

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć: Problemy wytrzymałości materiałów

Rok akademicki: 2019/2020 Kod: RMBM-2-204-KW-s Punkty ECTS: 4

Wydział: Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Kierunek: Mechanika i Budowa Maszyn Specjalność: Komputerowe wspomaganie projektowania

Poziom studiów: Studia II stopnia Forma studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 2

Strona www: [http://zwmik.imir.agh.edu.pl/dydaktyka/dla\\_studentow/dla\\_studentow.html](http://zwmik.imir.agh.edu.pl/dydaktyka/dla_studentow/dla_studentow.html)

Prowadzący moduł: dr hab. inż. Machniewicz Tomasz (machniew@agh.edu.pl)

### Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Wybrane problemy wytrzymałości materiałów i konstrukcji rozważane na gruncie Teorii Sprężystości i Plastyczności oraz Integralności Konstrukcji, zilustrowane przykładami obliczeniowymi w połączeniu z eksperymentalną analizą wybranych zjawisk i mechanizmów.

### Opis efektów uczenia się dla modułu zajęć

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Powiązania z KEU	Sposób weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w ramach poszczególnych form zajęć i dla całego modułu zajęć
Wiedza: zna i rozumie			
M_W001	Student umie określić stan naprężenia i odkształcenia w ciele sprężytym, niezależnie od jego kształtu i sposobu obciążenia		Wykonanie ćwiczeń, Projekt, Prezentacja, Kolokwium, Aktywność na zajęciach
M_W002	Student rozumie mechanizmy rządzące zmianami stanów naprężenia i odkształcenia w procesie uplastycznienia ciała		Wykonanie ćwiczeń, Projekt, Kolokwium, Aktywność na zajęciach
M_W003	Student potrafi ocenić dokładność uzyskanych rezultatów tak w zakresie stanu naprężenia jak i odkształcenia		Wykonanie ćwiczeń, Referat, Projekt, Kolokwium, Aktywność na zajęciach
Umiejętności: potrafi			
M_U001	Student zna metodę elementów skończonych (MES)		Wykonanie ćwiczeń, Projekt, Prezentacja, Kolokwium, Aktywność na zajęciach

M_U002	Student potrafi korzystać z uproszczonych metod służących do rozwiązywania układu podstawowych równań teorii sprężystości w dowolnych stanach naprężenia i odkształcenia		Wykonanie ćwiczeń, Projekt, Prezentacja, Kolokwium, Aktywność na zajęciach
M_U003	Student umie rozwiązać układ podstawowych równań teorii sprężystości dla wybranych stanów naprężenia i odkształcenia		Wykonanie ćwiczeń, Projekt, Prezentacja, Kolokwium, Aktywność na zajęciach
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	Student ma świadomość konsekwencji za skutki błędnych decyzji w zakresie oceny stanu naprężenia i odkształcenia		Wykonanie ćwiczeń, Projekt, Prezentacja, Kolokwium, Aktywność na zajęciach

### Liczba godzin zajęć w ramach poszczególnych form zajęć

Suma	Forma zajęć dydaktycznych										
	Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
56	28	0	14	0	0	14	0	0	0	0	0

### Matryca kierunkowych efektów uczenia się w odniesieniu do form zajęć i sposobu zaliczenia, które pozwalają na ich uzyskanie

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Forma zajęć dydaktycznych										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
Wiedza: zna i rozumie												
M_W001	Student umie określić stan naprężenia i odkształcenia w ciele sprężytym, niezależnie od jego kształtu i sposobu obciążenia	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
M_W002	Student rozumie mechanizmy rządzące zmianami stanów naprężenia i odkształcenia w procesie uplastycznienia ciała	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
M_W003	Student potrafi ocenić dokładność uzyskanych rezultatów tak w zakresie stanu naprężenia jak i odkształcenia	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												

