



Metody komputerowe
Karta opisu przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów Budownictwo	Cykl kształcenia 2022/23	
Specjalność -	Kod przedmiotu ID000000IBU(P)S.MI1B.1259.22	
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 Nie	
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	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	Wie, na czym polega dyskretyzacja analizowanego obiektu, oraz jaki ma wpływ na wyniki obliczeń.	BU_P7S_WG04	Egzamin pisemny
W3	Zna systemy komputerowe (potrafi je wymienić) stosowane w komputerowym wspomaganie projektowania konstrukcji inżynierskich.	BU_P7S_WG07	Egzamin pisemny
Umiejętności - Student potrafi:			
U1	Potrafi stworzyć model obliczeniowy analizowanego dźwigara w systemie komputerowym opartym na metodzie elementów skończonych.	BU_P7S_UW02	Projekt, Kolokwium
U2	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	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
Konsultacje	4
Przygotowanie projektu	40
Przygotowanie do egzaminu/zaliczenia	3
Udział w egzaminie	2

Łączny nakład pracy studenta	Liczba godzin 119	ECTS 4.0
Zajęcia z bezpośrednim udziałem nauczyciela	Liczba godzin 66	ECTS 2.4
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>Wykład 1. 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>Wykład 2. 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>Wykład 3. 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>Wykład 4. 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>Wykład 5. 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>Wykład 6. 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>Wykład 7. 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>Wykład 8. Rozwiązywanie zagadnień nieliniowych z wykorzystaniem MES. Nieliniowość geometryczna i fizyczna konstrukcji. Metody przyrostowo-iteracyjne rozwiązywania zagadnień nieliniowych.</p> <p>Wykład 9. Nieliniowość konstrukcyjna - pojęcie więzów jednostronnych i ich zastosowanie, modelowanie zagadnień kontaktowych. Podłoże sprężyste typu Winklera z więzami dwu- i jednostronnymi.</p> <p>Wykład 10. Zagadnienie własne w analizie stateczności konstrukcji. Kryterium stateczności stosowane w obliczeniach numerycznych. Wyznaczenie obciążenia krytycznego i wektora postaci wyboczenia.</p> <p>Wykład 11. Równania równowagi dynamicznej dla pojedynczego elementu i całej struktury. Rodzaje tłumienia drgań. Macierze bezwładności i tłumienia dla pojedynczego elementu oraz całej struktury</p> <p>Wykład 12. Metody całkowanie równań ruchu po zmiennej niezależnej reprezentującej czas. Wpływ długości kroku czasowego i liczby kroków na przebieg rozwiązania.</p> <p>Wykład 13. Analiza harmoniczna - określenie amplitudy przemieszczeń, sił wewnętrznych i reakcji. Analiza modalna. Metody rozwiązania zagadnienia własnego. Wyznaczenie wektora częstości drgań swobodnych i macierzy postaci tych drgań.</p> <p>Wykład 14. Symulacja obciążeń ruchomych na konstrukcji.</p> <p>Wykład 15. Repetytorium.</p>	Wykład
----	--	--------

2.	<p>Zapoznanie się ze sposobem i etapami modelowania konstrukcji prętowych i powierzchniowych w systemie Robot Structural Analysis (ćwicz. 1, 2).</p> <p>Obliczenie macierzy sztywności elementu kratowego i belkowego w oparciu o zasadę prac przygotowanych, ilustracja graficzna funkcji kształtu (ćwicz. 3, 4).</p> <p>Automatyczna generacja siatki podziału na elementy w analizie dźwigarów powierzchniowych – tarcza, płyta i powłoka o regularnych i nieregularnym kształcie (ćwicz. 5, 6).</p> <p>Rozwiązanie dźwigarów powierzchniowych (płaski stan odkształcenia i naprężenia, zginanie płyty oraz powłoki) poddanych działaniu obciążeń statycznych – prezentacja i interpretacja wyników obliczeń (ćwicz. 7, 8).</p> <p>Rozwiązanie zagadnień nieliniowych wynikających ze sposobu podparcia konstrukcji oraz cech materiałowych (ćwicz. 9, 10).</p> <p>Analiza stateczności konstrukcji prętowej. (ćwicz. 11).</p> <p>Analiza dynamiczna dźwigara powierzchniowego – drgania własne, wymuszenie harmoniczne, całkowanie równań ruchu (12, 13).</p> <p>Obciążenia ruchome na dźwigarze prętowym (sownik) i powierzchniowym (pojazd na płycie) (ćwicz. 14).</p> <p>Zaliczenie ćwiczeń (ćwicz. 15).</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, Teria 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 ciągien) 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;