POLITECHNIKA GDAŃSKA

Karta przedmiotu

Nazwa i kod przedmiotu	Modelowanie numeryczne procesów cieplno-przepływowych, PG_00064849		
Kierunek studiów	Mechanika i budowa maszyn		
Data rozpoczęcia studiów	luty 2027 r.	Rok akademicki realizacji przedmiotu	2027/2028
Poziom kształcenia	II stopnia	Grupa zajęć	Grupa zajęć specjalnościowych Grupa zajęć powiązanych z prowadzonymi badaniami naukowymi w dziedzinie nauki związanej z kierunkiem - profil ogólnoakademicki
Forma studiów	stacjonarne	Sposób realizacji	na uczelni
Rok studiów	1	Język wykładowy	polski
Semestr studiów	2	Liczba punktów ECTS	4.0
Profil kształcenia	ogólnoakademicki	Forma zaliczenia	egzamin
Jednostka prowadząca	Wydziały Politechniki Gdańskiej -> Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa -> Instytut Energii -> Zakład Systemów i Urządzeń Energetyki Cieplnej		
Imię i nazwisko wykładowcy (wykładowców)	Odpowiedzialny za przedmiot	dr inż. Paweł Ziółkowski	
	Prowadzący zajęcia z przedmiotu		

Formy zajęć							
	Forma zajęć	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium	RAZEM
	Liczba godzin zajęć	30.0	0.0	0.0	30.0	0.0	60
	W tym liczba godzin zajęć na odległość: 0.0						

Aktywność studenta i liczba godzin pracy					
	Aktywność studenta	Udział w zajęciach dydaktycznych, objętych planem studiów	Udział w konsultacjach	Praca własna studenta	RAZEM
	Liczba godzin pracy studenta	60	5.0	35.0	100

Cel przedmiotu	Celem przedmiotu jest przedstawienie zastosowania programów do modelowania numerycznego w procesach cieplno-przepływowych. Część teoretyczna (wykład) ma na celu zaznajomienie studentów oraz zainteresowanie ich tematyką równań zachowania masy, pędu i energii w ujęciu 0D i 3D biorąc pod uwagę kontekst zrównoważonego rozwoju. Celem części praktycznej (projekt) jest uzyskanie przez studenta kompetencji w zakresie posługiwania się aparatem analizy numerycznej procesów cieplno-przepływowych.

Efekty uczenia się przedmiotu

Efekt kierunkowy	Efekt z przedmiotu	Sposób weryfikacji i oceny efektu
[K7_W02] wykazuje się uporządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzą obejmującą kluczowe zagadnienia z zakresu Mechaniki i Budowy Maszyn pozwalające na analizę i modelowanie systemów, procesów oraz urządzeń mechanicznych	Student wykazuje się uporządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzą obejmującą zagadnienia cieplno-przepływowe pozwalające na analizę i modelowanie systemów i procesów cieplno-przepływowych w tym przede wszystkim wpisujących się w rozbudowę układów wspierających idee zrównoważonego rozwoju.	[SW3] Ocena wiedzy zawartej w opracowaniu tekstowym i projektowym
[K7_W12] identyfikuje i interpretuje główne trendy rozwojowe i najistotniejsze nowe osiągnięcia z zakresu nauk inżynieryjno-technicznych i dyscyplin naukowych właściwych dla kierunku studiów	Student potrafi zidentyfikować i zinterpretować główne trendy rozwojowe w energetyce cieplnej i zawodowej oraz wskazać kierunki zgodne z ideą zrównoważonego rozwoju. Student potrafi wymienić najistotniejsze nowe osiągnięcia zarówno z zakresu nauk inżynieryjno-technicznych, jak i z szerszego horyzontu interdyscyplinarnego. Wskazuje najnowsze wdrożenia i badania rozwojowe w kontekście urządzeń i maszyn cieplno-przepływowych, w tym w szczególności układów proekologicznych, wykorzystujących Odnawialne Źródła Energii (OZE) lub współpracujących z nimi w celu osiągnięcia bezpieczeństwa systemu elektroenergetycznego.	[SW1] Ocena wiedzy faktograficznej [SW3] Ocena wiedzy zawartej w opracowaniu tekstowym i projektowym
[K7_U15] ocenia przydatność zaawansowanych metod i narzędzi do rozwiązania złożonego zadania inżynierskiego o charakterze praktycznym, charakterystycznym dla kierunku studiów oraz wybiera i stosuje w tym celu właściwe metody i narzędzia	Student ocenia przydatność zaawansowanych metod i narzędzi numerycznych do rozwiązania złożonego zadania inżynierskiego o charakterze praktycznym - modeluje prace urządzeń energetycznych – turbin, sprężarek i wymienników ciepła. Student wybiera i stosuje w tym celu właściwe metody, w tym łączące podejście interdyscyplinarne i narzędzia, np. 0D lub 3D. Student potrafi odnieść się do parametrów pracy poszczególnych urządzeń i określić czy wyniki są poprawne fizycznie.	[SU1] Ocena realizacji zadania [SU4] Ocena umiejętności korzystania z metod i narzędzi
[K7_U11] komunikuje i uzasadnia opinie dotyczące tematyki specjalistycznej, w sposób zrozumiały dla zróżnicowanych kręgów odbiorców, również z wykorzystaniem nowoczesnych technik, w tym informatycznych	Student jest w stanie komunikować się oraz uzasadnia swoje opinie dotyczące tematyki maszyn cieplno-przepływowych, w sposób zrozumiały dla zróżnicowanych kręgów odbiorców, również z wykorzystaniem nowoczesnych interdyscyplinarnych technik, w tym informatycznych opartych o oprogramowanie wykorzystujące bilanse 0D i 3D.	[SU1] Ocena realizacji zadania [SU2] Ocena umiejętności analizy informacji [SU4] Ocena umiejętności korzystania z metod i narzędzi

