

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć: Wytrzymałość elementów maszyn

Rok akademicki: 2019/2020    Kod: RMBM-1-401-s    Punkty ECTS: 6

Wydział: Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Kierunek: Mechanika i Budowa Maszyn    Specjalność: —

Poziom studiów: Studia I stopnia    Forma studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski    Profil: Ogólnoakademicki (A)    Semestr: 4

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

Poszerzenie wiedzy z zakresu wytrzymałości materiałów o umiejętność rozwiązywania problemów praktycznych dotyczących elementów maszyn pracujących w złożonych stanach naprężeń.

### 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 potrafi wyznaczyć składowe stanu naprężenia dla złożonych przypadków wytrzymałościowych	MBM1A_W02, MBM1A_W01	Aktywność na zajęciach, Egzamin, Kolokwium, Projekt, Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_W002	Student rozumie zjawisko rozprzestrzeniania się fali odkształcenia w ciałach sprężystych	MBM1A_W02, MBM1A_W01	Aktywność na zajęciach, Egzamin, Kolokwium, Projekt, Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_W003	Student zna mechanizmy rządzące zmianami stanów naprężenia i odkształcenia ciała podczas zmiennego (losowego) obciążenia	MBM1A_W02, MBM1A_W01	Aktywność na zajęciach, Egzamin, Kolokwium, Projekt, Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
Umiejętności: potrafi			

M_U001	Student potrafi zaprojektować element konstrukcyjny znajdujący się w złożonym stanie naprężenia	MBM1A_U01, MBM1A_U02	Aktywność na zajęciach, Egzamin, Kolokwium, Projekt, Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_U002	Student umie zabezpieczyć elementy konstrukcyjne przed niekorzystnym zjawiskiem koncentracji naprężeń	MBM1A_U01, MBM1A_U02	Aktywność na zajęciach, Egzamin, Kolokwium, Projekt, Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_U003	Student potrafi ocenić ryzyko wprowadzonych uproszczeń na etapie projektowania elementu konstrukcyjnego	MBM1A_U01, MBM1A_U02	Aktywność na zajęciach, Egzamin, Kolokwium, Projekt, Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	Student ma świadomość konsekwencji za skutki podjętych decyzji (w tym ekonomicznych i społecznych)	MBM1A_K03, MBM1A_K02, MBM1A_K01, MBM1A_K04	Aktywność na zajęciach, Egzamin, Kolokwium, Projekt, Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych

### 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
66	26	26	14	0	0	0	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 potrafi wyznaczyć składowe stanu naprężenia dla złożonych przypadków wytrzymałościowych	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Student rozumie zjawisko rozprzestrzeniania się fali odkształcenia w ciałach sprężystych	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-

M_W003	Student zna mechanizmy rządzące zmianami stanów naprężenia i odkształcenia ciała podczas zmiennego (losowego) obciążenia	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Student potrafi zaprojektować element konstrukcyjny znajdujący się w złożonym stanie naprężenia	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Student umie zabezpieczyć elementy konstrukcyjne przed niekorzystnym zjawiskiem koncentracji naprężeń	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	Student potrafi ocenić ryzyko wprowadzonych uproszczeń na etapie projektowania elementu konstrukcyjnego	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	Student ma świadomość konsekwencji za skutki podjętych decyzji (w tym ekonomicznych i społecznych)	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	66 godz
Przygotowanie do zajęć	50 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	50 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	2 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	170 godz
Punkty ECTS za moduł	6 ECTS

## Pozostałe informacje

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

#### Wykład

Przypadki wytrzymałości złożonej.

Metody energetyczne.

Metody energetyczne obliczania odkształceń konstrukcji, układy statycznie niewyznaczalne.

Wyboczenie prętów prostych.

Zagadnienia dwuwymiarowe we współrzędnych biegunowych (rury grubościenne, wirujące krążki).  
Zbiorniki cienkościennie.  
Płyty, naprężenia i odkształcenia.  
Rozchodzenie się fal w ciałach sprężystych. Podłużne zderzenie prętów.  
Zmęczenie materiałów.

### **Ćwiczenia audytoryjne**

Metoda analityczna wyznaczania przemieszczeń belek.  
Metoda grafo-analityczna (obciążeń wtórnych, Mohra) wyznaczania przemieszczeń belek.  
Zginanie z rozciąganiem. Zginanie ukośne.  
Projektowanie wałów.  
Zginanie ze ścinaniem.  
Metody energetyczne – twierdzenie Castigliano.  
Metody energetyczne – twierdzenie Menabre’a (zasada minimum pracy).  
Metody energetyczne – obliczenia odkształceń konstrukcji.  
Ramy statycznie niewyznaczone.  
Projektowanie na wyboczenie.  
Rury grubościenne. Tarcze wirujące.  
Projektowanie zbiorników cienkościennych.  
Zginanie płyt.

### **Ćwiczenia laboratoryjne**

(B1) Badania mechanicznych właściwości materiałów: statyczna próba rozciągania, statyczna próba ściskania,  
(B2) Badania mechanicznych właściwości materiałów: próba udarności, badania twardości materiałów.  
(D) Nieniszczące badania materiałów: nieniszczące metody pomiaru własności fizycznych materiałów, defektoskopowe badania jednorodności materiałów.  
(T) Analiza stanu naprężenia i odkształcenia metodą tensometrii oporowej  
(E) Analiza stanu naprężenia i odkształcenia metodą elastooptyczną  
(A) Teoretyczna analiza stanu naprężenia i odkształcenia: metoda elementów skończonych.

