



KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu
Technika cieplna [S2EJ1>TC]

Przedmiot

Kierunek studiów
Energetyka jądrowa

Rok/Semestr
1/1

Studia w zakresie (specjalność)
–

Profil studiów
ogólnoakademicki

Poziom studiów
drugiego stopnia

Język oferowanego przedmiotu
polski

Forma studiów
stacjonarne

Wymagalność
obieralny

Liczba godzin

Wykład
30

Laboratorium
15

Inne (np. online)
0

Ćwiczenia
30

Projekty/seminaria
0

Liczba punktów ECTS

5,00

Koordynatorzy

prof. dr hab. inż. Ewa Tuliszcza-Sznitko
ewa.tuliszcza-sznitko@put.poznan.pl

Wykładowcy

Wymagania wstępne

Student rozpoczynający przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę z zakresu: matematyki (podstawy rachunku różniczkowego i całkowego, rozwiązywanie prostych równań różniczkowych), fizyki (zasady zachowania w fizyce), termodynamiki (podstawy termodynamiki i wymiany ciepła) i mechaniki płynów (zasady zachowania pędu i masy).

Cel przedmiotu

Celem przedmiotu jest zapoznanie studenta z zagadnieniami termodynamiczno / przepływowymi występującymi w elektrowniach jądrowych, jak również zwrócenie uwagi na zagadnienia ekologii, w tym na efektywne wykorzystanie zasobów naturalnych.

Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

1. Student zna podstawowe prawa termodynamiki i mechaniki płynów, zna i rozumie podstawowe pojęcia wykorzystywane w tym zakresie. Student zna metody umożliwiające rozwiązanie prostych problemów termodynamiczno / przepływowych. Student ma wiedzę o podstawowych narzędziach numerycznych pomocnych przy rozwiązywaniu omawianych problemów.

2. Student sprawnie posługuje się I i II zasadą termodynamiką, oraz równaniem stanu, w celu poprawnego opisu procesów występujących w procesach konwersji energii. Student ma wiedzę o obiegach parowych i gazowych, umożliwiającą mu rozwiązywanie prostych zagadnień.
3. Student zna termodynamikę powietrza wilgotnego, zna podstawowe pojęcia z zakresu wilgotności powietrza i wie jakie znaczenie ma wilgotność powietrza w wielu zagadnieniach termodynamiki (spalanie).
4. Student ma podstawową wiedzę z zakresu wybranych urządzeń cieplnych, takich jak: kocioł, pompa, układ chłodzenia, wymienniki ciepła.

Umiejętności:

1. Student umie wykorzystać przyswojoną wiedzę do przeprowadzenia obliczeń prostych obiegów cieplnych, jak i do obliczeń poszczególnych elementów elektrowni jądrowej. Umie przeprowadzać bilanse energetyczne prostych systemów termodynamiczno-przepływowych.
2. Student umie formułować hipotezy dotyczące badanego problemu termodynamiczno / przepływowego.

Kompetencje społeczne:

1. Student rozumie potrzebę pracy zespołowej i konieczność ciągłego pogłębiania swojej wiedzy i rozszerzania umiejętności zawodowych.
2. Student rozumie konieczność działań pro-ekologicznych.
3. Student ma świadomość konieczności dialogu społecznego w sprawach związanych z wpływem energetyki jądrowej na otoczenie.

Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Wykład jest zaliczany na podstawie egzaminu pisemnego (90 minut). Studenci odpowiadają na 12 krótkich pytań. Lista wszystkich pytań udostępniana jest na ostatnim wykładzie. Ocena ustalana jest w czasie części ustnej egzaminu. Dodatkowo, stosowane jest ocenianie ciągłe, na każdych zajęciach, premiowania jest aktywności i uczestnictwo w dyskusji. Zajęcia tablicowe zaliczane są na podstawie sprawdzianu końcowego.

Część laboratoryjna: na podstawie sprawozdań.

Treści programowe

Wykład: Podstawowe definicje i zasady. Bilans masy, pędu, energii i inżynierskie odpowiedniki tych równań. Systemy otwarte i zamknięte. Główne parametry termodynamiczno / przepływowe: temperatura, ciśnienie, gęstość i prędkość. Jednostki, układ SI. Gaz idealny / gaz rzeczywisty. Woda, para wodna, powietrze, spaliny jako czynniki termodynamiczne. Ciepło i praca. Ciepło dyssypacji. Pierwsza i druga zasada termodynamiki. Podstawowe przemiany termodynamiczne: izobara, izochora, izoterma, izentropa. Przemiana politropowa. Równania Maxwella. Silnik Carnota. Przepływy ze zmianą fazy czynnika. Para mokra, stopień suchości. Obieg Carnota w obszarze dwufazowym, obieg Rankine'a i jego optymalizacja. Punk krytyczny. Podstawy wymiany ciepła (przewodzenie, promieniowanie, konwekcja). Rozwiązania analityczne równania przewodnictwa cieplnego ze źródłem wewnętrznym ciepła. Wrzenie, pierwszy i drugi kryzys wrzenia, konwekcja wymuszona i swobodna ze zmianą fazy, kondensacja. Gazy wilgotne: pojęcia podstawowe, I i II zasada termodynamiki. Spalanie. Termomechanika czynnika ściśliwego, przykłady. Inżynierskie zastosowania komputerów a termomechanika płynów, przykłady. Ćwiczenia audytoryjne: rozwiązywanie prostych zadań z termodynamiki, wymiany ciepła, energetyki cieplnej i jądrowej, w tym obliczanie modelowych obiegów cieplnych (gazowych i parowych). Rozwiązywanie prostych zadań z mechaniki płynów (przepływy przez kanał z uwzględnieniem strat, reakcja strumienia na kanał). Obliczanie przykładów z zakresu spalania paliw gazowych i stałych (z uwzględnieniem spalania niecałkowitego i niepełnego). Zajęcia laboratoryjne: Analiza wybranych przykładów omawianych na ćwiczeniach z wykorzystaniem standertowego edukacyjnego oprogramowania komputerowego.

