



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Diagnostyka i wibroakustyka maszyn [S1Mech2>DiWM]

### Przedmiot

Kierunek studiów  
Mechatronika

Rok/Semestr  
3/5

Studia w zakresie (specjalność)  
–

Profil studiów  
ogólnoakademicki

Poziom studiów  
pierwszego stopnia

Język oferowanego przedmiotu  
polski

Forma studiów  
stacjonarne

Wymagalność  
obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład	Laboratorium	Inne
15	30	0
Ćwiczenia	Projekty/seminaria	
0	0	

### Liczba punktów ECTS

3,00

### Koordynatorzy

dr inż. Bartosz Jakubek  
bartosz.jakubek@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Student zna podstawy konstrukcji maszyn, rysunku technicznego, podstawy metrologii, pomiaru wielkości fizycznych i analizy wyników. Potrafi przeprowadzić podstawowe pomiary. Student posiada umiejętność samokształcenia i pozyskiwania wiedzy na podstawie zasobów bibliotecznych (w tym e- zasobów) oraz zasobów internetowych (np. eKURSY)

### Cel przedmiotu

Pozyskanie wiedzy w zakresie diagnostyki technicznej (w szczególności diagnostyki wibroakustycznej) oraz umiejętności rozpoznawania i oceny stanu technicznego maszyn i ich podzespołów, detekcji i identyfikacji uszkodzeń a także wiedzy dotyczącej źródeł zjawisk wibroakustycznych w maszynach, metodami pomiaru i analizy drgań i hałasu maszyn i urządzeń. Uświadomienie negatywnego wpływu drgań i hałasu emitowanego przez maszyny i urządzenia na konstrukcje inżynierskie, środowisko naturalne i środowisko pracy. Nabycie umiejętności pomiaru i oceny drgań i hałasu zgodnie z metodyką określoną w normach i rozporządzeniach oraz poznanie metod minimalizacji oddziaływań wibroakustycznych.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

Student po ukończeniu przedmiotu ma wiedzę dotyczącą celów i metod diagnostyki technicznej na etapie konstruowania, wytwarzania i eksploatacji obiektów technicznych. Student zna typowe przyczyny i skutki uszkodzeń eksploatacyjnych i nieprawidłowości funkcjonowania maszyn i ich podzespołów oraz wie w jaki sposób je eliminować. Student zna metody i techniki nadzorowania (monitorowania) stanu maszyn oraz zna metody oceny i klasyfikacji stanu technicznego. Student zna metody i techniki identyfikacji wad, uszkodzeń maszyn urządzeń i w jaki sposób je eliminować. Student po ukończeniu przedmiotu zna specyfikę źródeł drgań i hałasu występujących w maszynach i urządzeniach oraz procesach produkcyjnych. Student zna metodykę pomiaru i analizy drgań i hałasu i podstawowe normy i rozporządzenia dotyczące oceny oddziaływań wibroakustycznych na środowisko pracy, życia i na infrastrukturę techniczną a także zna metody organizacyjne i techniczne minimalizacji drgań i hałasu.

#### Umiejętności:

Student po zakończeniu kursu potrafi ocenić stan techniczny i stan pracy maszyn (w szczególności wirnikowych) w oparciu o metodykę zawartą w normach. potrafi podejmować trafne decyzje eksploatacyjne (dalsza praca, serwisowanie, naprawa, wycofanie z eksploatacji). Student potrafi wykonać pomiary i analizy sygnałów wibroakustycznych oraz je interpretować i na ich podstawie określić stanem technicznym maszyn i urządzeń. Student potrafi identyfikować uszkodzenia, wady, nieprawidłowości funkcjonowania maszyn i urządzeń oraz określić zalecenia dotyczące ich naprawy. Student po zakończeniu kursu potrafi zidentyfikować źródła drgań i hałasu w maszynach, urządzeniach i procesach produkcyjnych oraz określić ich specyfikę. Student potrafi wykonywać pomiary i analizy drgań i hałasu a także zinterpretować uzyskane wyniki pomiarów i odnieść je do wartości granicznych zawartych w normach i rozporządzeniach. Student umie ocenić oddziaływanie drgań i hałasu na środowisko pracy, życia i infrastrukturę techniczną a także potrafi zaproponować rozwiązania techniczne i organizacyjne mające na celu minimalizację oddziaływań wibroakustycznych na środowisko antropotechniczne. Student potrafi wykonać raport z wykonanych badań i testów.

