

**WYDZIAŁ MECHANICZNO-ENERGETYCZNY****KARTA PRZEDMIOTU**

<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim:</b>	Systemy chłodnicze
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim:</b>	Cooling systems
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy):</b>	Energetyka
<b>Specjalność (jeśli dotyczy):</b>	Chłodnictwo, Ciepłownictwo i Klimatyzacja
<b>Poziom i forma studiów:</b>	II stopień, stacjonarna
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	wybieralny/specjalnościowy
<b>Kod przedmiotu:</b>	W09ENG-SM0009
<b>Grupa kursów:</b>	Nie

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	15	30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	60	30	60		
Forma zaliczenia	egzamin	zaliczenie na ocenę	zaliczenie na ocenę		
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	2	1	2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)		1	2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BU)	1	0,75	1,5		

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH**

1. Kompetencje w zakresie podstaw termodynamiki, przekazywania ciepła i masy, oraz mechaniki płynów potwierdzone pozytywnymi ocenami w indeksie.

.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 – Zapoznanie studentów z zasadami projektowania i oceny obiegów ziębienia
- C2 – Zaznajomienie studentów z klasyfikacją systemów chłodniczych i warunkami bezpieczeństwa stosowania systemów w obiektach
- C3 – Zapoznanie studentów z budową i działaniem podzespołów systemu chłodniczego
- C4 – Zaznajomienie studentów z zasadami projektowania instalacji chłodniczych oraz instalacji towarzyszących
- C5 – Wytrobienie umiejętności studentów do projektowania i eksploatacji systemów chłodniczych

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEK\_W01 - posiada wiedzę z zakresu projektowania i oceny obiegu lewobieżnych

PEK\_W02 - zna klasyfikację systemów chłodniczych i warunki bezpieczeństwa stosowania systemów w obiektach

PEK\_W03 – zna budowę i działanie podzespołów systemu chłodniczego

PEK\_W04 – zna zasady projektowania instalacji chłodniczych i instalacji towarzyszących

Z zakresu umiejętności:

PEK\_U01 Potrafi posługiwać się wykresem logP-h.

PEK\_U02 Potrafi obliczyć i zaprojektować podstawowy obieg termodynamiczny lewobieżnego systemu ziębnego.

PEK\_U03 Potrafi obliczyć i zaprojektować zaawansowane obiegi termodynamiczne lewobieżnych systemów chłodniczych (wielostopniowe i kaskadowe).

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Sprawy organizacyjne. Literatura do przedmiotu. Historia rozwoju i znaczenie sprężarkowych systemów chłodniczych.	2
Wy2	Przepisy i normy dotyczące systemów chłodniczych. Wybrane zagadnienia z normy EN-378.	2
Wy3	Klasyfikacja bezpieczeństwa czynników chłodniczych (ISO-817). Ograniczenia w napełnieniu. TEWI. Oznaczenia kodowe czynników chłodniczych.	2
Wy4	Konstrukcja wykresu log p-h. Parametry charakteryzujące teoretyczny i rzeczywisty obieg ziębienia. Odwzorowanie obiegu lewobieżnych na wykresie. Obliczenia obiegu.	2
Wy5	Sprężarki chłodnicze - klasyfikacja, budowa, zasada działania.	2
Wy6	Parowacze w systemach chłodniczych – klasyfikacja, budowa, obliczenia i dobór.	2
Wy7	Systemy zasilania parowaczy w systemach chłodniczych – ciśnieniowy, grawitacyjny, pompowy. Skraplacze w systemach chłodniczych.	2
Wy8	Elementy rozprężne w systemach chłodniczych. Projektowanie i obliczenia rurociągów.	2
Wy9	Zmienność zapotrzebowania na wydajność chłodniczą. Regulacja wydajności.	2
Wy10	Olej w instalacji chłodniczej. Instalacje towarzyszące systemom chłodniczym.	2
Wy11	Regulacja parametrów obiegu termodynamicznego – ciśnienie parowania, ciśnienie skraplania.	2
Wy12	Free-cooling. Odzysk ciepła z systemów chłodniczych.	2
Wy13	Wielostopniowe i kaskadowe systemy chłodnicze. Konstrukcja obiegu na wykresie lgP-h. Obliczenia punktów charakterystycznych.	2
Wy14	Wielostopniowe i kaskadowe systemy chłodnicze. Zastosowania i przykłady rozwiązań technicznych.	2
Wy15	Systemy ziębienia pośrednie – zasada działania, warunki niezbędne do realizacji, przykłady zastosowań.	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć - ćwiczenia	Liczba godzin
-------------------------	---------------

