

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2023/2024

Wydział Inżynierii Lądowej

Kierunek studiów: Budownictwo

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: niestacjonarne

Kod kierunku: BUD

Stopień studiów: II

Specjalności: Infrastruktura drogowa i kolejowa (profil: Drogi kolejowe)

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

| | |
|---|-------------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU | Teoria sprężystości i plastyczności |
| NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM | Theory of Elasticity and Plasticity |
| KOD PRZEDMIOTU | WIL BUD oIIN C5 23/24 |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU | Przedmioty kierunkowe |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS | 3.00 |
| SEMESTRY | 1 |

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA AUDYTORYJNE | LABORATORIA | LABORATORIA KOMPUTERO- WE | PROJEKTY | SEMINARIUM |
|---------|--------|--------------------------|-------------|---------------------------------|----------|------------|
| 1 | 18 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 |

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Wprowadzenie podstawowych pojęć Mechaniki Ośrodków Ciągłych związanych z materialnym i przestrzennym opisem ruchu ośrodka ciągłego w odniesieniu do stanu deformacji, naprężenia i równań konstytutywnych, sformułowanie zagadnienia brzegowego nieliniowej teorii sprężystości i sprecyzowanie warunków pozwalających na jego linearyzację.

Cel 2 Przedstawienie zagadnienia brzegowego liniowej teorii sprężystości i wybranych metod jego rozwiązywania bazujących zarówno na sformułowaniu lokalnym (różniczkowym) jak i globalnym (wariacyjnym) z odniesieniem do Metody Elementów Skończonych.

Cel 3 Zapoznanie z wyidealizowanymi modelami zachowania się ciał plastycznych.

Cel 4 Przygotowanie studenta do prowadzenia pracy naukowej, poprzez zaznajomienie go z współczesnym opisem zagadnień mechaniki ośrodków ciągłych

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Brak wymagań

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza Student formułuje problem brzegowy nieliniowej teorii sprężystości w opisie materialnym i przestrzennym, definiuje i objaśnia fizyczny sens użytych w tym sformułowaniu różnych miar deformacji i naprężeń.

EK2 Umiejętności Dla zadanej deformacji student potrafi w obu opisach wyznaczyć stosowne miary deformacji i naprężeń.

EK3 Wiedza Student formułuje problem brzegowy liniowej teorii sprężystości, analizuje strukturę matematyczną otrzymanego kompletu równań i objaśnia wybrane metod jego rozwiązywania.

EK4 Umiejętności Wykorzystując metody ścisłe i przybliżone student potrafi modelować oraz rozwiązywać zagadnienia liniowej teorii sprężystości w zastosowaniu do wybranych elementów konstrukcyjnych takich jak tarcze, płyty, niekonwencjonalne pręty.

EK5 Wiedza Student definiuje podstawowe pojęcia liniowej teorii plastyczności.

6 TREŚCI PROGRAMOWE

| PROJEKTY | | |
|----------|---|------------------|
| LP | TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA GODZIN |
| P1 | Analiza deformacji dla przyjętych funkcji ruchu. Ilustracja graficzna opisu materialnego i przestrzennego. | 2 |
| P2 | Materialne i przestrzenne miary deformacji. Biegunowy rozkład gradientu deformacji. | 2 |
| P3 | Miary naprężeń: tensory naprężeń Cauchy'ego oraz Pioli-Kirchhoffa I i II rodzaju w prostym zagadnieniu brzegowym. | 2 |
| P4 | Zastosowanie rozwiązań klasycznych zagadnień liniowej teorii sprężystości. | 2 |
| P5 | Rozwiązanie tarczy sprężystej Metodą Różnic Skończonych | 2 |
| P6 | Graniczna nośność plastyczna przekroju rozciąganego, przekroju zginanego i rury grubościennnej. | 2 |