M_U001	Student zna metodę elementów skończonych (MES)	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Student potrafi korzystać z uproszczonych metod służących do rozwiązywania układu podstawowych równań teorii sprężystości w dowolnych stanach naprężenia i odkształcenia	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
M_U003	Student umie rozwiązać układ podstawowych równań teorii sprężystości dla wybranych stanów naprężenia i odkształcenia	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	Student ma świadomość konsekwencji za skutki błędnych decyzji w zakresie oceny stanu naprężenia i odkształcenia	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	56 godz
Przygotowanie do zajęć	14 godz
przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	20 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	18 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	2 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	110 godz
Punkty ECTS za moduł	4 ECTS

## Pozostałe informacje

### Szczegółowe treści kształcenia w ramach poszczególnych form zajęć (szczegółowy program wykładów i pozostałych zajęć)

#### Wykład

Wybrane zagadnienia Teorii Sprężystości i Plastyczności:

- Stan naprężenia; Stan odkształcenia; Związki między naprężeniami i odkształceniami; Energia sprężysta.
- Podstawowe równania teorii sprężystości;
- Skręcanie i zginanie prętów w zakresie sprężysto-plastycznym. Tarcze kołowe i pierścieniowe. Zginanie płyt.
- Pręty cienkościenne. Cylindry pełne i grubościennie.
- Podstawowe równania teorii plastyczności.
- Metoda elementów skończonych: wprowadzenie, zgodny model przemieszczeniowy.

Wybrane zagadnienia Integralności Konstrukcji:

- Filozofia projektowania i eksploatacji konstrukcji: koncepcja nieograniczonej trwałości i bezpiecznej trwałości; tolerancja uszkodzeń. Wytrzymałość resztkowa konstrukcji.
- Inżynierskie i rzeczywiste własności mechaniczne materiałów konstrukcyjnych. Modele materiałów. Monotoniczna krzywa rozciągania i cykliczna krzywa odkształcenia.
- Prognozowanie trwałości zmęczeniowej konstrukcji metodą naprężenia nominalnego: krzywa Wöhlera i jej opis; regułą Palmgrena-Minera; eksploatacyjne historie obciążenia; metoda rainflow, ilościowy opis wpływu naprężeń średnich oraz działania karbu na trwałość zmęczeniową.

**Ćwiczenia laboratoryjne**

- Analiza stanu naprężenia i odkształcenia w punkcie.
- Prawo Hooke'a w przypadku ogólnym.
- Funkcje naprężeń.
- Warunki obciążeń przy zadanych stanach naprężenia.

**Zajęcia seminaryjne**

Wybrane zagadnienia Integralności Konstrukcji:

Monotoniczne i cykliczne właściwości materiałów

Analiza trwałości zmęczeniowej metodą naprężenia nominalnego: zmęczenie stało- i zmiennoamplitudowe, wykorzystanie reguły Palmgrena-Minera, metoda rainflow, wpływu naprężenia średniego w elementach gładkich i zawierających karby.

**Metody i techniki kształcenia:**

Wykład: Treści prezentowane na wykładzie są przekazywane w formie prezentacji multimedialnej w połączeniu z klasycznym wykładem tablicowym wzbogaconymi o przykłady odnoszące się do prezentowanych zagadnień.

Ćwiczenia laboratoryjne: W trakcie zajęć laboratoryjnych studenci z pomocą prowadzącego zajęcia rozwiązują zadany problem praktyczny, dobierając odpowiednie narzędzia. Prowadzący stymuluje grupę do refleksji nad problemem, tak by otrzymane wyniki miały wysoką wartość merytoryczną.

Zajęcia seminaryjne: Prezentacja multimedialna.

**Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu:**

1) Zajęcia seminaryjne:

- a) ocena osiągniętych przez studenta efektów kształcenia prowadzona jest w formie ustnej (prezentacja rozwiązania danego problemu) i pisemnej (zapowiedziane wcześniej kolokwia),
- b) ocena końcowa z zajęć seminaryjnych odpowiada ocenia najbliższej wartości średniej z uzyskanych ocen cząstkowych (z przedstawionych prezentacji i sprawdzianów pisemnych),
- c) w celu uzyskania zaliczenia wszystkie kolokwia powinny być zaliczone na ocenę pozytywną (chyba że prowadzący ćwiczenia zdecyduje inaczej),
- d) student nie uzyska zaliczenia gdy jego łączna absencja na zajęciach jest równa lub wyższa niż 50% (bez względu na powód nieobecności),
- e) student nie uzyska zaliczenia gdy liczba nieusprawiedliwionych godzin jego nieobecności w trakcie całego semestru jest większa niż 4,
- f) podstawą usprawiedliwienia nieobecności na zajęciach jest zwolnienie lekarskie, lub ewentualnie inna udokumentowana przyczyna, uznana przez prowadzącego ćwiczenia za dostatecznie ważną,
- g) prowadzący ćwiczenia może dodatkowo, zgodnie z przyjętymi przez siebie i podanymi wcześniej zasadami, obniżyć ocenę końcową ze względu na nieusprawiedliwione nieobecności na zajęciach (z uwzględnieniem punktu 1e),
- h) brak oceny z kolokwium w związku z nieusprawiedliwioną nieobecnością studenta na zajęciach traktowany jest równoznacznie z otrzymaniem z tego kolokwium w podstawowym terminie oceny niedostatecznej,

i) w przypadku braku zaliczenia w pierwszym terminie student ma prawo do dwóch zaliczeń poprawkowych z zakresu materiału wskazanego przez prowadzącego zajęcia, pod warunkiem, że nie zachodzą okoliczności określone w punktach 1d) i 1e).

2) Zajęcia laboratoryjne:

a) o ocenie z kolejnych zajęć laboratoryjnych decydują: wynik sprawdzianu wiadomości a także sposób opracowania i terminowość oddania sprawozdania z ćwiczeń,

b) podstawą wyznaczenia oceny zaliczeniowej z zajęć laboratoryjnych jest średnia z ocen za kolejne ćwiczenia,

c) aby uzyskać końcowe zaliczenie zajęć laboratoryjnych wymagane jest zaliczenie każdego z przerabianych ćwiczeń,

d) student ma prawo do dwóch popraw niezaliczonego sprawdzianu w terminie ustalonym z prowadzącym dane ćwiczenie.

### **Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa:**

Wykład:

- Obecność obowiązkowa: Nie

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.

Ćwiczenia laboratoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci wykonują ćwiczenia laboratoryjne zgodnie z materiałami udostępnionymi przez prowadzącego. Student jest zobowiązany do przygotowania się w przedmiocie wykonywanego ćwiczenia, co może zostać zweryfikowane kolokwium w formie ustnej lub pisemnej. Zaliczenie zajęć odbywa się na podstawie sprawdzianów wiadomości i sprawozdań z rozwiązania postawionego problemu. Zaliczenie modułu jest możliwe po zaliczeniu wszystkich zajęć laboratoryjnych.

Zajęcia seminaryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci przygotowują prezentację zgodnie z materiałami udostępnionymi przez prowadzącego. Zaliczenie zajęć odbywa się na podstawie zaprezentowania rozwiązania postawionego problemu i sprawdzianów wiadomości.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

1) Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie pozytywnej oceny końcowej z zajęć seminaryjnych i ćwiczeń laboratoryjnych.

2) Ocena końcowa z przedmiotu wyznaczana jest na podstawie średniej z ocen zaliczeniowych z zajęć seminaryjnych i ćwiczeń laboratoryjnych.

### **Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach:**

1) Wykłady:

Nieobecność na wykładzie nie zwalnia studenta z obowiązku opanowania omawianego materiału ani z przestrzegania przekazywanych w trakcie wykładu ustaleń o charakterze organizacyjnym.

2) Zajęcia seminaryjne:

W przypadku nieobecności na zajęciach, w wymiarze nieskutkującym utratą możliwości uzyskania zaliczenia, student we własnym zakresie uzupełnia związane z tym braki w uzyskanych efektach kształcenia.