### **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 audytoryjne: Podczas zajęć audytoryjnych studenci na tablicy rozwiązują zadane wcześniej problemy. Prowadzący na bieżąco dokonuje stosowanych wyjaśnień i moderuje dyskusję z grupą nad danym problemem.

Ćwiczenia laboratoryjne: W trakcie zajęć laboratoryjnych studenci z pomocą osoby prowadzącej zajęcia, przeprowadzają eksperymenty i analizy, rozwiązując dany problem praktyczny. Prowadzący stymuluje grupę do refleksji nad problemem, tak by otrzymane wyniki miały wysoką wartość merytoryczną.

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

1) Ćwiczenia audytoryjne:

a) ocena osiągniętych przez studenta efektów kształcenia prowadzona jest w formie ustnej

(rozwiązywanie przy tablicy zadanych wcześniej problemów) i pisemnej (zapowiedziane wcześniej kolokwia),

b) ocena końcowa odpowiada ocena najbliższej wartości średniej z uzyskanych ocen cząstkowych (z odpowiedzi ustnych 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 6,

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 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 (tj. B, D, T, E, A – por. opis zajęć laboratoryjnych),

d) student ma prawo do dwóch terminów poprawy niezaliczonego sprawdzianu, ustalonych z prowadzącym dane ćwiczenie.

## 3) Egzamin

a) Warunkiem dopuszczenia do egzaminu jest zaliczenie ćwiczeń audytoryjnych.

b) Tematyka egzaminu obejmuje także materiał przerabiany w ramach przedmiotu Podstawy Wytrzymałości Materiałów.

## **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 audytoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci przystępując do ćwiczeń są zobowiązani do przygotowania się w zakresie wskazanym każdorazowo przez prowadzącego (np. w formie zestawów zadań). Ocena pracy studenta może bazować na wypowiedziach ustnych lub pisemnych w formie kolokwium, co zgodnie z regulaminem studiów AGH przekłada się na ocenę końcową z tej formy zajęć.

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 zaprezentowania rozwiązania postawionego problemu. Zaliczenie modułu jest możliwe po zaliczeniu wszystkich zajęć laboratoryjnych.

## **Sposób obliczania oceny końcowej**

1) Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie pozytywnej oceny końcowej z ćwiczeń audytoryjnych, ćwiczeń laboratoryjnych oraz egzaminu.

2) Ocena końcowa z przedmiotu wyznaczana jest na podstawie średniej ważonej z ocen zaliczeniowych

z ćwiczeń audytoryjnych (50%), egzaminu (30%) i laboratorium (20%), z uwzględnieniem wszystkich terminów zaliczeń.

### **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) Ćwiczenia audytoryjne:

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.

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**

Warunkiem koniecznym przystąpienia do kursu jest wcześniejsze zaliczenie przedmiotu Podstawy Wytrzymałości Materiałów.

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

- [1] Wolny S., Siemieniec A.: Wytrzymałość materiałów. Cz. 1, Teoria, zastosowanie. AGH Uczelniane Wydaw. Naukowo-Dydaktyczne.
- [2] Skorupa A., Skorupa M.: Wytrzymałość materiałów. Wybrane zagadnienia dla mechaników. UWND. AGH Kraków, 2002
- [3] Wolny S., Siemieniec A.: Wytrzymałość Materiałów. Cz. II. Wybrane zagadnienia wytrzymałości materiałów. UWND. AGH Kraków, 2004
- [4] Wolny S, i in.: Wytrzymałość Materiałów – cz. IV. Ćwiczenia laboratoryjne. Wyd. AGH. Kraków 2007.
- [5] Niezgodziński M.E., Niezgodziński T.: Wytrzymałość Materiałów. Warszawa, PWN 1981.
- [6] Rżysko J.: Statyka i Wytrzymałość Materiałów. PWN, Warszawa 1977.
- [7] Dyląg Z. Jakubowicz A., Orłóś Z.: Wytrzymałość materiałów. T. 1. WNT, Warszawa 2003.
- [8] Patnaik S.N., Hopkins D.A.: Strength of materials : a unified theory. Amsterdam : Elsevier, 2004.
- [9] Singh D.K.: Strength of materials. Taylor & Francis Group, 2014.

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

- [1]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.
- [2]Machniewicz T. 2013, Fatigue crack growth predictions for metallic materials – Part II: Strip Yield model: choices and decisions. Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures, vol. 36, No. 4, pp. 361–373.
- [3]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.
- [4]Skorupa M., Korbel A., Skorupa A., Machniewicz T. 2015, Observations and analyses of secondary bending for riveted lap joints. Int. J. Fatigue., Vol. 72, pp. 1-10, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2014.10.008>
- [5]Skorupa M., Machniewicz T., Skorupa A., Schijve J., Korbel A. 2015, Fatigue life prediction model for riveted lap joints. Engineering Failure Analysis, Vol. 53, pp. 111-123.
- [6]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.
- [7]Skorupa M., Machniewicz T., Skorupa A., Korbel A. 2016, Effect of load transfer by friction on the fatigue behaviour of riveted lap joints. Int. J. Fatigue, Vol. 90, pp. 1-11.
- [8]Skorupa M., Machniewicz T., Skorupa A., Korbel A. 2017, Fatigue life predictions for riveted lap joints. Int. J. Fatigue, Vol. 94, pp. 41-57.

### **Informacje dodatkowe**

Materiały do laboratoriów dostępne pod adresem

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