| WYKŁAD | | |
|-----------|--|------------------|
| LP | TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA GODZIN |
| W1 | Kinematyka ciał odkształcalnych: wektory przemieszczenia, prędkości i przyspieszenia, wektor obrotu. Opis materialny i przestrzenny ruchu ciał odkształcalnych- gradient przemieszczenia i jego rozkład biegunowy, tensory rozciągnięcia, tensor obrotu, tensory deformacji i tensory odkształcenia w opisie materialnym i przestrzennym. Zmiana długości krzywej materialnej, zmiana pola powierzchni oraz zmiana objętości po deformacji. Linearyzacja równań. | 4 |
| W2 | Masa i gęstość masy, zasada zachowania masy, równanie ciągłości masy. Wektory naprężenia i stan naprężenia, zasady pędu i krętu, równania ruchu w opisie materialnym i przestrzennym, linearyzacja równań. | 4 |
| W3 | Równania konstytutywne - najogólniejsza postać równań konstytutywnych; materiał prosty, z pamięcią, sprężysty, hiper sprężysty, anizotropowy, niejednorodny, prawo Hooke'a. | 2 |
| W4 | Wybrane zagadnienia liniowej teorii sprężystości - płaski stan naprężenia i odkształcenia, uogólniony związek fizyczny dla obu stanów, tarcze i płyty sprężyste, funkcja naprężeń Airy'ego. Liniowa teoria sprężystości. Równania Lamgo, równania Beltramiego-Michella. | 3 |
| W5 | Metody wariacyjne w teorii sprężystości. Zasada przemieszczeń wirtualnych, twierdzenie Lagrangea, zasada naprężeń wirtualnych, twierdzenie Castigliano. Zasada wzajemności Bettiego-Maxwella. Metoda Galerkina w zastosowaniu do sformułowania wariacyjnego - Metoda Elementów Skończonych. | 2 |
| W6 | Zagadnienia teorii sprężystości w biegunowym układzie współrzędnych: osiowo-symetryczne zagadnienie teorii sprężystości, zadanie Lamgo, klin sprężysty, półpłaszczyzna sprężysta - zagadnienie Flamanta. | 1 |
| W7 | Warunki plastyczności Coulomba-Tresca-Guesta, Hubera-Misesa-Henckyego. Powierzchnia plastyczności oraz postulaty Druckera. Procesy czynne i bierne, charakterystyka procesu odciążenia. Teoria Henckyego-Iliuszyna. Teorie Lvyego-Misesa oraz Prandtla-Reussa. Wzmocnienie plastyczne (kinematyczne i izotropowe) i efekt Bauschingera. | 2 |

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia projektowe

N3 Konsultacje

N4 Zadania tablicowe

N5 Dyskusja

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI | ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI |
|--|---|
| Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym: | |
| Godziny wynikające z planu studiów | 30 |
| Konsultacje przedmiotowe | 7 |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji | 3 |
| Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym: | |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury | 15 |
| Opracowanie wyników | 0 |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji | 35 |
| SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA | 90 |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU | 3.00 |

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Projekt indywidualny

F2 Kolokwium

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Zaliczenie pisemne

P2 Średnia ważona ocen formujących

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie oceny pozytywnej z każdego efektu.

W2 Ocena w indeksie jest średnią ważoną ocen z poszczególnych efektów kształcenia.

KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 | |
|---------------------|---|
| NA OCENĘ 2.0 | * |

| | |
|---------------------|--|
| NA OCENĘ 3.0 | Student formułuje problem brzegowy nieliniowej teorii sprężystości w opisie materialnym i przestrzennym, definiuje wielkości fizyczne użyte w każdym z opisów oraz przedstawia warunki jego linearyzacji. |
| NA OCENĘ 3.5 | * |
| NA OCENĘ 4.0 | Student spełnia kryterium na ocenę 3.0 a ponadto wypowiada i objaśnia poznane postulaty i twierdzenia z kinematyki, dynamiki i teorii równań konstytutywnych MOC. |
| NA OCENĘ 4.5 | * |
| NA OCENĘ 5.0 | Student spełnia kryterium na ocenę 4.0 a ponadto przedstawia szkic dowodów podstawowych twierdzeń MOC, objaśnia sens fizyczny takich pojęć jak pochodna materialna, biegunowy rozkład gradientu deformacji, objaśnia różnicę między wektorem i tensorem naprężenia Cauchy'ego a wektorami i tensorami naprężenia Pioli-Kirchhoffa. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 | |
| NA OCENĘ 2.0 | * |
| NA OCENĘ 3.0 | Student potrafi dla zadanych funkcji ruchu ośrodka ciągłego wyznaczyć gradient deformacji i dokonać jego biegunowego rozkładu oraz wyznaczyć tensory deformacji, odkształcenia i wektor przemieszczenia w opisie materialnym i przestrzennym. |
| NA OCENĘ 3.5 | * |
| NA OCENĘ 4.0 | Student spełnia kryterium na ocenę 3.0 a ponadto dla zadanej deformacji i związków fizycznych potrafi wyznaczyć tensory naprężenia Cauchy'ego i Pioli-Kirchhoffa oraz wyjaśnić ich sens fizyczny. |
| NA OCENĘ 4.5 | * |
| NA OCENĘ 5.0 | Student spełnia kryterium na ocenę 4.0 a ponadto potrafi dla zadanej deformacji wyznaczyć zmianę objętości, pola powierzchni i długości łuku krzywej. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 | |
| NA OCENĘ 2.0 | * |
| NA OCENĘ 3.0 | Student formułuje statyczny problem brzegowy liniowej teorii sprężystości, definiuje użyte wielkości fizyczne, objaśnia strukturę matematyczną układu równań, oraz przedstawia zagadnienie brzegowe w przypadku dwuwymiarowym (płaski stan naprężenia i płaski stan odkształcenia). |
| NA OCENĘ 3.5 | * |
| NA OCENĘ 4.0 | Student spełnia kryterium na ocenę 3.0 a ponadto definiuje kinematycznie dopuszczalne pole przemieszczeń i statycznie dopuszczalne pole naprężeń, objaśnia poznane metody półodwrotne rozwiązywania zagadnienia brzegowego liniowej teorii sprężystości. |
| NA OCENĘ 4.5 | * |