Ćw1	Wprowadzenie, omówienie ćwiczeń, warunków uczestnictwa w zajęciach, zaliczenia oraz oceny. Definicja efektywności urządzenia chłodniczego. Bilans cieplny komory oraz dobór temperatur parowania i skraplania.	2
Ćw2	Wykres logP-h. Określanie parametrów czynników chłodniczych (entalpia, entropia, gęstość, objętość właściwa, ciepło przemiany fazowej) na podstawie wykresu logP-h. Analiza termodynamiczna stanów oraz zmian stanów czynników.	2
Ćw3	Określanie punktów charakterystycznych obiegu chłodniczego na wykresie logP-h. Konstrukcja teoretycznego i rzeczywistego lewobieżnego obiegu na wykresie logP-h. Sprawność izentropowa.	2
Ćw4	Analiza termodynamiczna podstawowego obiegu chłodniczego. Wpływ przegrzania na wydajność jednostopniowego obiegu chłodniczego.	2
Ćw5	Metody poprawy efektywności jednostopniowych obiegów chłodniczych - dochłodzenie i regeneracja ciepła.	2
Ćw6	Wpływ spadku ciśnienia w instalacji na parametry pracy obiegów jednostopniowych. Analiza rzeczywistego lewobieżnego obiegu chłodniczego na wykresie logp-h z ekonomizerem.	2
Ćw7	Określanie punktów charakterystycznych wielostopniowego obiegu chłodniczego na wykresie logP-h. Analiza termodynamiczna wielostopniowego obiegu chłodniczego.	2
Ćw8	Kolokwium zaliczeniowe.	1
	Suma godzin	15

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Zasady zaliczenia kursu. Literatura, omówienie tematów zajęć, omówienie zasad BHP. Cięcie, gięcie oraz kielichowanie rur chłodniczych.	2
La2	Uzyskiwanie efektu ziębienia za pomocą mieszanin eutektycznych.	2
La3	Chłodzenie adiabatyczne i posługiwanie się wykresem i-x dla powietrza wilgotnego.	2
La4	Wizualizacja procesów zachodzących w obiegu ziębienia na podstawie obserwacji szklanego modelu chłodziarki domowej. Podstawy wykresu p(h).	2
La5	Badanie chłodziarki domowej i odwzorowanie jej obiegu ziębienia wraz z podstawowymi obliczeniami jej obiegu. Bilans komory chłodniczej.	2
La6	Przedstawienie podstawowych narzędzi serwisowych koniecznych do użycia podczas badania instalacji chłodniczych. Rozpoznawanie czynników chłodniczych na podstawie mierzonych parametrów ciśnienia i temperatury. Zasady bezpiecznego podłączenia zestawu manometrów do instalacji chłodniczej.	2
La7	Badanie podstawowej instalacji chłodniczej wyposażonej w chłodnicę powietrza. Odwzorowanie obiegu ziębienia na podstawie pomiarów oraz określenie aktualnej wydajności i efektywności.	2
La8	Badanie wpływu zakłóceń po stronie przepływu powietrza przez skraplacz na parametry pracy obiegu ziębienia. Wpływ na efektywność. Pomiar wydajności skraplacza na podstawie pomiarów.	2
La9	Badanie wpływu zakłóceń po stronie przepływu powietrza przez chłodnicę na parametry pracy obiegu ziębienia. Wpływ na efektywność. Pomiar wydajności chłodnicy powietrza na podstawie pomiarów.	2
La10	Praca termostatycznego zaworu rozprężnego i jego regulacja. Wpływ na współczynnik efektywności.	2
La11	Urządzenia obniżające temperaturę wody. Omówienie różnic względem urządzeń ochładzających powietrze. Wykonanie dokładnego schematu urządzenia.	2
La12	Omówienie przykładowych błędów konstrukcyjnych i ich wpływu na działanie urządzenia chłodniczego.	2
La13	Systemy VRV/VRF. Omówienie działania instalacji oraz wykonanie dokładnego schematu przykładowego systemu.	2
La14	Usuwanie napełnienia z instalacji chłodniczej różnymi metodami odzysku czynników chłodniczych.	2
La15	Zajęcia poprawkowe i uzupełniające oraz wystawienie ocen.	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. Wykład tradycyjny z wykorzystaniem slajdów N2. Ćwiczenia rachunkowe – dyskusja rozwiązań zadań N3. Ćwiczenia laboratoryjne – sprawozdania N4. Konsultacje N5. Praca własna – przygotowanie do ćwiczeń i laboratoriów N6. Praca własna – samodzielne studia i przygotowanie do kolokwium

#### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA - wykład

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
P	PEK_W01÷PEK_W04	kolokwium zaliczeniowe

#### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA - ćwiczenia

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_U01, PEK_U02	odpowiedzi ustne
F2	PEK_U01, PEK_U02	ocena rozwiązania zadań
F3	PEK_U01, PEK_U02	kolokwium zaliczeniowe
$P = 1/5(F1+F2) + 3/5F3$		

#### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA - laboratorium

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_U03	odpowiedzi ustne,
F2	PEK_U03	sprawozdania z ćwiczeń laboratoryjnych
$P = 1/5F1 + 4/5F2$		

#### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

##### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Ulrich H.J., Technika Chłodnicza - Poradnik t.1 i t.2, Wydawnictwo MASTA
- [2] Królicki Z., Termodynamiczne podstawy obniżania temperatury, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006.
- [3] Zalewski W.: Systemy i urządzenia chłodnicze. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2012.
- [4] Bohdal T., Charun H., Czapp M.: Urządzenia chłodnicze sprężarkowe parowe. WNT 2003.
- [5] Czapp M., Charun H., Bohdal T.: Wielostopniowe sprężarkowe urządzenia chłodnicze. Politechnika Koszalińska. Koszalin 1997.

##### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] PN-EN 378-1 do 4: 2016 Instalacje ziębnicze i pompy ciepła -- Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony środowiska.

##### **OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

Bartosz Zajączkowski, bartosz.zajaczkowski@pwr.edu.pl