**Nazwa przedmiotu:**

Wytrzymałość materiałów II

**Koordynator przedmiotu:**

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Gołoś

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Mechanika Pojazdów i Maszyn Roboczych

**Grupa przedmiotów:**

Wytrzymałość materiałów

**Kod przedmiotu:**

1150-MB000-ISP-0219

**Semestr nominalny:**

4 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

5

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1) Liczba godzin kontaktowych - 65., w tym:
a) wykład - 30 godz.;
b) ćwiczenia - 30 godz.;
c) konsultacje : (wykład – 1 godz. + ćwiczenia –1 godz.) - 2 godz.;
d) egzamin - 3 godz.
2) Praca własna studenta - – 75 godzin, w tym:
a) 30 godz. – bieżące przygotowywanie się do ćwiczeń i wykładów (analiza literatury),
b) 30 godz. - przygotowywanie się do 4 kolokwiów ,
c) 15 godz. –przygotowywanie się do egzaminu.
3) RAZEM – 140 godz..

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

2,6 punktów ECTS – liczba godzin kontaktowych - 65., w tym:
a) wykład - 30 godz.;
b) ćwiczenia - 30 godz.;
c) konsultacje : (wykład – 1 godz. + ćwiczenia –1 godz.) - 2 godz.;
d) egzamin - 3 godz.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

-

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 30h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Podstawowa wiedza z mechaniki materiałów (wysłuchanie wykładu Wytrzymałość Materiałów I) .

**Limit liczby studentów:**

zgodnie z zarządzeniem Rektora PW

**Cel przedmiotu:**

Poszerzenie wiedzy i umiejętności w zakresie mechaniki materiałów, w tym w zakresie stanu naprężeń i odkształceń w elementach konstrukcji mechanicznych, niezbędnych do prowadzenia analiz wytrzymałościowych.

**Treści kształcenia:**

Wykład. Teoria stanu naprężenia i odkształcenia w stanie trzyosiowym (3D) /Odkształcenie objętościowe i postaciowe. Tensor kulisty stanu naprężenia, stanu odkształcenia. Uogólnione prawo Hooke'a dla 3D z uwzględnieniem temperatury. Moduł ściśliwości objętościowej. Zależności pomiędzy tensorami stanu naprężenia i odkształcenia. Energia odkształcenia sprężystego. Energia odkształcenia postaciowego. Hipotezy wytężeniowe dla 3D. / Pomiary odkształceń. Tensometria. Związki fizyczne. Złożone działanie sił wewnętrznych w przestrzennych układach prętowych. /Wytężenie materiału w 3D. Jednoczesne zginanie i rozciąganie lub ściskanie prętów prostych. Rdzeń przekroju. Zginanie ze ścinaniem. Naprężenia styczne przy zginaniu nierównomiernym. Zginanie ze skręcaniem. Obliczenia wałów./ Metody energetyczne obliczania układów liniowo-sprężystych /Układy Clapeyrona. Energia sprężysta. Twierdzenia o wzajemności prac i wzajemności przemieszczeń. Twierdzenie Castigliano. Metoda Maxwella-Mohra. Sposób Wereszczagina. Twierdzenie Menabrea-Castigliano. Równania kanoniczne metody sił. Układy zewnętrznie i wewnętrznie statycznie niewyznaczalne. Ramy./ Stateczność prętów prostych /Wyboczenie sprężyste. Zagadnienie Eulera. Siła krytyczna. Smukłość pręta. Wyboczenie posprężyste. Prosta Tetmajera-Jasińskiego, parabola Johnsona-Ostenfelda. Obliczanie prętów prostych na wyboczenie. Metoda energetyczna (Timoshenki-Ritza) wyznaczania siły krytycznej./ Powłoki cienkościenne w stanie błonowym. Stan naprężenia w ściance powłoki. Równanie Laplace'a. Równanie równowagi. Obliczanie zbiorników cienkościennych - kulistego, walcowego i stożkowego./ Zagadnienie Lame Powłoki grubościenne. Skręcanie prętów o przekrojach niekołowych. / Podstawy teorii de Saint-Venanta. Równanie równowagi w naprężeniach. Analiza stanu naprężenia i odkształcenia – profile cienkościenne otwarte i zamknięte. Wzory Bredta./ Podstawy wytrzymałości zmęczeniowej /Zjawisko zmęczenia materiału. Obciążenia okresowe. Krzywa cyklicznego odkształcenia. Badania zmęczeniowe. Krzywa Wohlera. Zależność Mansona - Coffina. Kumulacja uszkodzeń. Czynniki wpływające na trwałość zmęczeniową./ Podstawy mechaniki pękania / Model Griffitha. Współczynnik intensywności naprężeń. Podstawowe przypadki rozwoju pęknięć. Opis prędkości rozwoju pęknięć zmęczeniowych./
Ćwiczenia. Wytrzymałość złożona w 3D - hipotezy wytężeniowe. Metody energetyczne : obliczanie przemieszczeń w układach statycznie wyznaczalnych, obliczanie układów wewnętrznie i zewnętrznie statycznie niewyznaczalnych. Wyboczenie prętów prostych / wyboczenie w zakresie sprężystym i pospreżystym. Metoda energetyczna/. Obliczanie zbiorników. Skręcanie profili cienkościennych. Elementy wytrzymałości zmęczeniowej.

