

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2016/2017

Wydział Inżynierii Lądowej

Kierunek studiów: Budownictwo

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: niestacjonarne

Kod kierunku: BUD

Stopień studiów: II

Specjalności: Mechanika materiałów i konstrukcji budowlanych

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                            |
|-----------------------------------------|----------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Mechanika kompozytów       |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM |                            |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WIL BUD oIIN D10 16/17     |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty specjalnościowe |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 3.00                       |
| SEMESTRY                                | 3                          |

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

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA<br>AUDYTORYJNE | LABORATORIA | LABORATORIA<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKTY | SEMINARIUM |
|---------|--------|--------------------------|-------------|---------------------------------|----------|------------|
| 3       | 15     | 15                       | 0           | 0                               | 0        | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Przedstawienie studentom podstawowych pojęć, definicji i terminologii stosowanych w mechanice kompozytów, a szczególne kompozytów włóknistych o matrycy polimerowej.

**Cel 2** Zapoznanie studentów z podstawowymi zagadnieniami dotyczącymi materiałów anizotropowych, a w szczególności ortotropowych i wynikającymi z nich konsekwencjami dla cech sprężystych i sztywnościowych takich materiałów.

**Cel 3** Zapoznanie studentów z kryteriami i metodami określania nośności elementów laminatowych wykonanych z kompozytów włóknistych.

**Cel 4** Zapoznanie studentów z elementami mikromechaniki kompozytów w celu umożliwienia im zrozumienia wpływu składników kompozytu na własności makroskopowe materiału.

## 4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Zaliczenie wytrzymałości materiałów i teorii sprężystości.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Student ma wiedzę na temat tzw. klasycznej teorii laminatów w stopniu umożliwiającym posługiwanie się nią w analizie zagadnień inżynierskich.

**EK2 Umiejętności** Student potrafi wyznaczać - w oparciu o charakterystyki materiałowe składników kompozytu - charakterystyki warstwy oraz laminatu w tzw. konfiguracji off-axis (materiałowe macierze sztywności i podatności).

**EK3 Wiedza** Student zna algorytm określania nośności przekroju laminatu kompozytowego z wykorzystaniem podstawowych kryteriów wytrzymałościowych oraz metod wyznaczania nośności.

**EK4 Umiejętności** Student potrafi wykonać proste obliczenia dotyczące nośności przekroju elementu laminatowego metodą FPF (zniszczenie pierwszej warstwy).

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                             |                  |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BŁOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                      | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Wprowadzenie do przedmiotu: rys historyczny, podstawowa terminologia, typy osnów i włókien, budowa kompozytu, główne cechy mechaniczne, zastosowania.                                                       | 2                |
| <b>W2</b> | Równania konstytutywne oraz macierze sztywności i podatności dla materiału anizotropowego (przypadek ortotropii). Konfiguracja on-axis warstwy. Stałe inżynierskie dla warstwy w płaskim stanie naprężenia. | 2                |
| <b>W3</b> | Równania konstytutywne oraz macierze sztywności i podatności dla warstwy ortotropowej w konfiguracji off-axis. Wzory transformacyjne z on-axis do off-axis.                                                 | 2                |
| <b>W4</b> | Podstawy klasycznej teorii laminatów.                                                                                                                                                                       | 2                |
| <b>W5</b> | Typowe konfiguracje laminatów kompozytowych (laminaty symetryczne, krzyżowe, kątowe, quasi izotropowe).                                                                                                     | 2                |
| <b>W6</b> | Analiza nośności laminatów. Podstawowe kryteria wytrzymałościowe, podejście FPF i LPF, algorytm obliczeń wytrzymałościowych.                                                                                | 3                |
| <b>W7</b> | Podstawowe koncepcje mikromechaniki kompozytów warstwowych.                                                                                                                                                 | 2                |

