



Metody komputerowe

Karta opisu przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów Budownictwo	Cykl kształcenia 2023/24	
Specjalność -	Kod przedmiotu ID000000IBU(P)S.MI1B.1259.23	
Jednostka organizacyjna Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji	Języki wykładowe polski	
Poziom studiów studia drugiego stopnia (magister inżynier)	Obligatoryjność Fakultatywny	
Forma studiów stacjonarne	Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe	
Profil studiów praktyczny	Dyscypliny Inżynieria lądowa i transport	
	Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Nie	
	Przedmiot kształtujący umiejętności praktyczne Tak	
Nauczyciel akademicki odpowiedzialny za przedmiot	Filip Zakęś	
Pozostali prowadzący	Filip Zakęś	
Okres Semestr 1	Forma zaliczenia Egzamin	Liczba punktów ECTS 4.0
	Forma prowadzenia i godziny zajęć Wykład: 30 Ćwiczenia laboratoryjne: 30	

Cele kształcenia dla przedmiotu

C1	Przekazanie wiedzy z zakresu zastosowania metody elementów skończonych w rozwiązywaniu i analizie konstrukcji inżynierskich
----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Efekty uczenia się dla przedmiotu

Kod	Efekty uczenia się w zakresie	Kierunkowe efekty uczenia się	Metody weryfikacji
Wiedzy - Student zna i rozumie:			
W1	Student ma podbudowaną teoretycznie wiedzę związaną z zastosowaniem metod komputerowych, a szczególności metody elementów skończonych, w analizie dźwigarów prętowych i powierzchniowych.	BU_P7S_WG03	Egzamin pisemny
W2	Student wie na czym polega dyskretyzacja analizowanego obiektu oraz jaki ma wpływ na wyniki obliczeń.	BU_P7S_WG04	Egzamin pisemny
W3	Student zna systemy komputerowe (potrafi je wymienić) stosowane w komputerowym wspomaganii projektowania konstrukcji inżynierskich.	BU_P7S_WG07	Egzamin pisemny
Umiejętności - Student potrafi:			
U1	Student potrafi stworzyć model obliczeniowy analizowanego dźwigara w systemie komputerowym opartym na metodzie elementów skończonych.	BU_P7S_UW02	Projekt, Kolokwium
U2	Student potrafi przeprowadzić dyskretyzację analizowanego obiektu oraz określić liczbę stopni swobody zastosowanego elementu skończonego. Rozumie, jakie parametry są wymagane do opisu wybranej analizy statycznej lub dynamicznej.	BU_P7S_UW03	Projekt, Kolokwium
U3	Potrafi dokonać wyboru metody rozwiązania zagadnienia nieliniowego. Umie zaprezentować rezultaty obliczeń w formie graficznej i ocenić ich poprawność.	BU_P7S_UW04	Projekt, Kolokwium
Kompetencji społecznych - Student jest gotów do:			
K1	Student docenia rolę zastosowania komputera w obliczeniach inżynierskich i rozumie potrzebę podnoszenia swoich kwalifikacji w tym zakresie.	BU_P7S_KK01	Projekt

Bilans punktów ECTS

Forma aktywności studenta	Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane aktywności	
Wykład	30	
Ćwiczenia laboratoryjne	30	
Przeprowadzenie badań literaturowych	10	
Przygotowanie projektu	40	
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	5	
Łączny nakład pracy studenta	Liczba godzin 115	ECTS 4.0

Zajęcia z bezpośrednim udziałem nauczyciela	Liczba godzin 60	ECTS 2.0
Nakład pracy związany z zajęciami o charakterze praktycznym	Liczba godzin 30	ECTS 1.0

* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

Treści programowe

Lp.	Treści programowe	Formy prowadzenia zajęć
------------	--------------------------	--------------------------------

