POLITECHNIKA GDAŃSKA

Karta przedmiotu

Nazwa i kod przedmiotu	Finite Element Modeling, PG_00070358		
Kierunek studiów	Okręty i konstrukcje morskie (studia w j. angielskim)		
Data rozpoczęcia studiów	luty 2026 r.	Rok akademicki realizacji przedmiotu	2026/2027
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 Angielski
Semestr studiów	2	Liczba punktów ECTS	3.0
Profil kształcenia	ogólnoakademicki	Forma zaliczenia	zaliczenie
Jednostka prowadząca	Wydziały Politechniki Gdańskiej -> Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa -> Instytut Budowy Okrętów -> Zakład Mechaniki i Technologii Konstrukcji Morskich		
Imię i nazwisko wykładowcy (wykładowców)	Odpowiedzialny za przedmiot	dr hab. inż. Beata Zima	
	Prowadzący zajęcia z przedmiotu	dr inż. Maciej Kahsin prof. dr hab. inż. Arkadiusz Żak	

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						
	Adresy kursu na platformie eNauczanie: Moodle ID: 9001 Finite Element Modeling https://enauczanie.pg.edu.pl/2025/course/view.php?id=9001						

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	10.0	75

Cel przedmiotu	
	Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z teoretycznymi podstawami Metody Elementów Skończonych (MES) oraz wykształcenie praktycznych umiejętności jej zastosowania w zaawansowanej analizie strukturalnej: liniowej i nieliniowej. Kurs ma na celu przygotowanie studentów do samodzielnego i poprawnego budowania modeli numerycznych złożonych konstrukcji inżynierskich (od idealizacji geometrii i doboru siatki, przez definiowanie specyficznych obciążeń i warunków brzegowych, aż po złożone analizy statyczne, wyboczeniowe i dynamiczne), również przy wykorzystaniu komercyjnego oprogramowania inżynierskiego CAE. Ważnym aspektem kształcenia jest rozwinięcie kompetencji w zakresie krytycznej oceny, weryfikacji oraz interpretacji wyników symulacji w oparciu o wiedzę inżynierską oraz aktualne wytyczne w zakresie projektowania konstrukcji inżynierskich.

Efekty uczenia się przedmiotu

Efekt kierunkowy	Efekt z przedmiotu	Sposób weryfikacji i oceny efektu
[K7_W01] wyjaśnia i opisuje, na podstawie wiedzy ogólnej z zakresu dyscyplin naukowych tworzących podstawy teoretyczne Okrętownictwa i Oceanotechniki, budowę i zasady działania systemów i procesów okrętowych i oceanotechnicznych oraz ich elementów, a także metody i środki ich projektowania i eksploatacji	Student zna i rozumie matematyczne i fizyczne podstawy Metody Elementów Skończonych (MES), w tym sformułowania wariacyjne, specyfikę działania różnych typów elementów (1D, 2D, 3D) oraz procedury obliczeniowe stosowane w liniowej statyce, analizie wyboczeniowej i modalnej.	[SW1] Ocena wiedzy faktograficznej [SW2] Ocena wiedzy zawartej w prezentacji [SW3] Ocena wiedzy zawartej w opracowaniu tekstowym i projektowym
[K7_U01] wykorzystuje poznane metody analityczne, symulacyjne i eksperymentalne oraz modele matematyczne do analizy i oceny systemów/procesów okrętowych i oceanotechnicznych	Student potrafi samodzielnie przeprowadzić pełną procedurę analizy numerycznej (pre-processing, obliczenia, post-processing) złożonego komponentu inżynierskiego w programie CAE oraz dokonać krytycznej oceny, weryfikacji i interpretacji uzyskanych wyników symulacji.	[SU2] Ocena umiejętności analizy informacji [SU4] Ocena umiejętności korzystania z metod i narzędzi [SU5] Ocena umiejętności zaprezentowania wyników realizacji zadania
[K7_W04] wykazuje się wiedzą obejmującą wybrane zagadnienia z zakresu zaawansowanej wiedzy szczegółowej, w szczególności z zakresu metod, technik, narzędzi i algorytmów właściwych dla Okrętownictwa i Oceanotechniki	Student zna i rozumie zaawansowane zasady idealizacji struktur inżynierskich, prawidłowego doboru gęstości siatki obliczeniowej oraz definiowania złożonych warunków brzegowych i obciążeń w analizach MES.	[SW1] Ocena wiedzy faktograficznej [SW2] Ocena wiedzy zawartej w prezentacji [SW3] Ocena wiedzy zawartej w opracowaniu tekstowym i projektowym