| ĆWICZENIA AUDYTORYJNE |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                  |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP                    | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                              | LICZBA<br>GODZIN |
| C1                    | Zastosowanie modelu materiału ortotropowego do analizy statycznej płyty stropowej, na którą przekazywane jest obciążenie z murowanej ściany nośnej.                                                                                                                                                                                                 | 2                |
| C2                    | Notacja Voigta. Przejście od zapisu tensorowego do macierzowego na przykładzie uogólnionego prawa Hooke'a. Wyznaczanie macierzy sztywności i podatności warstwy przy użyciu standardowych charakterystyk sztywnościowych warstwy kompozytowej. Analiza kierunków głównych naprężeń i odkształceń w jednokierunkowo zbrojonym kompozycie włóknistym. | 2                |
| C3                    | Wyznaczanie transformowanych macierzy sztywności i podatności warstwy. Analiza prostych stanów obciążenia w konfiguracji nieosiowej warstwy (sprężenie odkształceń kątowych z naprężeniami normalnymi oraz odkształceń normalnych z naprężeniami st stycznymi)                                                                                      | 2                |
| C4                    | Analiza sztywności i podatności laminatów w oparciu o odpowiednie macierze wynikające z teorii powłok cienkich. Wyznaczanie rozkładu naprężeń i odkształceń w warstwach laminatu.                                                                                                                                                                   | 2                |
| C5                    | Wyznaczanie stałych inżynierskich dla laminatów bez sprężenia stanu tarczowego i giętnego. Zmiana charakterystyk sztywnościowych laminatu w zależności od sekwencji ułożenia warstw.                                                                                                                                                                | 1                |
| C6                    | Przykłady analizy wytrzymałościowej laminatów (FPF oraz LPF) (w tym prezentacja programu Laminator oraz kodów w programach Mathcad i Matlab)                                                                                                                                                                                                        | 4                |
| C7                    | Analiza wytrzymałościowa laminatów przy użyciu komercyjnych programów MES (Abaqus)                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Zadania tablicowe

N3 Konsultacje

N4 Prezentacje multimedialne

## 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                                                               | 30                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 3                                                       |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 2                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 40                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 0                                                       |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 15                                                      |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>90</b>                                               |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 3.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

**F1** Projekt indywidualny

**F2** Test

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

**P1** Średnia ważona ocen formujących

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

**W1** Obowiązkowa obecność na zajęciach (wykładach i ćwiczeniach). Trzy nieusprawiedliwione nieobecności wykluczają automatycznie z zajęć.

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                                                                                                                        |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | x                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 3.0        | Minimum 55% punktów ze sprawdzianów i odpowiedzi przy zaliczaniu projektu do uzyskania zaliczenia, 80% punktów z testu egzaminacyjnego |
| NA OCENĘ 3.5        | x                                                                                                                                      |

|                     |                                                                                                                                        |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 4.0        | x                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 4.5        | x                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 5.0        | x                                                                                                                                      |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 2.0        | x                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 3.0        | Minimum 55% punktów ze sprawdzianów i odpowiedzi przy zaliczaniu projektu do uzyskania zaliczenia, 80% punktów z testu egzaminacyjnego |
| NA OCENĘ 3.5        | x                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 4.0        | x                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 4.5        | x                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 5.0        | x                                                                                                                                      |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 2.0        | x                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 3.0        | Minimum 55% punktów ze sprawdzianów i odpowiedzi przy zaliczaniu projektu do uzyskania zaliczenia, 80% punktów z testu egzaminacyjnego |
| NA OCENĘ 3.5        | x                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 4.0        | x                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 4.5        | x                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 5.0        | x                                                                                                                                      |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                                                        |
| NA OCENĘ 2.0        | x                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 3.0        | Minimum 55% punktów ze sprawdzianów i odpowiedzi przy zaliczaniu projektu do uzyskania zaliczenia, 80% punktów z testu egzaminacyjnego |
| NA OCENĘ 3.5        | x                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 4.0        | x                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 4.5        | x                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 5.0        | x                                                                                                                                      |

## 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           | w1 w2 w3 w4                   | N1 N3                 | F2 P1         |
| EK2               |                                                                                | Cel 2           | w1 w2 w3 w4 c1<br>c2 c3 c4 c5 | N2 N3 N4              | F2 P1         |
| EK3               |                                                                                | Cel 3           | w5 w6 c6 c7                   | N1 N3                 | F2 P1         |
| EK4               |                                                                                | Cel 3           | w5 w6 c6 c7                   | N2 N3 N4              | F1 F2 P1      |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | **German Janusz** — *Konspekty i prezentacje PowerPoint wykładów w Internecie*, Kraków, 2011, <http://limba.wil.pk.edu.pl/jg>
- [2] | **German Janusz** — *Podstawy mechaniki kompozytów włóknistych*, Kraków, 1996, Wyd. Politechniki Krakowskiej
- [3] | **Jones Robert M.** — *Mechanics of Composite Materials*, Philadelphia, 1998, Taylor & Francis

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. inż. prof. PK Janusz German (kontakt: [jgerman@pk.edu.pl](mailto:jgerman@pk.edu.pl))

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 dr hab. inż. prof. PK Janusz German (kontakt: [jg@limba.wil.pk.edu.pl](mailto:jg@limba.wil.pk.edu.pl))

2 mgr inż. Zbigniew Mikulski (kontakt: [zm@limba.wil.pk.edu.pl](mailto:zm@limba.wil.pk.edu.pl))

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....  
.....