1.	<p>Cel nauczania i zakres przedmiotu. Metody komputerowego modelowania i analizy konstrukcji - krótka charakterystyka metody różnic skończonych (MER), metody elementów skończonych (MES) i metody elementów brzegowych (MEB) - cechy wspólne, zalety i wady oraz możliwości stosowania.</p> <p>Dźwigary prętowe i powierzchniowe – podział i klasyfikacja pod kątem parametrów geometrycznych oraz przenoszonego obciążenia, charakterystyczne stopnie swobody i panujący stan napięcia. Rola preprocesora, procesora i postprocesora w komputerowej analizie konstrukcji.</p> <p>Dyskretyzacja geometrii, warunków podparcia oraz obciążenia w MES. Podstawy matematyczne MES, zastosowanie zasady prac przygotowanych do wyprowadzenia równań równowagi statycznej struktury dyskretnej w ujęciu przemieszczeniowym. Warunki zgodności przemieszczeń i równowagi w węzłach.</p> <p>Dyskretyzacja dźwigara powierzchniowego o regularnym i nieregularnym kształcie przy zastosowaniu elementów prostokątnych, trójkątnych i równoległobocznych. Stopnie swobody elementów tarczowych, płytowych i powłokowych. Związki geometryczne oraz fizyczne w tarczach, płytach i powłokach.</p> <p>Wyprowadzenie macierze sztywności dla elementu tarczowego, płytowego oraz powłokowego. Całkowanie numeryczne po powierzchni elementów. Macierz sztywności i wektor równoważników obciążenia zewnętrznego dla pojedynczego elementu – interpretacja fizyczna elementów macierzy sztywności.</p> <p>Metody automatycznej generacji siatki elementów powierzchniowych wykorzystywane w programach komputerowych opartych na MES. Wpływ dyskretyzacji na wyniki obliczeń. Zagęszczanie siatki podziału na elementy w obszarach spodziewanej koncentracji naprężeń.</p> <p>Agregacja macierzy sztywności całej struktury dyskretnej, optymalna numeracja węzłów. Sposób wprowadzenia warunków podparcia konstrukcji. Przechowywanie macierzy w pamięci komputera oraz algorytmy rozwiązywania układów równań z pasmową i symetryczną macierzą współczynników przy niewiadomych.</p> <p>Rozwiązywanie zagadnień nieliniowych z wykorzystaniem MES. Nieliniowość geometryczna i fizyczna konstrukcji. Metody przyrostowo-iteracyjne rozwiązywania zagadnień nieliniowych.</p> <p>Nieliniowość konstrukcyjna - pojęcie więzów jednostronnych i ich zastosowanie, modelowanie zagadnień kontaktowych. Podłoże sprężyste typu Winklera z więzami dwu- i jednostronnymi.</p> <p>Zagadnienie własne w analizie stateczności konstrukcji. Kryterium stateczności stosowane w obliczeniach numerycznych. Wyznaczenie obciążenia krytycznego i wektora postaci wyboczenia.</p> <p>Równania równowagi dynamicznej dla pojedynczego elementu i całej struktury. Rodzaje tłumienia drgań. Macierze bezwładności i tłumienia dla pojedynczego elementu oraz całej struktury</p> <p>Metody całkowanie równań ruchu po zmiennej niezależnej reprezentującej czas. Wpływ długości kroku czasowego i liczby kroków na przebieg rozwiązania.</p> <p>Analiza harmoniczna – określenie amplitudy przemieszczeń, sił wewnętrznych i reakcji. Analiza modalna. Metody rozwiązywania zagadnienia własnego. Wyznaczenie wektora częstości drgań swobodnych i macierzy postaci tych drgań.</p> <p>Symulacja obciążeń ruchomych na konstrukcji.</p> <p>Repetitorium.</p>	Wykład
----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------

2.	<p>Zapoznanie się ze sposobem i etapami modelowania konstrukcji prętowych i powierzchniowych w systemie Robot Structural Analysis.</p> <p>Obliczenie macierzy sztywności elementu kratowego i belkowego w oparciu o zasadę prac przygotowanych, ilustracja graficzna funkcji kształtu.</p> <p>Automatyczna generacja siatki podziału na elementy w analizie dźwigarów powierzchniowych – tarcza, płyta i powłoka o regularnych i nieregularnym kształcie.</p> <p>Rozwiązanie dźwigarów powierzchniowych (płaski stan odkształcenia i naprężenia, zginanie płyty oraz powłoki) poddanych działaniu obciążeń statycznych – prezentacja i interpretacja wyników obliczeń.</p> <p>Rozwiązanie zagadnień nieliniowych wynikających ze sposobu podparcia konstrukcji oraz cech materiałowych.</p> <p>Analiza stateczności konstrukcji prętowej.</p> <p>Analiza dynamiczna dźwigara powierzchniowego – drgania własne, wymuszenie harmoniczne, całkowanie równań ruchu.</p> <p>Obciążenia ruchome na dźwigarze prętowym (suwница) i powierzchniowym (pojazd na płycie).</p>	Ćwiczenia laboratoryjne
----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------