Treści przedmiotu

Treści przedmiotu - wykład

Wykład obejmuje powtórzenie informacji dotyczących obiegów termodynamicznych w kontekście zastosowania ich do wsparcia koncepcji zrównoważonego rozwoju oraz poszerzenie informacji o ich modelowaniu przy wykorzystaniu narzędzi numerycznych. W trakcie wykładu nastąpi przedstawienie bilansów, równań konstytutywnych, sposobu zadawania warunków w zagadnieniach cieplno-przepływowych, w tym w ujęciu interdyscyplinarnym pozwalającym podnosić ogólnie rozumiany dobrostan społeczeństwa. Nastąpi również omówienie możliwości obliczeniowych kodów obliczeniowych MES i MOS oraz z pakietów do projektowania systemów energetycznych w tym współpracujących z OZE.

Treści przedmiotu - projekt

Zajęcia projektowe dotyczyć będą modelowania praktycznego przykładu w kontekście procesów cieplno-przepływowych.

Wymagania wstępne i dodatkowe

Student powinien umieć rozwiązywać wybrane problemy z zakresu rachunku różniczkowego i całkowego. Znać równania różniczkowe zwyczajne i cząstkowe. Posiadać podstawową wiedzę z zakresu mechaniki płynów, wytrzymałości materiałów i termodynamiki.

Sposoby i kryteria oceniania osiąganych efektów uczenia się

Sposób oceniania (składowe)	Próg zaliczeniowy	Składowa oceny końcowej
Laboratoria	56.0%	35.0%
Egzamin pisemny	56.0%	65.0%