Treści przedmiotu

Treści przedmiotu - wykład

- Wprowadzenie do MES w inżynierii: Przegląd etapów analizy CAE (pre-processing, obliczenia, post-processing); kontekst historyczny i zastosowanie w analizie strukturalnej.
- Podstawy matematyczne i metody energetyczne: Sformułowania wariacyjne; Zasada Prac Przygotowanych; bezpośrednia metoda sztywności dla elementów 1D (pręty i belki).
- Sformułowania elementów i odwzorowanie izoparametryczne: Charakterystyka, funkcje kształtu oraz wyprowadzenie macierzy sztywności dla elementów 1D, 2D (powłokowych/płytowych) i 3D (bryłowych).
- Idealizacja strukturalna i strategie modelowania: Zasady dyskretyzacji; kryteria zbieżności i zagęszczania siatki; koncentracje naprężeń a osobliwości numeryczne.
- Warunki brzegowe i obciążenia konstrukcyjne: Rodzaje więzów (podparcia kinematyczne, symetria/ antysymetria); reprezentacja obciążeń eksploatacyjnych i konstrukcyjnych.
- Stateczność konstrukcji (Analiza wyboczeniowa): Teoria liniowego wyboczenia; wyznaczanie krytycznych obciążeń wyboczeniowych i postaci utraty stateczności.
- Analiza dynamiczna (Podstawy analizy modalnej): Podstawy dynamiki budowli; formułowanie macierzy mas; wyznaczanie częstotliwości drgań własnych i postaci drgań.
- Weryfikacja i walidacja: Metody krytycznej oceny wyników symulacji MES; porównanie z modelami analitycznymi i wytycznymi projektowymi; prezentacje studiów przypadku (*case studies*).

Treści przedmiotu - projekt

- Wprowadzenie do środowiska CAE: Przegląd graficznego interfejsu użytkownika (GUI); konfiguracja obszaru roboczego; przygotowanie szablonu projektu.
- Modelowanie i czyszczenie geometrii: Import zewnętrznej geometrii CAD; techniki generowania powierzchni środkowych (*mid-surfacing*) dla konstrukcji cienkościennych; upraszczanie geometrii na potrzeby siatki.
- Definiowanie materiału i dobór elementów: Definiowanie liniowo-sprężystych właściwości materiałowych; dobór odpowiednich typów elementów (belkowe vs. powłokowe vs. bryłowe) dla wybranych komponentów.
- Dyskretyzacja i analiza zbieżności siatki: Generowanie siatek strukturalnych i nieregularnych; lokalne zagęszczanie siatki w strefach spiętrzenia naprężeń; przeprowadzenie weryfikacji niezależności wyników od gęstości siatki.
- Zadawanie obciążeń i warunków brzegowych: Przekształcanie więzów inżynierskich na numeryczne warunki brzegowe; aplikowanie sił skupionych, rozłożonych.
- Realizacja liniowej analizy statycznej: Definiowanie parametrów solvera; uruchomienie obliczeń; śledzenie błędów i rozwiązywanie problemów ze zbieżnością obliczeń.
- Post-processing i interpretacja wyników: Ekstrakcja i analiza rozkładów naprężeń (Hubera-Misesa, naprężeń głównych), przemieszczeń oraz sił reakcji.
- Zaawansowane moduły symulacyjne: Konfiguracja i uruchomienie analizy wyboczenia liniowego (wartości własne) oraz analizy modalnej (częstotliwości własne) dla wybranej konstrukcji.
- Dokumentacja i obrona projektu: Opracowanie uzyskanych wyników numerycznych w formie oficjalnego, inżynierskiego raportu technicznego; końcowa prezentacja i dyskusja uzyskanych wyników.

Wymagania wstępne i dodatkowe

- Wiedza z zakresu mechaniki: Znajomość podstaw wytrzymałości materiałów oraz mechaniki konstrukcji na poziomie studiów pierwszego stopnia.
- Wiedza kierunkowa: Podstawowa wiedza dotycząca budowy okrętów, obiektów oceanotechnicznych lub ogólnych konstrukcji inżynierskich.
- Umiejętności komputerowe: Umiejętność obsługi komputera oraz podstawowa znajomość dowolnego oprogramowania klasy CAD do modelowania geometrii 3D.
- Język obcy: Znajomość języka angielskiego na poziomie umożliwiającym aktywne uczestnictwo w zajęciach oraz samodzielną pracę z anglojęzyczną literaturą techniczną.

