

## KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa w języku polskim: **Wytrzymałość materiałów II**

Nazwa w języku angielskim: **Strength of materials II**

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): **Robotyka i Automatyzacja Procesów**

Poziom i forma studiów: **I stopień, stacjonarne**

Rodzaj przedmiotu: **obowiązkowy**

Kod przedmiotu: **RAM031022**

Grupa kursów: **nie**

|   | Wykład  | Ćwiczenia | Laboratorium        | Projekt | Seminarium |
|---|---------|-----------|---------------------|---------|------------|
| Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)                                       | 2       |           | 1                   |         |            |
| Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)                                   | 60      |           | 60                  |         |            |
| Forma zaliczenia  | Egzamin |           | Zaliczenie na ocenę |         |            |
| Grupa kursów  |         |           |                     |         |            |
| Liczba punktów ECTS   | 2       |           | 2                   |         |            |
| w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)                 |         |           | 2                   |         |            |
| w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK) | 1.2     |           | 1.4                 |         |            |

### WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Znajomość podstaw mechaniki ciała stałego: analizy tensorowej, praw statyki, pojęć: przemieszczenia, odkształcenia i naprężenia, zależności między tymi polami w ośrodku sprężystym, umiejętność obliczania przemieszczeń i naprężeń w pręcie.

### CELE PRZEDMIOTU

C1. Rozwiązywanie problemów technicznych w oparciu o prawa mechaniki.

C2. Wykonywanie analiz wytrzymałościowych elementów maszyn.

C3. Nabywanie i utrwalanie kompetencji społecznych obejmujących inteligencję emocjonalną polegającą na umiejętności współpracy w grupie studenckiej mającej na celu efektywne rozwiązywanie problemów.

Odpowiedzialność, uczciwość i rzetelność w postępowaniu; przestrzeganie obyczajów obowiązujących w środowisku akademickim i społeczeństwie.

## PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

### I. Z zakresu wiedzy:

PEK\_W01 - Student wie jak wyznaczać naprężenia i przemieszczenia w tarczach wirujących oraz w rurach i zbiornikach grubościennych, zna teorię cienkościennych powłok osiowo-symetrycznych, obciążonych ciśnieniem,

PEK\_W02 - zna podstawowe pojęcia, równania i idee metody elementów skończonych w zastosowaniu do kratownic i tarcz liniowo sprężystych,

PEK\_W03 - ma podstawową wiedzę o zmęczeniu materiału, reologii i mechanice pękania.

### II. Z zakresu umiejętności:

PEK\_U01 - (posiada umiejętność) przeprowadzania podstawowych prób wytrzymałościowych,

PEK\_U02 - mierzenia odkształceń za pomocą tensometrów elektrooporowych i mechanicznych,

PEK\_U03 - wyznaczania podstawowych stałych sprężystości: modułu Younga, ułamka Poissona i modułu Kirchhoffa.

### III. Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_K01 - wyszukiwania informacji oraz jej krytycznej analizy.

PEK\_K02 - obiektywnego oceniania argumentów, racjonalnego tłumaczenia i uzasadniania własnego punktu widzenia z wykorzystaniem wiedzy z zakresu wytrzymałości materiałów.

PEK\_K03 - przestrzegania obyczajów i zasad obowiązujących w środowisku akademickim.

## TREŚCI PROGRAMOWE

| Forma zajęć – Wykład       |   | Liczba godzin |
|----------------------------|---|---------------|
| Wy1                        | Pręty smukłe ściskane mimośrodowo.  | 2             |
| Wy2                        | Pręty silnie zakrzywione.   | 2             |
| Wy3                        | Modele uszkodzenia materiału.   | 2             |
| Wy4                        | Cylindry grubościenne jedno- i wielowarstwowe.                              | 2             |
| Wy5                        | Tarcze wirujące.  | 2             |
| Wy6                        | Równanie różniczkowe płyty cienkiej.  | 2             |
| Wy7                        | Płyty kołowe obciążone osiowo symetrycznie, płyty prostokątne.              | 2             |
| Wy8                        | Powłoki osiowo-symetryczne, cienkościenne.                                  | 2             |
| Wy9                        | Obciążenia udarowe elementów prętowych.                                     | 2             |
| Wy10                       | Obciążenie elementu zależne od czasu i temperatury (relaksacja i pełzanie). | 2             |
| Wy11                       | Zmęczenie materiału – podstawy obliczeń.                                    | 2             |
| Wy12                       | Metoda elementów skończonych (MES) – wprowadzenie, funkcje kształtu.        | 2             |
| Wy13                       | MES – element prętowy, element powłokowy.                                   | 2             |
| Wy14                       | Przykład zastosowania MES.  | 2             |
| Wy15                       | Kolokwium.  | 2             |
|                            |   | Suma: 30      |
| Forma zajęć – Laboratorium |   | Liczba godzin |

|      |  |          |
|------|--|----------|
| Lab1 | Wprowadzenie.  | 2        |
| Lab2 | Próba rozciągania metali i tworzyw sztucznych.   | 2        |
| Lab3 | Pomiary odkształceń metodą elektrycznej tensometrii oporowej.                          | 2        |
| Lab4 | Badanie wytrzymałości zmęczeniowej.  | 2        |
| Lab5 | Próby wytrzymałości w złożonych stanach naprężenia - skręcanie ze zginaniem.           | 2        |
| Lab6 | Wyboczenie - doświadczalne określanie siły krytycznej pręta smukłego. Próba ściskania. | 2        |
| Lab7 | Zginanie proste i ukośne. Podsumowanie i zaliczenie zajęć laboratoryjnych.             | 3        |
|      |  | Suma: 15 |

#### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. wykład tradycyjny z wykorzystaniem transparencji i slajdów  
N2. eksperyment laboratoryjny  
N3. przygotowanie sprawozdania  
N4. praca własna – przygotowanie do laboratorium  
N5. konsultacje

#### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (Wykład)

| Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru)) | Numer efektu uczenia się               | Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się |
|--|--|---|
| F1   | PEK_W01 - PEK_W03<br>PEK_K01 - PEK_K03 | Kolokwium.                                  |
| P = F1   |  |   |

#### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ (Laboratorium)

| Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru)) | Numer efektu uczenia się                | Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się         |
|--|---|---|
| F1   | PEK_U01 - PEK_U03,<br>PEK_K01 - PEK_K03 | Kartkówka - wejściówka, Sprawozdanie z laboratorium |
| P = F1   |   |   |

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] Z. Dyląg, A. Jakubowicz, A. Orłoś: Wytrzymałość materiałów. WNT Warszawa 1996.
- [2] M. E. Niezgodziński, T. Niezgodziński: Wytrzymałość materiałów .PWN. W-a 1998.
- [3] M. Zakrzewski, J. Zawadzki : Wytrzymałość materiałów .PWN .Warszawa 1983.
- [4] Laboratorium wytrzymałości materiałów, Praca pod red. Z. Rechula i J. Ziąji, Oficyna Wydawnicza PWr., Wrocław, 2001.

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] T. Rajfert, J. Rzyśko: Zbiór zadań ze statyki i wytrzymałości materiałów. PWN,W-a,1974.
- [2] Brzoska Z.: Wytrzymałość materiałów, PWN, Warszawa, 1979
- [3] Niezgodziński M.E. Niezgodziński T.: Wzory, wykresy i tablice wytrzymałościowe, WNT, Warszawa, 2009
- [4] N.N. Malinin, J. Rzyśko: Mechanika materiałów, PWN, Warszawa, 1981.
- [5] Kocańda S., Szala J.: Podstawy obliczeń zmęzeniowych, PWN, Warszawa, 1985

## OPIEKUN PRZEDMIOTU

dr inż. Przemysław Stróżyk email: [przemyslaw.strozyk@pwr.edu.pl](mailto:przemyslaw.strozyk@pwr.edu.pl)

## SUBJECT CARD

Name in Polish: **Wytrzymałość materiałów II**

Name in English: **Strength of materials II**

Main field of study (if applicable): **Robotics and Process Automation**

Level and form of studies: **I level, full-time**

Kind of subject: **obligatory**

Subject code: **RAM031022**

Group of courses: **no**

|   | Lecture     | Classes | Laboratory           | Project | Seminar |
|---|-------------|---------|----------------------|---------|---------|
| Number of hours of organized classes in University (ZZU)                        | 2           |         | 1                    |         |         |
| Number of hours of total student workload (CNPS)                                | 60          |         | 60                   |         |         |
| Form of crediting   | Examination |         | Crediting with grade |         |         |
| Group of courses  |             |         |                      |         |         |
| Number of ECTS points   | 2           |         | 2                    |         |         |
| including number of ECTS points for practical (P) classes                       |             |         | 2                    |         |         |
| including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes | 1.2         |         | 1.4                  |         |         |

## PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES

1. Knowledge of fundamentals of solid mechanics: tensor analysis, static laws, concepts of displacement, strain and stress, dependencies between these quantities in an elastic medium, the ability to calculate displacements and stress in a member.

## SUBJECT OBJECTIVES

C1. Technical problem solving based on mechanics.

C2. Performing strength analyses of machine components.

C3. The acquisition and consolidation of social skills including emotional intelligence involving the ability to work in a group of students with a view to effective problem solving. Responsibility, honesty and fairness in the procedure observance force in academia and society.

## SUBJECT LEARNING OUTCOMES

### I. Relating to knowledge:

PEK\_W01 - Student knows: how to determine stress and displacement in rotating disks, pipes and thick-walled tanks, the theory of thin-walled axially symmetric shells loaded with pressure,

PEK\_W02 - knows the fundamental concepts, equations and ideas of finite element method applied to a truss or to a linear elastic shield,

PEK\_W03 - the basics of fatigue of material, rheology and fracture mechanics.