#### Kompetencje społeczne:

Student rozumie znaczenie diagnostyki technicznej w ujęciu ekonomicznym oraz bezpieczeństwa ludzi i środowiska. Student ma świadomość znaczenia działań inżynierskich i odpowiedzialności związanej z wydawaniem opinii i decyzji dotyczących eksploatacji maszyn i urządzeń. Student rozumie znaczenie ochrony środowiska pracy i życia oraz infrastruktury technicznej przed drganiami i hałasem w aspekcie zdrowotnym, ekonomicznym i bezpieczeństwa. Student ma świadomość znaczenia działań inżynierskich i odpowiedzialności związanej z wydawaniem opinii i decyzji oraz ma świadomość roli kadry inżynierskiej w rozwoju technicznym, kształtowaniu środowiska życia i pracy człowieka. Student wie jak myśleć i działać twórczo i proaktywnie i potrafi organizować pracę zespołową i aktywnie współpracować w zakresie wykonywanych zadań.

### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

#### Wykład:

Forma pisemna lub zdalne testy na platformie eKURSY: 10 - 20 zagadnień obejmujących całość materiału wykładowego, laboratoryjnego i zagadnień wskazanych do samodzielnego przestudiowania.

#### Laboratorium:

Krótkie sprawdziany wejściowe przed każdym ćwiczeniem laboratoryjnym. Ocena wiedzy i umiejętności, a także aktywności podczas wykonywania eksperymentów. Ocena stopnia opanowania treści kursu, umiejętności i nabytych kompetencji na podstawie jakości indywidualnie wykonanych raportów. Sprawdzana jest poprawność merytoryczna i obliczeniowa, kompletność raportu oraz umiejętność formułowania wniosków, uwag i spostrzeżeń. Warunki zaliczenia laboratorium: wykonanie i zaliczenie kompletu ćwiczeń laboratoryjnych i uzyskanie wymaganego minimum punktowego za sprawdziany wejściowe i sprawozdania.

Kryteria ocen dotyczą laboratorium i wykładu:

poniżej 60 % ndst. 60-67 % dst. 68-74 % dst. plus 75-83 % db. 84-91 db plus 92-100 % bdb.

### Treści programowe

#### Wykład:

Podstawowa terminologia. Diagnostyka w poszczególnych etapach życia systemów technicznych Metody badań diagnostycznych maszyn i ich podzespołów. Metody i techniki wykrywania i identyfikacji wad, uszkodzeń maszyn i ich podzespołów. Źródła drgań i hałasu w maszynach i ich specyfika. Metodyka

pomiarów wibroakustycznych. Ocena oddziaływania drgań i hałasu maszyn na operatorów środowisko i infrastrukturę techniczną. Metody minimalizacji drgań i hałasu maszyn.

Laboratoria:

Ćwiczenia laboratoryjne realizowane na obiektach rzeczywistych oraz na stanowiskach laboratoryjnych (małogabarytowe modele agregatów, maszyn). Celem ich jest egzemplifikacja treści wykładów. Ocena stanu technicznego na podstawie pomiarów drgań i zaleceń normowych (normy PN ISO) - (ćwiczenie wykonywane na stacji wentylatorowej). Kolejne ćwiczenia wykonywane na stanowiskach laboratoryjnych zawierających typowe podzespoły maszyn takie jak: wirniki, wały, łożyska, przekładnia pasowa, przekładnia zębata, pompa zębata. W zakresie wibroakustyki maszyn dokonywana jest: ocena oddziaływań drgań i hałasu na operatorów maszyn i urządzeń, wyznaczanie parametrów akustycznych maszyn i urządzeń, badanie skuteczności systemów redukcji drgań i hałasu Stanowiska laboratoryjne są wyposażone w układy pomiarowo analizujące oraz urządzenia pozwalające na wykrywanie i identyfikację wad i uszkodzeń podzespołów maszyn oraz wykonywanie badań wibroakustycznych.