Zalecana lista lektur	Podstawowa lista lektur	1. Janusz Badu: Numeryczne modelowanie zrownoważonego spalania w turbinach gazowych. Wydawnictwo IMP PAN (2003): Gdańsk Skrypt dostępny na stronie: https://www.imp.gda.pl/fileadmin/doc/o2/z3/publications/2005_piecwykladow.pdf 2. Magdalena Budziszewska, Aleksandra Kardaś, Zbigniew Bohdanowicz: Klimatyczne ABC. Interdyscyplinarne podstawy współczesnej wiedzy o zmianie klimatu. Warszawa (2021): Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego. https://klimatyczneabc.uw.edu.pl/. https://doi.org/10.31338/uw.9788323547303 3. Ziółkowski, P.; Radomski, P.; Koulali, A.; Kreft, D.; Barański, J.; Mikielewicz, D. Numerical Study of Heat Transfer Intensification in a Chamber with Heat Generating by Irradiated Gold Nanorods: One-Way Multiphysics and Multiscale Approach. Energies 2026, 19, 181. https://doi.org/10.3390/en19010181
	Uzupełniająca lista lektur	1. Dariusz Mikielewicz, Jarosław Mikielewicz: Termodynamika we współczesnej nauce i technice; Wydawnictwo Naukowe PWN (2025): Warszawa. 2. Stephen Turns: Thermal-Fluid Sciences an integrated approach. Cambrige University Press, New York 2006. 3. Wolfgang Altmann: Practical process control for engineers and technicians. Newnes, Oxford 2005. 4. Rolf Kehlhofer: Combined-cycle gas & steam turbine power plant. The Fairmont Press, Lilburn, 1991. 5. F. M. White - Fluid Mechanics, McGraw-Hill, 2011 6. Ziółkowski P., Stasiak K., Amiri M., Mikielewicz D. Negative carbon dioxide gas power plant integrated with gasification of sewage sludge. Energy. 2023;262:125496. 7. Janusz Badu: Numeryczne modelowanie zrownoważonego spalania w turbinach gazowych. Wydawnictwo IMP PAN (2003): Gdańsk. 8. Olgierd C. Zienkiewicz (1972): Metoda elementow skończonych. Arkady, Warszawa. 9. Olgierd C. Zienkiewicz, R.L. Taylor, J.Z. Zhu (2005): Finite Element Method vol. I,II,III Elsevier, Amsterdam, Oxford. 10. Ostrowska-Maciejewska J.: Fenomenologiczna machanika ośrodkow ciągłych. Wydawnictwo Instytutu Podstawowych Problemow Techniki PAN, Warszawa 2020 11. Artykuły naukowe podane w kolejnych wykładach jako przykłady.
	Adresy eZasobów	