Do niezaliczonego w związku z nieobecnością na zajęciach sprawdzianu, student przystępuje w terminie zaliczenia poprawkowego.

3) Ćwiczenia laboratoryjne:

Odrabianie ćwiczeń niezaliczonych z powodu nieobecności odbywa się w porozumieniu z prowadzącym w trakcie zajęć z inną grupą studentów, a gdy nie ma takiej możliwości - w odrębnym terminie.

### **Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności modułów**

Wiedza z zakresu Wytrzymałości Materiałów ze studiów I stopnia na kierunku mechanicznym.

### **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

1. Gabryszewski Z.: Teoria sprężystości i plastyczności. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2001
2. Kleiber M.: Wprowadzenie do metody elementów skończonych, PWN, Warszawa-Poznań 1989
3. Siemieniec A., Wolny S.: Wytrzymałość Materiałów cz.III – Sprężystość i plastyczność. Wybór zadań i przykładów. AGH UWN-D Kraków 2005
4. Kocańda S., Szala J.: Podstawy obliczeń zmęczeniowych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997.
5. Schijve J.: Fatigue of Structures and Materials. Kluwer Academic Publishers, Dodrecht/Boston/London, 2001.
6. Grandt A.F.: Fundamentals of structural integrity: damage tolerant design and nondestructive evaluation. Wiley 2003.
7. Skorupa M., Machniewicz T. Wykłady z Integralności Konstrukcji w Eksploatacji: <http://zwmik.imir.agh.edu.pl/Dydaktyka>.

### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

1. Siemieniec A., Wolny S.: Wytrzymałość Materiałów cz.III – Sprężystość i plastyczność. Wybór zadań i przykładów. AGH UWN-D Kraków 2005.
2. Wolny S.: Evaluation of the state of stress in load-bearing elements in conveyances. Archives of Mining Sciences. 2014, vol. 59 no. 2, s. 297-306.
3. Wolny S.: The influence of operating loads on the state of stress and strain in selected load-bearing elements of a tower-type headgear structure in the light of the experimental data. Archives of Mining Sciences. 2012, vol. 57 no. 4, s. 831-842.
4. Wolny S., Matachowski F. Drzewosz A. Wymiarowanie segmentowych kolan stopowych stosowanych w technologiach górniczych. Problemy eksploatacji i zarządzania w górnictwie : monografia, s. 279-285.
5. Ładecki B., Matachowski F.: Problemy związane z oceną stanu technicznego rurociągów gazowych. 2016, vol. 88 nr 10, s. 11-15.
6. Badura S., Matachowski F. Metoda wyznaczania współczynnika „k” uchwytów mocowania ładunku. Autobusy : technika, eksploatacja, systemy transportowe, 2018 nr 6 dod.: CD, s. 37-42.
7. Wolny S., Badura S. Wytrzymałość cięgien nośnych górniczego naczynia wydobywczego. Czasopismo Inżynierii Ładowej, Środowiska i Architektury, 2017, t. 34 z. 64, s. 149-158.
8. Nalepka K.: Material symmetry: a key to specification of interatomic potentials. Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences, 2013 vol. 61 no. 2, s. 441-450.
9. Machniewicz T. 2012, Prognozowanie rozwoju pęknięć zmęczeniowych w wybranych metalach. Wydawnictwo AGH, Kraków.
10. Machniewicz T. 2013, Fatigue crack growth prediction models for metallic materials – Part I: Overview of prediction concepts. Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures, vol. 36, No. 4, pp. 293-307.
11. Skorupa A., Skorupa M., Machniewicz T., Korbel A. 2014, Fatigue crack location and fatigue life for riveted lap joints in aircraft fuselage. Int. J. Fatigue., Vol. 58(8), pp. 209-217.
12. Skorupa M., Machniewicz T., Skorupa A., Korbel A. 2015, Fatigue strength reduction factors at rivet holes for aircraft fuselage lap joints. Int. J. Fatigue, Vol. 80, pp. 417-425.

### **Informacje dodatkowe**

Brak