

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2014/2015

Wydział Inżynierii Lądowej

Kierunek studiów: Budownictwo

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: BUD

Stopień studiów: II

Specjalności: Budowle i środowisko

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Teoria sprężystości i plastyczności |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Theory of Elasticity and Plasticity |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WIL BUD oIIS C7 14/15               |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty kierunkowe               |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 2.00                                |
| SEMESTRY                                | 1                                   |

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA<br>AUDYTORYJNE | LABORATORIA | LABORATORIA<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKTY | SEMINARIUM |
|---------|--------|--------------------------|-------------|---------------------------------|----------|------------|
| 1       | 30     | 0                        | 0           | 0                               | 15       | 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 brzegowej 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.

## 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

| WYKŁAD    |   |                  |
|-----------|---|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH  | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Wstęp. Modele teorii sprężystości i plastyczności, ich znaczenie i miejsce w mechanice ciał odkształcalnych, opis ruchu ciał odkształcalnych..  | 2                |
| <b>W2</b> | Opis deformacji - miary deformacji w opisie materialnym i przestrzennym: wektor przemieszczenia, gradient deformacji, biegunowy rozkład gradientu, tensory deformacji, tensory odkształcenia, wydłużenie, wydłużenie względne, zmiana objętości, zmiana pola powierzchni, zmiana długości krzywej materialnej, linearyzacja | 8                |
| <b>W3</b> | 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                |
| <b>W4</b> | Równania konstytutywne - najogólniejsza postać równań konstytutywnych; materiał prosty, z pamięcią, sprężysty, hiper sprężysty, anizotropowy, niejednorodny, prawo Hooke'a.   | 2                |

| WYKŁAD    |  |                  |
|-----------|--|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH   | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W5</b> | Wybrane zagadnienia liniowej teorii sprężystości - płaski stan naprężenia i odkształcenia, uogólniony związek fizyczny dla obu stanów, tarcze i płyty sprężyste, funkcja naprężeń Airy'ego, równanie tarczy wraz warunkami brzegowymi, MRS.  | 6                |
| <b>W6</b> | Metody wariacyjne teorii sprężystości- zasada przemieszczeń przygotowanych, zasada naprężeń przygotowanych, twierdzenie Lagrange'a o minimum energii potencjalnej, twierdzenie Castigliano o maksimum energii komplementarnej, równania Lagrange'a-Ritza oraz Castigliano-Ritza, ich związek z Metodą Elementów Skończonych. | 4                |
| <b>W7</b> | Zagadnienia teorii sprężystości w biegunowym układzie współrzędnych: osiowo-symetryczne zagadnienie teorii sprężystości, zadanie Lamego, klin sprężysty, półpłaszczyzna sprężysta - zagadnienie Flamanta.  | 2                |
| <b>W8</b> | Elementy teorii plastyczności: odkształcenia plastyczne, warunki plastyczności H-M-H oraz Tresci, nośność graniczna, uplastycznienie rury grubościennnej.  | 2                |

| PROJEKTY  |   |                  |
|-----------|---|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH  | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>P1</b> | Analiza deformacji dla przyjętych funkcji ruchu. Ilustracja graficzna opisu materialnego i przestrzennego.        | 2                |
| <b>P2</b> | Materialne i przestrzenne miary deformacji. Biegunowy rozkład gradientu deformacji.                               | 2                |
| <b>P3</b> | Miary naprężeń: tensory naprężeń Cauchy'ego oraz Pioli-Kirchhoffa I i II rodzaju w prostym zagadnieniu brzegowym. | 2                |
| <b>P4</b> | Zadanie odwrotne nieliniowej teorii sprężystości - odtworzenie obciążenie brzegu dla zadanej deformacji           | 2                |
| <b>P5</b> | Rozwiązanie tarczy sprężystej MRS. .Rozwiązanie płyty sprężystej MRS.   | 4                |
| <b>P6</b> | Metoda Lagrange'a-Ritza, Castigliano- Ritza w zadaniach liniowej teorii sprężystości.                             | 2                |
| <b>P7</b> | Graniczna nośność plastyczna rury grubościennnej.   | 1                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia projektowe

N3 Konsultacje

N4 Zadania tablicowe

N5 Dyskusja

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI   | ŚREDNIA LICZBA GODZIN<br>NA ZREALIZOWANIE<br>AKTYWNOŚCI |
|--|---|
| <b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>                                     |   |
| Godziny wynikające z planu studiów   | 0   |
| Konsultacje przedmiotowe   | 7   |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji  | 3   |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |   |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 15  |
| Opracowanie wyników  | 0   |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji   | 20  |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>45</b>   |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU  | 2.00  |

## 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 wyjaśnić 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 Tresci, H-M=H, Coulomba-Mohra i Druckera-Pragera i naszkicować 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 wyjaśnić 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               | K_W03,<br>K_W04  | Cel 1           | w1 w2 w3 w4 p1<br>p2 p3 p4 | N1 N2 N3 N4           | F2 P1         |
| EK2               | K_W03,<br>K_W04  | Cel 1           | w1 w2 w3 w4 p1<br>p2 p3 p4 | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 F2 P1 P2   |
| EK3               | K_W03,<br>K_W04  | Cel 2           | w5 w6 w7 p5 p6             | N1 N2 N3 N4           | F2 P1         |
| EK4               | K_W03,<br>K_W04,<br>K_U04, K_U06,<br>K_U13                                     | Cel 2           | w6 w7 p5 p6                | N1 N2 N3 N4 N5        | F1 F2 P1 P2   |
| EK5               | K_W03,<br>K_W04  | Cel 3           | w8 p7                      | N1 N2 N3 N4           | F1 P1         |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

[1 ] Ostrowska-Maciejewska J — *Mechanika Ciał Odkształcalnych*, Warszawa, 1994, PWN

[2 ] Paluch M. — *Teoria Sprężystości i Plastyczności*, Kraków, 2006, Wydawnictwo PK

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

[1 ] Waszczyszyn Z., Radwańska M. — *Dźwigary powierzchniowe*, Kraków, 1985, Wydawnictwo PK

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

prof. dr hab. inż. Leszek Mikulski (kontakt: ps@pk.edu.pl)

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 Prof. dr hab. inż. Leszek Mikulski (kontakt: ps@pk.edu.pl)

2 Dr inż. Marian Świerczek (kontakt: mswiercz@gmail.com)

3 Dr inż. Marian Mikołajek (kontakt: )

4 Dr inż. Dariusz Kędzior (kontakt: daruchan@wp.pl)

5 Mgr inż. Szymon Sobczyk (kontakt: szymek.sobczyk@gmail.com)



## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

**PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI** (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....  
.....  
.....  
.....  
.....