Przykładowe zagadnienia/ przykładowe pytania/ realizowane zadania	1) Wykorzystując/wykonując rysunek kanału z jednym wlotem i jednym wylotem przejść z ogólnego różniczkowego zapisu bilansu masy w ujęciu 3D do podejścia 0D w warunkach stacjonarnych. Opisać zmienne występujące w równaniach. (3 pkt) 2) Wykorzystując/wykonując rysunek kanału z jednym wlotem i jednym wylotem przejść z ogólnego różniczkowego zapisu bilansu pędu w ujęciu 3D do podejścia 0D w warunkach stacjonarnych. Opisać zmienne występujące w równaniach. (3 pkt) 3) Wykorzystując /wykonując rysunek kanału z jednym wlotem i jednym wylotem oraz ścianą grzewczą i ruchomą łopatą przejść z ogólnego różniczkowego zapisu bilansu energii w ujęciu 3D do podejścia 0D w warunkach stacjonarnych. Opisać zmienne występujące w równaniach. (3 pkt) 4) Schemat obiegu Rankine'a oraz wykresy p-v, T-s, i h-s wraz z równaniami opisującymi przemiany w kolejnych urządzeniach przy rozróżnieniu bilansu masy, pędu i energii. (zaznaczyć punkty charakterystyczne na wszystkich wykresach i na schemacie urządzeń – równania modelujące zjawiska fizyczne powinny odpowiadać modelom matematycznym zjawisk zachodzących w danych urządzeniach). (3pkt) 5) Schemat obiegu Joule'a-Braytona oraz wykresy p-v, T-s, i h-s wraz z równaniami opisującymi przemiany w kolejnych urządzeniach przy rozróżnieniu bilansu masy, pędu i energii. (zaznaczyć punkty charakterystyczne na wszystkich wykresach i na schemacie urządzeń – równania modelujące zjawiska fizyczne powinny odpowiadać modelom matematycznym zjawisk zachodzących w danych urządzeniach). (3pkt) 6) Schemat obiegu ORC na czynnik suchy oraz wykresy p-v, T-s, i h-s wraz z równaniami opisującymi przemiany w kolejnych urządzeniach przy rozróżnieniu bilansu masy, pędu i energii. (zaznaczyć punkty charakterystyczne na wszystkich wykresach i na schemacie urządzeń – równania modelujące zjawiska fizyczne powinny odpowiadać modelom matematycznym zjawisk zachodzących w danych urządzeniach). (3pkt) 7) Schemat obiegu kombinowanego z kotłem jednocieniowym oraz wykres T-s, h-s i wykres T-Q rozkładu temperatur na ścieżce spalin wraz z równaniami opisującymi przemiany w kolejnych urządzeniach przy rozróżnieniu bilansu masy, pędu i energii. (zaznaczyć punkty charakterystyczne na wszystkich wykresach i na schemacie urządzeń – równania modelujące zjawiska fizyczne powinny odpowiadać modelom matematycznym zjawisk zachodzących w danych urządzeniach). (3pkt) 8) Schemat obiegu lewobieżnego (obieg Lindego) oraz wykres p-h, T-s i wykres T-Q rozkładu temperatur w wymiennikach ciepła po obu stronach wymienników wraz z równaniami opisującymi przemiany w kolejnych urządzeniach przy rozróżnieniu bilansu masy, pędu i energii. (zaznaczyć punkty charakterystyczne na wszystkich wykresach i na schemacie urządzeń – równania modelujące zjawiska fizyczne powinny odpowiadać modelom matematycznym zjawisk zachodzących w danych urządzeniach). (3pkt) 9) Schemat obiegu Carnota oraz wykresy p-v, T-s wraz z równaniami opisującymi przemiany w kolejnych urządzeniach przy rozróżnieniu bilansu masy, pędu i energii. (zaznaczyć punkty charakterystyczne na wszystkich wykresach i na schemacie urządzeń – równania modelujące zjawiska fizyczne powinny odpowiadać modelom matematycznym zjawisk zachodzących w danych urządzeniach). Wyznaczyć sprawność obiegu odniesioną do temperatury na podstawie ciepła doprowadzonego i wyprowadzonego. (3pkt) 10) Schemat obszaru obliczeniowego z warunkami brzegowymi z odbiorem energii z wiatru. Zasadnicze równanie CFD odpowiadające ogólnemu modelowi matematycznemu tego zjawiska. (2pkt) 11) Przykład układu hybrydowego typu farma fotowoltaiczna lub farma wiatrowa plus obieg prowadzący do magazynowania energii (CAES) wraz ze schematem układu i opisem współpracy poszczególnych urządzeń. Wskazanie definicji równań określających efektywność układu. (2pkt) 12) Przykład układu hybrydowego typu ORC-VCC z obiegiem cieplnym na wykresach p-h, T-s wraz ze schematem układu i opisem współpracy poszczególnych urządzeń. Równania definiujące efektywność układu. (2pkt) 13) Narysować diagram określający związek między zmiennymi zachowawczymi, kinematycznymi, strumieniami i źródłami wykorzystywanymi w termomechanice (w tym w CFD). (3 pkt) 14) Wymienić przykładowe równania konstytutywne charakterystyczne dla cieczy, gazu i ciała stałego. Opisać po jednym przykładzie z wyszczególnieniem wszystkich zmiennych, a w szczególności stałych materiałowych. (3pkt)

	15) Omówić cztery gałęzie Computational Thermomechanics of Continuum. Opisać związki pomiędzy tymi gałęziami na przykładzie odpowiedniego schematu. (2 pkt) 16) Opisać zachowawczą postać bilansu masy (równanie i zmienne). Wskazać różnice pomiędzy bilansem 0D i 3D. (2pkt) 17) Opisać zachowawczą postać bilansu pędu (równanie i zmienne). Wskazać różnice pomiędzy bilansem 0D i 3D. (2pkt) 18) Opisać zachowawczą postać bilansu energii (równanie i zmienne). Wskazać różnice pomiędzy bilansem 0D i 3D. (2pkt) 19) Opisać podstawowe równania ewolucji turbulencji k-omega lub k-epsilon. Wskazać ich analogie w układzie równań zachowawczych względem bilansu pędu. Odnieść się do źródeł turbulencji i procesów jakie ze sobą niesie to zjawisko. (3pkt) 20) Przykład magazynowania energii na schemacie obiegu termodynamicznego (np. obiegu z magazynem pary) wraz z równaniami opisującymi niniejsze zagadnienie – w ujęciu 3D lub 0D. (2pkt)
Zajęcia praktyczne w ramach przedmiotu	Nie dotyczy

Dokument wygenerowany elektronicznie. Nie wymaga pieczęci ani podpisu.