa jest średnią arytmetyczną z ocene uzyskanych z egzaminu pisemnego i ustnego

KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 | |
|---------------------|--|
| NA OCENĘ 2.0 | - |
| NA OCENĘ 3.0 | Zna prawo Fouriera. |
| NA OCENĘ 3.5 | - |
| NA OCENĘ 4.0 | - |
| NA OCENĘ 4.5 | - |
| NA OCENĘ 5.0 | - |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 | |
| NA OCENĘ 2.0 | - |
| NA OCENĘ 3.0 | Zna korelacje Dittusa-Boeltera do wyznaczania współczynników wnikania ciepła. |
| NA OCENĘ 3.5 | - |
| NA OCENĘ 4.0 | - |
| NA OCENĘ 4.5 | - |
| NA OCENĘ 5.0 | - |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 | |
| NA OCENĘ 2.0 | - |
| NA OCENĘ 3.0 | Zna podstawowe typy wymienników ciepła oraz metodykę obliczania projektowego i eksploatacyjnego. |

| | |
|---------------------|--|
| NA OCENĘ 3.5 | - |
| NA OCENĘ 4.0 | - |
| NA OCENĘ 4.5 | - |
| NA OCENĘ 5.0 | - |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 | |
| NA OCENĘ 2.0 | - |
| NA OCENĘ 3.0 | Potrafi wyprowadzić wzory na współczynnik przenikania ciepła w ścianie jedno i wielowarstwowej. |
| NA OCENĘ 3.5 | - |
| NA OCENĘ 4.0 | - |
| NA OCENĘ 4.5 | - |
| NA OCENĘ 5.0 | - |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 | |
| NA OCENĘ 2.0 | - |
| NA OCENĘ 3.0 | Zna wzór na rozkład temperatury w żebrze prostym oraz jego sprawność. |
| NA OCENĘ 3.5 | - |
| NA OCENĘ 4.0 | - |
| NA OCENĘ 4.5 | - |
| NA OCENĘ 5.0 | - |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 6 | |
| NA OCENĘ 2.0 | - |
| NA OCENĘ 3.0 | Potrafi wyprowadzić wzór na niestabilny przebieg temperatury w ciele o skupionej pojemności cieplnej przy skokowej zmianie temperatury czynnika. |
| NA OCENĘ 3.5 | - |
| NA OCENĘ 4.0 | - |
| NA OCENĘ 4.5 | - |
| NA OCENĘ 5.0 | - |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 7 | |
| NA OCENĘ 2.0 | - |

| | |
|----------------------|--|
| NA OCENĘ 3.0 | Potrafi wyznaczyć wartość liczbową współczynnika wnikania ciepła ze wzoru kryterialnego. |
| NA OCENĘ 3.5 | - |
| NA OCENĘ 4.0 | - |
| NA OCENĘ 4.5 | - |
| NA OCENĘ 5.0 | - |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 8 | |
| NA OCENĘ 2.0 | - |
| NA OCENĘ 3.0 | Potrafi wyprowadzić wzór na rozkład temperatury czynnika i ścianki kanału (rurociąg, komin). |
| NA OCENĘ 3.5 | - |
| NA OCENĘ 4.0 | - |
| NA OCENĘ 4.5 | - |
| NA OCENĘ 5.0 | - |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 9 | |
| NA OCENĘ 2.0 | - |
| NA OCENĘ 3.0 | Potrafi wyprowadzić wzór na średnią logarytmiczną różnicę temperatur. |
| NA OCENĘ 3.5 | - |
| NA OCENĘ 4.0 | - |
| NA OCENĘ 4.5 | - |
| NA OCENĘ 5.0 | - |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 10 | |
| NA OCENĘ 2.0 | - |
| NA OCENĘ 3.0 | Potrafi wyprowadzić wzór na gęstość strumienia ciepła między dwoma powierzchniami płaskimi z ekranem w środku między dwoma powierzchniami płaskimi przy zastosowaniu ekranów. cieplnych. |
| NA OCENĘ 3.5 | - |
| NA OCENĘ 4.0 | - |
| NA OCENĘ 4.5 | - |
| NA OCENĘ 5.0 | - |

10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--|-----------------|-------------------|-----------------------|----------------|
| EK1 | K2_W02, K2_U05 | Cel 1 | C1 | N1 N2 N3 | F1 F2 F3 P1 P2 |
| EK2 | K2_W02, K2_U05 | Cel 1 | C5 | N1 N2 N3 | F1 F2 F3 P1 P2 |
| EK3 | K2_W02, K2_U05 | Cel 1 | C5 C6 | N1 N2 N3 | F1 F2 F3 P1 P2 |
| EK4 | K2_W02, K2_U05 | Cel 1 | C2 | N1 N2 N3 | F1 F2 F3 P1 P2 |
| EK5 | K2_W02, K2_U05 | Cel 1 | C4 | N1 N2 N3 | F1 F2 F3 P1 P2 |
| EK6 | K2_W02, K2_U05 | Cel 1 | C3 | N1 N2 N3 | F1 F2 F3 P1 P2 |
| EK7 | K2_W02, K2_U05 | Cel 1 | C5 | N1 N2 N3 | F1 F2 F3 P1 P2 |
| EK8 | K2_W02, K2_U05 | Cel 1 | C5 | N1 N2 N3 | F1 F2 F3 P1 P2 |
| EK9 | K2_W02, K2_U05 | Cel 1 | C6 | N1 N2 N3 | F1 F2 F3 P1 P2 |
| EK10 | K2_W02, K2_U05 | Cel 1 | C7 | N1 N2 N3 | F1 F2 F3 P1 P2 |

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] Taler J., Duda P. — *Rozwiązywanie prostych i odwrotnych zagadnień przewodzenia ciepła*, Warszawa, 2003, WNT
- [2] Wiśniewski S., Wiśniewski T. — *Wymiana ciepła*, Warszawa, 2010, WNT

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] Mills A.F. — *Basic Heat Mass Transfer*, Upper Saddle River, 1999, Prentice Hall
- [2] Welty J.R, Wicks Ch.E. Wilson R.E Rorrer G.L. — *Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer*, Hoboken, 2007, John Willey & Sons

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH**OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ**

prof. dr hab. inż. Jan Taler (kontakt: taler@mech.pk.edu.pl)

OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 prof. dr hab. inż. Jan Taler (kontakt: taler@mech.pk.edu.pl)

2 mgr inż. Paweł Ocioń (kontakt: poclon@mech.pk.edu.pl)

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....
.....