### II. Relating to skills:

PEK\_U01 - performing basic strength tests,

PEK\_U02 - measuring the plain state of strain using tensometers (strain gauges),

PEK\_U03 - determining the basic elasticity constants: Young modulus, Poisson ratio and Kirchhoff modulus.

### III. Relating to social competences:

PEK\_K01 - independent research and critical evaluation of the found sources,

PEK\_K02 - objective evaluation of arguments, rational explanation and justification of the student's viewpoint using knowledge of the strength of materials,

PEK\_K03 - conforming to the academic principles.

## PROGRAM CONTENT

| Form of classes – Lecture |  | Number of hours |
|---------------------------|--|-----------------|
| Lec1                      | Eccentric compression of slender members.                    | 2               |
| Lec2                      | Bending of a curved member.                                  | 2               |
| Lec3                      | Models of material damage.                                   | 2               |
| Lec4                      | Single- and multi-layer thick-walled cylinders.              | 2               |
| Lec5                      | Rotating disks.  | 2               |
| Lec6                      | Differential equation of thin plate.                         | 2               |
| Lec7                      | Symmetrically loaded circular plates. Rectangular plates.    | 2               |
| Lec8                      | Axially symmetric thin-walled shells.                        | 2               |
| Lec9                      | Impact loads in members.                                     | 2               |
| Lec10                     | Time and temperature dependent loads – relaxation, creep.    | 2               |
| Lec11                     | Material fatigue – basic calculations.                       | 2               |
| Lec12                     | Finite Element Method (FEM) – introduction, shape functions. | 2               |
| Lec13                     | FEM – member and shell elements.                             | 2               |
| Lec14                     | Examples of applications of FEM.                             | 2               |
| Lec15                     | Written test.  | 2               |
|                           |  | Total hours: 30 |

| Form of classes – Laboratory |   | Number of hours |
|------------------------------|---|-----------------|
| Lab1                         | Introduction.   | 2               |
| Lab2                         | Tensile test in metals and plastics.  | 2               |
| Lab3                         | Strain gauge analysis.  | 2               |
| Lab4                         | Determination of fatigue limit.   | 2               |
| Lab5                         | Combined loading in member (torsion + bending).                             | 2               |
| Lab6                         | Buckling of slender member. Compression test.                               | 2               |
| Lab7                         | Symmetric and unsymmetric bending. Summary of laboratories and examination. | 3               |
|                              |   | Total hours: 15 |

| TEACHING TOOLS USED  |
|--|
| N1. traditional lecture with the use of transparencies and slides<br>N2. laboratory experiment<br>N3. report preparation<br>N4. self study - preparation for laboratory class<br>N5. tutorials |

| EVALUATION OF SUBJECT LEARNING OUTCOMES ACHIEVEMENT (Lecture)                |  |   |
|--|--|---|
| Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end)) | Learning outcomes number               | Way of evaluating learning outcomes achievement |
| F1   | PEK_W01 - PEK_W03<br>PEK_K01 - PEK_K03 | Written test.                                   |
| P = F1   |  |   |

| EVALUATION OF SUBJECT LEARNING OUTCOMES ACHIEVEMENT (Laboratory)             |   |   |
|--|---|---|
| Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end)) | Learning outcomes number                | Way of evaluating learning outcomes achievement |
| F1   | PEK_U01 - PEK_U03,<br>PEK_K01 - PEK_K03 | Short test, report from the laboratory.         |
| P = F1   |   |   |

## PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

### PRIMARY LITERATURE

- [1] Z. Dyląg, A. Jakubowicz, A. Orłóś: Wytrzymałość materiałów. WNT Warszawa 1996.
- [2] M. E. Niezgodziński, T. Niezgodziński: Wytrzymałość materiałów. PWN. W-a 1998.
- [3] M. Zakrzewski, J. Zawadzki: Wytrzymałość materiałów. PWN. Warszawa 1983.
- [4] Laboratorium wytrzymałości materiałów, Praca pod red. Z. Rechula i J. Ziaji, Oficyna Wydawnicza PWR., Wrocław, 2001.

### SECONDARY LITERATURE

- [1] T. Rajfert, J. Rżysko: Zbiór zadań ze statyki i wytrzymałości materiałów. PWN, W-a, 1974.
- [2] Brzoska Z.: Wytrzymałość materiałów, PWN, Warszawa, 1979
- [3] Niezgodziński M.E. Niezgodziński T.: Wzory, wykresy i tablice wytrzymałościowe, WNT, Warszawa, 2009
- [4] N.N. Malinin, J. Rżysko: Mechanika materiałów, PWN, Warszawa, 1981.
- [5] Kocańda S., Szala J.: Podstawy obliczeń zmęczeniowych, PWN, Warszawa, 1985

## SUBJECT SUPERVISOR

dr inż. Przemysław Stróżyk email: [przemyslaw.strozyk@pwr.edu.pl](mailto:przemyslaw.strozyk@pwr.edu.pl)