| | |
|---------------------|---|
| NA OCENĘ 5.0 | Student spełnia kryterium na ocenę 4.0 a ponadto przedstawia poznane zasady wariacyjne liniowej teorii sprężystości i ich związek z Metodą Elementów Skończonych. Student zna rozwiązanie zagadnienia Flamanta i na jego przykładzie objaśnia sens funkcji Greena w zagadnieniach liniowej teorii sprężystości. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 | |
| NA OCENĘ 2.0 | * |
| NA OCENĘ 3.0 | Student formułuje zagadnienie brzegowe tarczy sprężystej wyrażone przez funkcję naprężeń Airy'ego i potrafi za pomocą Metody Różnic Skończonych (MRS) zamienić problem brzegowy na układ równań algebraicznych, rozwiązać go i dokonać analizy stanu naprężenia w wybranym punkcie tarczy. Student przedstawia zagadnienie brzegowe płyty sprężystej i potrafi za pomocą MRS wyznaczyć odpowiedni układ równań algebraicznych, rozwiązać go i wyznaczyć w wybranym punkcie płyty tensor momentów. |
| NA OCENĘ 3.5 | * |
| NA OCENĘ 4.0 | Student spełnia kryterium na ocenę 3.0 a ponadto potrafi z wykorzystaniem Metody Ritz'a rozwiązać problem płyty i zagadnienie belki na podłożu sprężystym. |
| NA OCENĘ 4.5 | * |
| NA OCENĘ 5.0 | Student spełnia kryterium na ocenę 4.0 a ponadto potrafi objaśnić i uzasadnić sposób wykorzystania wyznaczonych momentów do zbrojenia płyty żelbetowej. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 | |
| NA OCENĘ 2.0 | * |
| NA OCENĘ 3.0 | Student potrafi zdefiniować warunki plastyczności Tresca, H-M=H, Coulomba-Mohra i Druckera-Pragera i naskicować powierzchnię płynięcia dla każdego z tych warunków. |
| NA OCENĘ 3.5 | * |
| NA OCENĘ 4.0 | Student spełnia kryterium na ocenę 3.0 a ponadto potrafi objaśnić sens procesów: obciążenia, neutralnego i odciążenia. |
| NA OCENĘ 4.5 | * |
| NA OCENĘ 5.0 | Student spełnia kryterium na ocenę 4.0 a ponadto potrafi przedstawić sprężysto-plastyczne związki fizyczne w teorii Prandtla-Reussa. |

10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--|-----------------|-------------------|-----------------------|---------------|
| EK1 | | Cel 1 Cel 4 | w1 w2 w3 w4 | N1 N2 N3 N4 | F2 P1 |
| EK2 | | Cel 1 Cel 4 | p1 p2 p3 p4 | N1 N2 N3 N4 N5 | F1 F2 P1 P2 |
| EK3 | | Cel 2 Cel 4 | p5 p6 | N1 N2 N3 N4 | F2 P1 |
| EK4 | | Cel 2 Cel 4 | p6 | N1 N2 N3 N4 N5 | F1 F2 P1 P2 |
| EK5 | | Cel 3 Cel 4 | p6 w7 | N1 N2 N3 N4 | F1 P1 |

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] Ostrowska-Maciejewska J — *Mechanika Ciał Odkształcalnych*, Warszawa, 1994, PWN
- [2] Paluch M. — *Podstawy teorii sprężystości i plastyczności z przykładami*, Kraków, 2006, Wydawnictwo PK
- [3] Paweł Szeptyński — *Teoria sprężystości*, Kraków, 2020, Wydawnictwo PK

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] Jacek Skrzypek — *Plastyczność i pełzanie. Teoria, zastosowania, zadania*, Warszawa, 1986, PWN

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. inż. prof. PK Dorota Jasińska (kontakt: djasinska@pk.edu.pl)

OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

- 1 Dr inż. Marian Świerczek (kontakt: [mswiercz@gmail.com](mailto:mwiercz@gmail.com))
- 2 Dr inż. Nadzieja Jurkowska (kontakt: nadzieja.jurkowska@pk.edu.pl)
- 3 Dr inż. Paweł Szeptyński (kontakt: pszeptynski@pk.edu.pl)
- 4 Prof. dr hab. inż. Leszek Mikulski (kontakt: mikul@pk.edu.pl)
- 5 dr hab. inż. prof. PK Dorota Jasińska (kontakt: djasinska@pk.edu.pl)
- 6 Dr inż. Dorota Kropiowska (kontakt: dkropiowska@pk.edu.pl)
- 7 Dr inż. Anna Stręć (kontakt: anna.strec@pk.edu.pl)
- 8 Mgr inż. Olga Dąbrowska (kontakt: olga.dabrowska@pk.edu.pl)



13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....