

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2021/2022

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Kierunek studiów: Energetyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: niestacjonarne

Kod kierunku: 11

Stopień studiów: I

Specjalności: Systemy i urządzenia energetyczne

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                            |
|-----------------------------------------|----------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Wymienniki ciepła I        |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM |                            |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WIŚIE EN oIN D6 21/22      |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty specjalnościowe |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 4.00                       |
| SEMESTRY                                | 7                          |

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁAD | CWICZENIA | LABORATORIA | LABORATORIA<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKT | SEMINARIUM |
|---------|--------|-----------|-------------|---------------------------------|---------|------------|
| 7       | 9      | 0         | 9           | 0                               | 9       | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Cel 1 Zapoznanie studenta z budową wymienników oraz z metodą "średnią logarytmiczną" do cieplnego projektowania wymienników

**Cel 2** Cel 2 Zapoznanie studenta z metodą "NTU" do cieplnego projektowania wymienników

**Cel 3** Cel 3 Umiejętności doboru odpowiedniego rodzaju wymiennika do odpowiednich zastosowań technicznych

Cel 4 Cel 4 Umiejętność projektowania podstawowych elementów wymienników ciepła

## 4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

- 1 Wymaganie 1 Znajomość podstaw termodynamik
- 2 Wymaganie 2 Termodynamiki przemian energetycznych i wymiana ciepła
- 3 Wymaganie 3 Grafika inżynierska AutoCAD

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Umiejętności** Student opanuje umiejętności w zakresie obliczania wymienników ciepła metodą "średnią logarytmiczną" oraz "NTU".

**EK2 Umiejętności** Student potrafi: projektować wymienniki ciepła i wykonać dokumentację techniczną.

**EK3 Wiedza** Efekt kształcenia 3 Student posiada wiedzę w zakresie zjawisk fizycznych zachodzących w wymiennikach ciepła

**EK4 Wiedza** Efekt kształcenia 4 Student zna typoszeręgi wymienników i zagadnienia projektowe w nich występujących

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| LABORATORIA |                                                                                                                            |                  |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP          | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                     | LICZBA<br>GODZIN |
| L1          | Treści programowe 1 Badanie wymiennika typu rura w rurze dla dwóch przypadków: przepływu współprądowego i przeciwprądowego | 2                |
| L2          | Treści programowe 2 Obliczenia niezbędnej długości wymiennika za pomocą jednej z metod omówionych na wykładzie             | 2                |
| L3          | Treści programowe 3 Stworzenie modelu komputerowego wymiennika ciepła i przeprowadzenie symulacji komputerowej przepływu   | 3                |
| L4          | Treści programowe 4 Analiza i porównanie wyników eksperymentu, obliczeń analitycznych i numerycznych                       | 2                |

| PROJEKT |                                                                                                                                                |                  |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP      | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                         | LICZBA<br>GODZIN |
| P1      | Treści programowe 1 Projektowanie wymiennika ciepła do podgrzewania i utrzymywania stałej temperatury chemikaliów-obliczenia cieplne.          | 3                |
| P2      | Treści programowe 2 Projektowanie wymiennika ciepła do podgrzewania i utrzymywania stałej temperatury chemikaliów- obliczenia wytrzymałościowe | 3                |

| PROJEKT   |                                                                                    |                  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                             | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>P3</b> | Treści programowe 3 Sporządzanie rysunku technicznego zaprojektowanego wymiennika. | 3                |

| WYKŁAD    |                                                                   |                  |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH            | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Wymiana ciepła: konwekcja, przewodzenia, promieniowanie           | 1                |
| <b>W2</b> | Pierwsza zasada termodynamiki w odniesieniu do wymienników ciepła | 1                |
| <b>W3</b> | Metoda średnia logarytmiczna obliczania wymienników ciepła        | 2                |
| <b>W4</b> | Metoda NTU obliczania wymienników ciepła                          | 2                |
| <b>W5</b> | Wymienniki płaszczowo-rurowe                                      | 1                |
| <b>W6</b> | Wymienniki płytowe                                                | 1                |
| <b>W7</b> | Wymienniki kompaktowe                                             | 1                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Wykłady

**N2** Ćwiczenia laboratoryjne

**N3** Ćwiczenia projektowe

**N4** Konsultacje

**N5** Zadania tablicowe

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI                                                                                 | ŚREDNIA LICZBA GODZIN<br>NA ZREALIZOWANIE<br>AKTYWNOŚCI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>                                     |                                                         |
| Godziny wynikające z planu studiów                                                               | 27                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 3                                                       |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 3                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 22                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 15                                                      |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 20                                                      |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>90</b>                                               |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 4.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