Informacje rozszerzone

Metody nauczania:

Pracownia komputerowa, Wykład, Ćwiczenia

Aktywności	Metody zaliczenia	Udział procentowy w ocenie łącznej przedmiotu
Wykład	Egzamin pisemny	40%
Ćwiczenia laboratoryjne	Projekt, Kolokwium	60%

Wymagania wstępne

Matematyka, Wytrzymałość materiałów, Mechanika budowli, Teoria sprężystości

Literatura

Obowiązkowa

1. M. Dacko, W. Borkowski, St. Dobrociński, T. Niezgodą, M. Wieczorek: Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji, Arkady, Warszawa 1994.
2. G. Rakowski, Z. Kacprzyk: Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1993.
3. J. Szmelter: Metody komputerowe w mechanice konstrukcji, PWN, Warszawa 1980.
4. O. C. Zienkiewicz: Metoda elementów skończonych, Arkady, Warszawa, 1972.
5. G. Rakowski, Z. Kacprzyk: Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji, wydanie trzecie zmienione, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2016.
6. J. Warmiński, J. Latalski, R. Rusinek, A. Mitura, M. Borowiec: Metody komputerowe w mechanice, Politechnika Lubelska, 2015.

Dodatkowa

1. Praca zbiorowa pod redakcją - M. Kleibera: Komputerowe metody mechaniki ciał stałych, tom 9, Mechanika techniczna, PWN, Warszawa 1995.
2. Z. Kączkowski: Płyty, Obliczenia statyczne, Arkady, 1980.
3. P. Konderla, T. Kasprzak: Metody komputerowe w teorii sprężystości, Część. I, Metoda elementów skończonych, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 1997.
4. Praca zbiorowa pod kierunkiem - G. Rakowskiego: Mechanika budowli - ujęcie komputerowe, Arkady, Warszawa 1991, t. I i 2.
5. J. Pietrzak, G. Rakowski, K. Wrześniowski: Macierzowa analiza konstrukcji, PWN, Warszawa-Poznań 1979.

Kierunkowe efekty uczenia się

Kod	Treść
BU_P7S_KK01	Absolwent jest gotów do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i odbieranych treści;
BU_P7S_UW02	Absolwent potrafi w środowisku Metody Elementów Skończonych, poprawnie zdefiniować model obliczeniowy i przeprowadzić zaawansowaną analizę w zakresie liniowym, złożonych konstrukcji inżynierskich oraz stosować techniki obliczeń nieliniowych na poziomie podstawowym.
BU_P7S_UW03	Absolwent potrafi krytycznie ocenić wyniki analizy numerycznej konstrukcji inżynierskich.
BU_P7S_UW04	Absolwent potrafi wykonać klasyczną analizę statyczną, dynamiczną i stateczności ustrojów prętowych (kratownic, ram i cięgien) statycznie wyznaczalnych i niewyznaczalnych oraz konstrukcji powierzchniowych (tarcz, płyt, membran i powłok).
BU_P7S_WG03	Absolwent zna i rozumie w pogłębionym stopniu zagadnienia Mechaniki Ośrodków Ciągłych. Zna zasady analizy zagadnień statyki, stateczności i dynamiki złożonych konstrukcji prętowych, powierzchniowych oraz bryłowych;
BU_P7S_WG04	Absolwent zna i rozumie w pogłębionym stopniu zagadnienia wytrzymałości materiałów, modelowania materiałów i konstrukcji, teoretycznych Metody Elementów Skończonych oraz ogólnych zasad prowadzenia nieliniowych obliczeń konstrukcji inżynierskich;
BU_P7S_WG07	Absolwent zna i rozumie w pogłębionym stopniu klasyfikację i zakres stosowania programów komputerowych wspomagających analizę i projektowanie konstrukcji oraz przydatnych do planowania przedsięwzięć budowlanych;