Tematyka zajęć

Podstawowe definicje i zasady. Bilans masy, pędu, energii i inżynierskie odpowiedniki tych równań. Podstawowe parametry fizyczne używane w technice cieplnej tj. ciśnienie, temperatura, objętość, prędkość, masa, i ich jednostki. Równanie stanu gazu doskonałego (indywidualna stała gazowa,

uniwersalna stała gazowa). Definicja pracy, ciepło dyssypacji. Praca odwracalna zewnętrzna i praca odwracalna techniczna. Funkcje stanu: energia wewnętrzna i entalpia. Pierwsza zasada termodynamiki (układ zamknięty i układ otwarty). Ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu i ciepło właściwe przy stałej objętości. Molowe ciepło właściwe. Zależność ciepła właściwego od temperatury. Przykłady obliczeniowe z zakresu I zasady termodynamiki i równania stanu gazu doskonałego. Druga zasada termodynamiki, przyrost entropii. Nieodwracalność procesów termodynamicznych, procesy samorzutne – przykłady. Analiza podstawowych przemian termodynamicznych: izobara, izochora, izoterma – przykłady z prostą aplikacją techniczną. Przemiana izentropowa i sprawność procesów sprężania i rozprężania. Praca odwracalna zewnętrzna i odwracalna techniczna wzdłuż izentropy (spręż). Przemiana politropowa, ciepło politropy, przykłady obliczeniowe (sprężarka dwustopniowa z chłodzeniem międzystopniowym). Mieszanie gazów doskonałych, równania konstytutywne (prawo Daltona). Przykłady. Definicja obiegu, równanie obiegu i sprawność termiczna obiegu. Obiegi modelowe: obieg Carnota i obieg Braytona-Joule'a (z regeneracją). Przykłady obliczeniowe. Przemiany fazowe pary wodnej, wykres (s, h). Obieg Rankine'a – przykład obliczeniowy. Termodynamika powietrza wilgotnego, podstawowe parametry: wilgotność bezwzględna, wilgotność względna, zawartość wilgoci, punkt rosy. Wykres Molliera. Aplikacja techniczna. Termodynamika procesu spalania, przykłady obliczeniowe. Metody transportu ciepła: przewodzenie, konwekcji i promieniowanie. Prawo Fouriera, współczynnik przewodności cieplnej. Przewodzenie ciepła przez przeponę płaską pojedynczą i wielowarstwową (oraz przez przeponę cylindryczną). Przejmowanie ciepła, prawo Newtona, współczynnik przejmwania ciepła i jego jednostka. Przenikanie ciepła, współczynnik k. Przykłady obliczeniowe. Konwekcja naturalna i konwekcja wymuszona. Liczby podobieństwa: Reynoldsa, Prandtla, Nusselta, Grashofa. Zależności empiryczne na liczbę Nusselta – przykłady obliczeniowe. Promieniowanie termiczne i jego podstawowe parametry (gęstość emisji, zdolność materii do odbijania promieniowania, do absorpcji i do przepuszczania). Prawo Stefana-Boltzmann. Emisyjność. Wymiana ciepła przez promieniowanie pomiędzy dwoma nieskończenie długimi płytami prostopadłymi do podłoża. Wymienniki ciepła. Termomechanika czynnika ściśliwego, przykłady. Inżynierskie zastosowania komputerów a termomechanika płynów, przykłady. Zajęcia laboratoryjne: Analiza wybranych przykładów omawianych na ćwiczeniach z wykorzystaniem standertowego edukacyjnego oprogramowania komputerowego.

Metody dydaktyczne

Wykład prowadzony w formie zdalnej z wykorzystaniem metod dostępu synchronicznego.

Wykład: prezentacja multimedialna (z rysunkami i animacjami).

Ćwiczenia audytoryjne: przykładowe problemy techniczne rozwiązywane są na tablicy.

Zajęcia laboratoryjne: Analiza wybranych przykładów omawianych na ćwiczeniach z wykorzystaniem edukacyjnego oprogramowania komputerowego.

Literatura

Podstawowa:

1. Zohuri, B., McDaniel, P., Thermodynamics in Nuclear Power Plant Systems, Springer, 2019.
2. Badur, J. Pięć wykładów ze współczesnej termomechaniki płynów, IMP PAN Gdańsk, www.imp.gda.pl/struktura/O2/Z3/publications jako plik: pięćwykładów.pdf.
3. Tuliszka-Sznitko, E., Wybrane zagadnienia z mechaniki płynów wirujących, WPP, 2011.
4. Furmański, P., Domański, R., Wymiana ciepła, Przykłady obliczeń i zadania, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2002.

Uzupełniająca:

1. Cengel, Y., Boles, M.A., Thermodynamics, an engineering approach, Mc Graw Hill, 2008.
2. Incropera, F., DeWitt, D., Fundamentals of heat and mass transfer, Wiley, 2008.
3. Szargut, J., Termodynamika, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2023.
4. Wiśniewski, S., Termodynamika techniczna, Wydawnictwo Naukowe PWN, WNT, 2012.
5. Wiśniewski, S., Wymiana ciepła, Wydawnictwo Naukowe PWN, WNT, 2023.
6. Ghiaasiaan, M., Convective heat and mass transfer, Cambridge University Press, 2014.

Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	137	5,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	77	3,00
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwίων/egzaminu, wykonanie projektu)	60	2,00