## Tematyka zajęć

Wykłady.

1. Podstawowa terminologia. Definicja i klasyfikacja symptomów diagnostycznych. Symptomowa krzywa życia obiektu technicznego.
2. Miejsce diagnostyki w kolejnych etapach życia systemów technicznych (diagnostyka konstrukcyjna, badania eksploatacyjna, diagnozowanie procesów technologicznych).
3. Metody badań stanu technicznego maszyn, jej podzespołów i elementów.
4. Ocena stanu technicznego maszyn na podstawie szerokopasmowych pomiarów drgań.
5. Wady, uszkodzenia wałów i wirników: niewyważenie, pękanie, zgięcie, niewspółosiowość, ścieranie. Przyczyny powstawania, skutki, metody wykrywania.
6. Łożyska toczne. Wady i uszkodzenia, przyczyny powstawania. Fazy degradacji technicznej łożysk tocznych. Metody oceny stanu technicznego m.in.: emisja akustyczna, metody ultradźwiękowe, pomiary i analizy drgań (w tym SPM), badanie zanieczyszczeń środków smarnych, metody termalne.
7. Diagnozowanie przekładni zębatych. Częstotliwości charakterystycznych przekładni zębatej i określanie pasm pomiarowych drgań. Metody badań i oceny stanu technicznego: wizualna, wibroakustyczna (pomiary i analiza widmowa drgań), ferrografia analityczna.
8. Diagnozowanie wybranych rodzajów podzespołów i maszyn: przekładnie pasowe, silniki elektryczne, maszyny przepływowe i inne.
9. Źródła drgań i hałasu w maszynach i urządzeniach ich specyfika. Wprowadzenie w zagadnienia pomiarów i analizy hałasu: podstawowe pojęcia, wielkości i miary parametryzujące hałas.
10. Hałas w środowisku pracy (dźwięki w paśmie słyszalnym, infra-i ultradźwięki). Metodyka pomiarów i oceny oddziaływania hałasu maszyn na człowieka.
11. Metodyka wyznaczania poziomu mocy akustycznej maszyn i urządzeń.
12. Metodyka pomiaru i oceny drgań mechanicznych w środowisku pracy (oddziaływanie drgań na operatorów maszyn).
13. Metodyka oceny wpływu drgań maszyn i urządzeń na środowisko i infrastrukturę techniczną.
14. Techniczne i organizacyjne metody redukcji drgań i hałasu maszyn (obudowy i ekrany akustyczne, pasywne i aktywne metody drgań i hałasu, ustroje dźwiękochłonne, eliminatory drgań i wibroizolatory.

Laboratoria:

Podstawowy zestaw ćwiczeń:

1. Ocena stanu technicznego i stanu pracy maszyny wirnikowej (wentylator odśrodkowy) na podstawie pomiarów drgań pomiarów drgań.
2. Identyfikacja wad i uszkodzeń wirnika na podstawie pomiarów amplitud i faz drgań rejestrowanych na podporach łożyskowych.
3. Ocena stanu technicznego łożysk tocznych metodami ultradźwiękowymi (Amprobe, Ultraprobe) oraz metodą SPM.
4. Diagnozowanie przekładni zębatej. Identyfikacja częstotliwości charakterystycznych w widmie drgań. Określenie zakresów częstotliwości i dobór pasm pomiarowych do identyfikacji stanu technicznego wałów, kół zębatych.
5. Diagnozowanie przekładni pasowej. Identyfikacja składowych w widmie drgań związanych z niewyważeniem kół pasowych, wirnika silnika i uszkodzeniem pasa klinowego. Synteza składowych widma i tworzenie widma okresowości jako podstawa ocena wibroaktywności podzespołów przekładni pasowej.
6. Wyznaczanie poziomu mocy akustycznej maszyn i urządzeń (metoda orientacyjna)
7. Badanie i ocena oddziaływań wibracyjnych urządzeń zmechanizowanych na operatorów (drgania o

charakterze miejscowym)

8. Ocena efektywności ekranów i obudów akustycznych maszyn i urządzeń.
9. Badanie i ocena zagrożenia hałasem emitowanym przez maszyny na stanowiskach pracy
10. Dobór i badanie skuteczności systemów i elementów wibroizolacji maszyn i urządzeń.