**Metody oceny:**

Ćwiczenia: Do zaliczenia ćwiczeń wymagane jest uzyskanie pozytywnej (dostatecznej) oceny ze wszystkich 4 kolokwiów. Zaliczenie ćwiczeń jest warunkiem koniecznym dopuszczenia do egzaminu.
Wykład :Przedmiot Wytrzymałość materiałów II jest przedmiotem kończącym się egzaminem pisemnym. Zdanie egzaminu z Wytrzymałości Materiałów I jest warunkiem niezbędnym do zdawanie egzaminu z Wytrzymałości Materiałów II. Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie pozytywnej oceny z ćwiczeń i egzaminu.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. Z.Dyląg, A. Jakubowicz, Z. Orłoś, Wytrzymałość materiałów, WNT, Tom I-1996, Tom II - 1997.
2. R. Pyrz, A. Tylikowski, Wytrzymałość materiałów, WPW, 1983.
3. Zbiór zadań z wytrzymałości materiałów, Praca zbiorowa pod redakcją K. Gołosia i J. Osińskiego, WPW, 20014.
4. E.Niezgodziński, T. Niezgodziński, Zbiór zadań z wytrzymałości materiałów, WNT, Warszawa.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

-

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt 1150-MB000-ISP-0219\_W1:**

Ma wiedzę o teorii stanu naprężenia i odkształcenia w stanie trzyosiowym (3D). Posiada wiedzę o wytężenie materiału i naprężeniu zastępczym dla wieloosiowego stanu obciążenia . Zna wybrane hipotezy / hipoteza Tresca- Coulomb-Guest, . hipoteza Hubera –Misesa-Hencky’ego/ i zna zasady prowadzenia obliczeń wytrzymałościowych dla 3D.

Weryfikacja:

Egzamin. Sprawdzian pisemny w czasie ćwiczeń.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W01, KMiBM\_W04, KMiBM\_W05, KMiBM\_W06

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W01, T1A\_W03, T1A\_W04, InzA\_W02, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W02, T1A\_W07, InzA\_W03

**Efekt 1150-MB000-ISP-0219\_W2:**

Ma wiedzę o metodach energetycznych obliczania układów liniowo-sprężystych Zna twierdzenia o wzajemności prac i wzajemności przemieszczeń. Umie wyznaczać przemieszczenia kilkoma metodami / Twierdzenie Castigliano. Metoda Maxwella-Mohra, sposób Wereszczagina, Równania kanoniczne/. Zna zasady analizy układów zewnętrznie i wewnętrznie statycznie niewyznaczalnych

Weryfikacja:

Egzamin. Sprawdzian pisemny w czasie ćwiczeń.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W01, KMiBM\_W04, KMiBM\_W05, KMiBM\_W06

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W01, T1A\_W03, T1A\_W04, InzA\_W02, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W02, T1A\_W07, InzA\_W03

**Efekt 1150-MB000-ISP-0219\_W3:**

Ma podstawą wiedzę o stateczności prętów prostych. Wyboczenie sprężyste. Zagadnienie Eulera. Siła krytyczna. Smukłość pręta. Wyboczenie posprężyste. Prosta Tetmajera-Jasinskiego , parabola Johnsona-Ostenfelda. Metoda energetyczna (Timoshenki-Ritza) wyznaczania siły krytycznej. Zna zasady prowadzenia obliczeń prętów prostych na wyboczenie.

Weryfikacja:

Egzamin. Sprawdzian pisemny w czasie ćwiczeń

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W01, KMiBM\_W04, KMiBM\_W05, KMiBM\_W06

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W01, T1A\_W03, T1A\_W04, InzA\_W02, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W02, T1A\_W07, InzA\_W03

**Efekt 1150-MB000-ISP-0219\_W4:**

Ma podstawą wiedzę o analizie powłok cienkościennych w stanie błonowym Stan naprężenia i odkształcenia w ściance powłoki. Zna podstawy zagadnienie Lame. Rury grubościenne.

Weryfikacja:

Egzamin. Sprawdzian pisemny w czasie ćwiczeń.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W01, KMiBM\_W04, KMiBM\_W05, KMiBM\_W06

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W01, T1A\_W03, T1A\_W04, InzA\_W02, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W02, T1A\_W07, InzA\_W03

**Efekt 1150-MB000-ISP-0219\_W5:**

Ma podstawą wiedzę o skręcaniu prętów o przekrojach niekołowych /podstawy teorii de Saint-Venanta./ Zna zasady analizy stanu naprężenia i odkształcenia w profilach cienkościennych – profile otwarte i zamknięte. Wzory Bredta.