**F1** Projekt indywidualny

**F2** Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

**F3** Odpowiedź ustna

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

**P1** Projekt

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

**W1** Ocena końcowa jest średnia arytmetyczną wszystkich ocen. Aby uzyskać pozytywną ocenę z przedmiotu student musi zaliczyć na ocenę przynajmniej dostateczną wszystkie efekty kształcenia

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                                                                                                                              |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Nie zna zasady obliczania wymienników według metod "średnią logarytmiczną" oraz "NTU".                                                       |
| NA OCENĘ 3.0        | Zna zasady obliczania wymienników według metod "średnią logarytmiczną" oraz "NTU". Zna podstawowe wzory do projektowania wymienników ciepła. |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 3.5        | Zna zasady obliczania wymienników według metod "średnią logarytmiczną" oraz "NTU". Zna podstawowe wzory do projektowania wymienników ciepła. Potrafi poprawnie wyliczyć całkowity współczynnik przenikania dla wymiennika. Student umie uwzględnić opór cieplny od zanieczyszczeń w obliczeniach.                                                                                                                                                    |
| NA OCENĘ 4.0        | Zna zasady obliczania wymienników według metod "średnią logarytmiczną" oraz "NTU". Zna podstawowe wzory do projektowania wymienników ciepła. Potrafi poprawnie wyliczyć całkowity współczynnik przenikania dla wymiennika. Student umie uwzględnić opór cieplny od zanieczyszczeń w obliczeniach.                                                                                                                                                    |
| NA OCENĘ 4.5        | Zna zasady obliczania wymienników według metod "średnią logarytmiczną" oraz "NTU". Zna podstawowe wzory do projektowania wymienników ciepła. Potrafi poprawnie wyliczyć całkowity współczynnik przenikania dla wymiennika. Student umie uwzględnić opór cieplny od zanieczyszczeń w obliczeniach. Student potrafi poprawnie określić efektywność wymienników ciepła.                                                                                 |
| NA OCENĘ 5.0        | Zna zasady obliczania wymienników według metod "średnią logarytmiczną" oraz "NTU". Zna podstawowe wzory do projektowania wymienników ciepła. Potrafi poprawnie wyliczyć całkowity współczynnik przenikania dla wymiennika. Student umie uwzględnić opór cieplny od zanieczyszczeń w obliczeniach. Student potrafi poprawnie określić efektywność wymienników ciepła. Potrafi poprawnie wyliczyć temperatury na wylotach z analizowanych wymienników. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 2.0        | Nie zna podstawowych wzorów do zaprojektowania wymienników od strony cieplnej i wytrzymałościowej.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| NA OCENĘ 3.0        | Zna podstawowe wzory do zaprojektowania wymienników od strony cieplnej i wytrzymałościowej. Potrafi narysować bryłę wymiennika w 2D oraz ją zwymiarować.                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 3.5        | Zna podstawowe wzory do zaprojektowania wymienników od strony cieplnej i wytrzymałościowej. Potrafi narysować bryłę wymiennika w 2D oraz ją zwymiarować. Potrafi prawidłowo dobrać materiały.                                                                                                                                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 4.0        | Zna podstawowe wzory do zaprojektowania wymienników od strony cieplnej i wytrzymałościowej. Potrafi narysować bryłę wymiennika w 2D oraz ją zwymiarować. Potrafi prawidłowo dobrać materiały. Potrafi dobrać armaturę i zaprojektować przyłączą do armatury.                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 4.5        | Zna podstawowe wzory do zaprojektowania wymienników od strony cieplnej i wytrzymałościowej. Potrafi narysować bryłę wymiennika w 2D oraz ją zwymiarować. Potrafi prawidłowo dobrać materiały. Potrafi dobrać armaturę i zaprojektować przyłączą do armatury. Student wykonuje prawidłowo rysunek techniczny z wymiarami i opisem. Drobne błędy na rysunku są dopuszczalne.                                                                           |
| NA OCENĘ 5.0        | Zna podstawowe wzory do zaprojektowania wymienników od strony cieplnej i wytrzymałościowej. Potrafi narysować bryłę wymiennika w 2D oraz ją zwymiarować. Potrafi prawidłowo dobrać materiały. Potrafi dobrać armaturę i zaprojektować przyłączą do armatury. Student wykonuje prawidłowo rysunek techniczny z wymiarami, rozrysowanymi szczegółami konstrukcji i opisem technicznym.                                                                 |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Nie zna podstaw wymiany ciepła i mechaniki płynów.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| NA OCENĘ 3.0        | Zna zjawiska fizyczne zachodzące w wymiennikach oraz podstaw wymiany ciepła i mechaniki płynów.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 3.5        | Zna zjawiska fizyczne zachodzące w wymiennikach oraz podstaw wymiany ciepła i mechaniki płynów. Potrafi wyjaśnić zjawiska zachodzące dla kondensatorów, parowaczy, wymienników współprądowych, przeciwprądowych i krzyżowo-prądowych.                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| NA OCENĘ 4.0        | Zna zjawiska fizyczne zachodzące w wymiennikach oraz podstaw wymiany ciepła i mechaniki płynów. Potrafi wyjaśnić zjawiska zachodzące dla kondensatorów, parowaczy, wymienników współprądowych, przeciwprądowych i krzyżowo-prądowych. Potrafi wyliczyć opory przepływu i dobrać moc pomp dla czynników w wymiennikach.                                                                                                                                                                                               |
| NA OCENĘ 4.5        | Zna zjawiska fizyczne zachodzące w wymiennikach oraz podstaw wymiany ciepła i mechaniki płynów. Potrafi wyjaśnić zjawiska zachodzące dla kondensatorów, parowaczy, wymienników współprądowych, przeciwprądowych i krzyżowo-prądowych. Potrafi wyliczyć opory przepływu i dobrać moc pomp dla czynników w wymiennikach. Student potrafi poprawnie wyliczyć masę wymiennika. Student potrafi wyprowadzić wzory na średnią logarytmiczną różnice temperatur.                                                            |
| NA OCENĘ 5.0        | Zna zjawiska fizyczne zachodzące w wymiennikach oraz podstaw wymiany ciepła i mechaniki płynów. Potrafi wyjaśnić zjawiska zachodzące dla kondensatorów, parowaczy, wymienników współprądowych, przeciwprądowych i krzyżowo-prądowych. Potrafi wyliczyć opory przepływu i dobrać moc pomp dla czynników w wymiennikach. Student potrafi poprawnie wyliczyć masę wymiennika, oraz pole przekrojów ze względu na ograniczenie prędkości. Student potrafi wyprowadzić wzory na średnią logarytmiczną różnice temperatur. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie zna podstawowe typy wymienników ciepła stosowane w przemyśle.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| NA OCENĘ 3.0        | Zna podstawowe typy wymienników ciepła stosowane w przemyśle.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 3.5        | Zna podstawowe typy wymienników ciepła stosowane w przemyśle. Student potrafi dobrać typ wymiennika, ze względu czynniki, przemiany fazowe, limit wagi i inne.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 4.0        | Zna podstawowe typy wymienników ciepła stosowane w przemyśle. Student potrafi dobrać typ wymiennika, ze względu czynniki, przemiany fazowe, limit wagi i inne. Student dobrać/policzyć wymiennik z uwzględnieniem rozmiar i koszty.                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| NA OCENĘ 4.5        | Zna podstawowe typy wymienników ciepła stosowane w przemyśle. Student potrafi dobrać typ wymiennika, ze względu czynniki, przemiany fazowe, limit wagi i inne. Student dobrać/policzyć wymiennik z uwzględnieniem rozmiar i koszty. Student poprawnie potrafi dobrać materiały na wymiennik ze względu na aspekty wytrzymałościowe, czynników w wymiennikach i koszty.                                                                                                                                               |