Ćwiczenia fakultatywne:

1. Ocena niewyważenia silnika elektrycznego na podstawie analizy widmowej drgań (wybór wielkości pomiarowej, punktu i kierunku pomiaru drgań, określenie związków pomiędzy niewyważeniem a wartością składowej obrotowej dla różnych konfiguracji pomiaru drgań)
2. Badanie łożysk tocznych. Identyfikacja faz degradacji łożysk tocznych na podstawie pomiarów i analizy widmowej drgań i hałasu emitowanego przez łożysko.
3. Badania i ocena wpływu drgań parasejsmicznych na maszyny i urządzenia.
4. Badanie i ocena oddziaływań drgań pojazdów na kierowców i pasażerów - badania porównawcze komfortu jazdy (samochód, tramwaj, autobus)
5. Ocena wpływu drgań maszyn i urządzeń na budynku i elementy infrastruktury technicznej.

## Metody dydaktyczne

Wykład - prezentacje multimedialne. Treści wykładów udostępniane są w postaci elektronicznej przed rozpoczęciem zajęć, co umożliwia komfortowy i aktywny udział w wykładach.

Laboratoria: eksperymenty wykonywane są na specjalizowanych stanowiskach dydaktycznych wyposażonych w dedykowane układy pomiarowe i analizujące. Przedmiot jest kompleksowo wspomagany na platformie e-learningowej eKURSY. Dostępne są: materiały wykładowe, multimedia, webinaria (off-line), materiały źródłowe (czasopisma, wybrane publikacje, noty techniczne), instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych, szablony sprawozdań, przykładowe sprawozdania. Możliwe jest również zdalne wykonywanie ćwiczeń na podstawie przygotowanych foto i wideo tutoriali i indywidualnych zestawów danych. Dostępne są również: testy, zestawy zagadnień zaliczeniowych, kryteria oceniania sprawozdań.

## Literatura

Podstawowa:

1. Inżynieria Diagnostyki Maszyn. Praca zbiorowa red. B. Żółtowski i C. Cempel, PTDT ITE PIB Radom, 2004.
2. Handbook of condition monitoring, Edited by B.K.N. Rao, Elsevier Science Ltd. 1996.
3. Diagnostyka Maszyn, Zasady ogólne przykłady zastosowań, Praca pod redakcją C. Cempla i F. Tomaszewskiego, Wydawnictwo MCNEMT Radom, 1992.
4. Engel Z., Piechowicz J., Stryczniewicz L.; Podstawy wibroakustyki przemysłowej, AGH, Kraków 2003, ISBN 83-916516-9-X
5. Engel Z., Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem, PWN, 2001.
6. Barczewski R., Laboratorium diagnostyki systemów - instrukcje do ćwiczeń (edycja elektroniczna eKursy)

Uzupełniająca:

1. Cempel C., Diagnostyka Wibroakustyczna Maszyn, PWN Warszawa 1989.
2. Morel J., Drgania Maszyn i diagnostyka ich stanu technicznego (tłum.) PTDT, 1992.
3. Dwojak J. Rzepiela M., Diagnostyka drganiowa stanu maszyn i urządzeń, Biuro Gamma, Warszawa 2005.
4. Cempel C., Wibroakustyka stosowana, PWN Warszawa 1989.
5. Ciesielski R., Kwiecień A, Stypuła K., Propagacja drgań w warstwach przypowierzchniowych podłoża gruntowego, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej 1999.
6. Barczewski R., Pomiar i Badania WA - zbiór zadań - wersja elektroniczna (eKursy).
7. Materiały uzupełniające zawarte na portalu laboratorium na platformie eKursy.
8. Wybrane normy PN-ISO, procedury badawczo-pomiarowe, czasopisma: Diagnostyka, Główny Mechanik, Utrzymanie Ruchu, Maintenance and Reliability.

## Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	75	3,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	47	2,00
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwiiw/egzaminu, wykonanie projektu)	28	1,00