Weryfikacja:

Egzamin. Sprawdzian pisemny w czasie ćwiczeń.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W01, KMiBM\_W04, KMiBM\_W05, KMiBM\_W06

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W01, T1A\_W03, T1A\_W04, InzA\_W02, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W02, T1A\_W07, InzA\_W03

**Efekt 1150-MB000-ISP-0219\_W6:**

 Ma podstawą wiedzę o obciążeniach cyklicznych, wytrzymałości zmęczeniowej i mechanice pękania. Zjawisko zmęczenia materiału. Obciążenia okresowe. Krzywa cyklicznego odkształcenia. Badania zmęczeniowe. Krzywa Wohlera. Zależność Mansona - Coffina. Kumulacja uszkodzeń. Krzywa propagacji pęknięcia.

Weryfikacja:

 Egzamin.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_W01, KMiBM\_W04, KMiBM\_W05, KMiBM\_W06

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W01, T1A\_W03, T1A\_W04, InzA\_W02, T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07, T1A\_W02, T1A\_W07, InzA\_W03

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt 1150-MB000-ISP-0219\_U1:**

Potrafi analizować złożone stany obciążenia 3D ./ Jednoczesne zginanie i rozciąganie lub ściskanie prętów prostych i ram. Zginanie ze ścinaniem. Naprężenia styczne przy zginaniu nierównomiernym. Zginanie ze skręcaniem - obliczenia wałów/ . . Umie wyznaczyć rdzeń przekroju.

Weryfikacja:

Egzamin. Sprawdzian pisemny w czasie ćwiczeń.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U05, KMiBM\_U08, KMiBM\_U09, KMiBM\_U10, KMiBM\_U12

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U16, InzA\_U06, T1A\_U10, T1A\_U15, T1A\_U16, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U13, T1A\_U14, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01, InzA\_U02, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01

**Efekt 1150-MB000-ISP-0219\_U2:**

Potrafi analizować i prowadzić obliczenia metodami energetycznymi układów statycznie wyznaczalnych dla złożonych wieloosiowych stanów obciążenia. Potrafi obliczać układy statycznie zewnętrznie i wewnętrznie niewyznaczalne

Weryfikacja:

Egzamin. Sprawdzian pisemny w czasie ćwiczeń.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U05, KMiBM\_U08, KMiBM\_U09, KMiBM\_U10, KMiBM\_U12

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U16, InzA\_U06, T1A\_U10, T1A\_U15, T1A\_U16, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U13, T1A\_U14, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01, InzA\_U02, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01

**Efekt 1150-MB000-ISP-0219\_U3:**

Potrafi przeprowadzić podstawowe obliczenia stateczności prętów prostych .Wyboczenie sprężyste i posprężyste.

Weryfikacja:

Egzamin. Sprawdzian pisemny w czasie ćwiczeń.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U05, KMiBM\_U08, KMiBM\_U09, KMiBM\_U10, KMiBM\_U12

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U16, InzA\_U06, T1A\_U10, T1A\_U15, T1A\_U16, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U13, T1A\_U14, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01, InzA\_U02, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01

**Efekt 1150-MB000-ISP-0219\_U4:**

Potrafi przeprowadzić analizę stanu naprężenia w powłokach cienkościennych w stanie błonowym. Umie przeprowadzić podstawowe obliczanie zbiorników cienkościennych - kulistego, walcowego i stożkowego.

Weryfikacja:

Egzamin. Sprawdzian pisemny w czasie ćwiczeń.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U05, KMiBM\_U08, KMiBM\_U09, KMiBM\_U10, KMiBM\_U12

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U16, InzA\_U06, T1A\_U10, T1A\_U15, T1A\_U16, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U13, T1A\_U14, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01, InzA\_U02, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01

**Efekt 1150-MB000-ISP-0219\_U5:**

Potrafi przeprowadzić podstawowe obliczenia stanu naprężenia i odkształcenia w profilach skręcanych – profile otwarte i zamknięte.

Weryfikacja:

Egzamin. Sprawdzian pisemny w czasie ćwiczeń.

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U05, KMiBM\_U08, KMiBM\_U09, KMiBM\_U10, KMiBM\_U12

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U16, InzA\_U06, T1A\_U10, T1A\_U15, T1A\_U16, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U13, T1A\_U14, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01, InzA\_U02, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01

**Efekt 1150-MB000-ISP-0219\_U6:**

Potrafi przeprowadzić elementarną analizę w zakresie wytrzymałości zmęczeniowej .

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** KMiBM\_U05, KMiBM\_U08, KMiBM\_U09, KMiBM\_U10, KMiBM\_U12

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U16, InzA\_U06, T1A\_U10, T1A\_U15, T1A\_U16, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U13, T1A\_U14, InzA\_U03, InzA\_U04, InzA\_U07, InzA\_U08, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01, InzA\_U02, T1A\_U08, T1A\_U09, T1A\_U15, InzA\_U01