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 5.0 | Zna podstawowe typy wymienników ciepła stosowane w przemyśle. Student potrafi dobrać typ wymiennika, ze względu czynniki, przemiany fazowe, limit wagi i inne. Student dobrać/policzyć wymiennik z uwzględnieniem rozmiar i koszty. Student poprawnie potrafi dobrać materiały na wymiennik ze względu na aspekty wytrzymałościowe, czynników w wymiennikach i koszty operacyjne. |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE                                  | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------|-----------------------|---------------|
| EK1               |                                                                                | Cel 1 Cel 2     | W1 W2 W3 W4                                        | N1 N2 N5              | F2 F3         |
| EK2               |                                                                                | Cel 1 Cel 2     | W1 W2 W3 W4                                        | N1 N2 N5              | F2 F3         |
| EK3               |                                                                                | Cel 3 Cel 4     | L1 L2 L3 L4 P1<br>P2 W1 W2 W3<br>W4 W5 W6 W7       | N1 N2 N3              | F2 F3         |
| EK4               |                                                                                | Cel 4           | L1 L2 L3 L4 P1<br>P2 P3 W1 W2<br>W3 W4 W5 W6<br>W7 | N3 N4                 | P1            |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

[1 ] **E. Kalinowski** — *Przekazywanie Ciepła i Wymienniki*, Wrocław, 1995, Oficyna Wydawnicza PW

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

[1 ] **W.S. Janna** — *Engineering heat transfer*, Boca Raton, 2009, CRC Press

[2 ] **Hobler** — *Ruch ciepła i Wymienniki*, Warszawa, 1979, WNT

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. inż. Atrur Cebula (kontakt: [acebula@pk.edu.pl](mailto:acebula@pk.edu.pl))

**OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT**

1 dr hab. inż. Artur Cebula (kontakt: [acebula@pk.edu.pl](mailto:acebula@pk.edu.pl))

**13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI**

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

**PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI** (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....