<table>
<tr><td>Sposoby i kryteria oceniania osiąganych efektów uczenia się</td><td colspan="2"><table>
<tr><th>Sposób oceniania (składowe)</th><th>Próg zaliczeniowy</th><th>Składowa oceny końcowej</th></tr>
<tr><td>Wykład bez oceny</td><td>0.0%</td><td>0.0%</td></tr>
<tr><td>Projekt</td><td>100.0%</td><td>100.0%</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td rowspan="3">Zalecana lista lektur</td><td>Podstawowa lista lektur</td><td>• Żak A., A Finite Element Approach for Wave Propagation in Elastic Solids, Springer Nature, 2024 (Zaawansowana monografia naukowa dotycząca modelowania propagacji fal i dynamicznych właściwości modeli numerycznych MES).
• Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., The Finite Element Method. Volume 1: The Basis & Volume 2: Solid Mechanics, Elsevier / Butterworth-Heinemann (Światowa „biblia” MES, której edycje i opracowania naukowe są również szeroko indeksowane i dostępne w Wiley Online Library).
• Cook R.D., Malkus D.S., Plesha M.E., Witt R.J., Concepts and Applications of Finite Element Analysis, John Wiley & Sons (Klasyczny, uznany na całym świecie podręcznik wydawnictwa Wiley, kładący nacisk na inżynierskie zastosowanie i podstawy metody).</td></tr>
<tr><td>Uzupełniająca lista lektur</td><td>• Ostachowicz W., Kudela P., Krawczuk M., Żak A., Guided Waves in Structures for SHM: The Time-Domain Spectral Element Method, John Wiley & Sons, 2012 (Zaawansowane modelowanie propagacji fal w diagnostyce stanów konstrukcji przy użyciu metod elementów spektralnych).
• Bathe K.J., Finite Element Procedures, Prentice-Hall (Klasyczna monografia skupiająca się na algorytmach numerycznych i implementacji komputerowej MES).
• Moaveni S., Finite Element Analysis: Theory and Application with ANSYS, Pearson (Podręcznik kładący nacisk na praktyczne przełożenie teorii na pracę w komercyjnych środowiskach inżynierskich).</td></tr>
<tr><td>Adresy eZasobów</td><td></td></tr>
<tr><td>Przykładowe zagadnienia/ przykładowe pytania/ realizowane zadania</td><td colspan="2">1. Zagadnienia teoretyczne i dyskusyjne (Wykład):
• Omówienie różnic pomiędzy sformułowaniem macierzy sztywności dla elementów powłokowych (shell) a bryłowych (solid) w kontekście modelowania konstrukcji cienkościennych.
• Analiza zbieżności siatki (mesh convergence study) – jak zidentyfikować błąd dyskretyzacji, a jak rozpoznać osobliwość numeryczną (singularity) w strefach koncentracji naprężeń?
• Kryteria wyboru odpowiednich warunków brzegowych dla wycinka konstrukcji z uwzględnieniem warunków symetrii i antysymetrii.
• Fizyczna interpretacja wartości własnych w liniowej analizie wyboczeniowej oraz analizie modalnej konstrukcji inżynierskich.
2. Zadania realizowane w ramach projektu (CAE):
• Import geometrii CAD, czyszczenie topologii oraz generowanie powierzchni środkowych (mid-surfacing) dla wybranego komponentu strukturalnego.
• Przeprowadzenie liniowej analizy statycznej (obliczenie map naprężeń redukowanych Hubera-Misesa oraz przemieszczeń) dla usztywnionej konstrukcji płytowej poddanej obciążeniu ciśnieniem.
• Wyznaczenie najniższych postaci i częstości drgań własnych (analiza modalna) konstrukcji ramy lub masztu w celu uniknięcia rezonansu.
• Przeprowadzenie analizy utraty stateczności i wyznaczenie krytycznego mnożnika obciążenia dla ściskanego panelu usztywnionego.</td></tr>
<tr><td>Zajęcia praktyczne w ramach przedmiotu</td><td colspan="2">Nie dotyczy</td></tr>
</table>

Dokument wygenerowany elektronicznie. Nie wymaga pieczęci ani podpisu.