

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć:	Diagnostyka i niezawodność				
Rok akademicki:	2019/2020	Kod:	RMBM-2-211-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:	—				
Prowadzący moduł:	dr hab. inż. Pilch Robert (pilch@agh.edu.pl)				

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

Moduł dotyczy zagadnień diagnostyki technicznej maszyn, jej metod i zastosowań oraz kształtowania i oceny niezawodności obiektów i złożonych układów technicznych z uwzględnieniem analiz przykładów praktycznych.

### 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 ma wiedzę z zakresu metod oceny niezawodności w eksploatacji urządzeń mechanicznych. Zna podstawowe zagadnienia z zakresu optymalizacji procesów eksploatacji oraz rozumie i zna zasady z zakresu analizy bezpieczeństwa i jakości.	MBM2A_W16, MBM2A_W15	Kolokwium
M_W002	Student nabywa wiedzę z zakresu zastosowania metod matematycznych w rozwiązywaniu problemów inżynierskich.	MBM2A_W05, MBM2A_W03	Kolokwium
Umiejętności: potrafi			

M_U001	Student posiada umiejętności budowy modeli niezawodnościowych i doboru metod rozwiązywania problemów z zakresu inżynierii niezawodności.	MBM2A_U13, MBM2A_U01, MBM2A_U12	Kolokwium
M_U002	Student potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty w tym symulacje komputerowe, interpretować uzyskane wyniki i oceniać ich przydatność w działalności inżynierskiej.	MBM2A_U17, MBM2A_U10, MBM2A_U20	Kolokwium
M_U003	Student posiada umiejętności wykorzystania technik i narzędzi w ocenie i kształtowaniu niezawodności złożonych układów technicznych.	MBM2A_U19, MBM2A_U02, MBM2A_U05, MBM2A_U10	Kolokwium
M_U004	Student potrafi formułować złożone problemy inżynierskie w tym również zagadnienia nietypowe. Umie oceniać efektywność wprowadzanych zmian i posiada umiejętności korzystania z narzędzi informatycznych.	MBM2A_U25, MBM2A_U21, MBM2A_U23	Kolokwium
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	Student posiada świadomość ciągłego dokształcania się i ciągłego podnoszenia kompetencji, potrafi myśleć (interioryzować) w zakresie twórczej działalności w obszarze eksploatacji maszyn.	MBM2A_K01, MBM2A_K02	Kolokwium, Udział w dyskusji

### 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	14	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 ma wiedzę z zakresu metod oceny niezawodności w eksploatacji urządzeń mechanicznych. Zna podstawowe zagadnienia z zakresu optymalizacji procesów eksploatacji oraz rozumie i zna zasady z zakresu analizy bezpieczeństwa i jakości.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Student nabywa wiedzę z zakresu zastosowania metod matematycznych w rozwiązywaniu problemów inżynierskich.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Student posiada umiejętności budowy modeli niezawodnościowych i doboru metod rozwiązywania problemów z zakresu inżynierii niezawodności.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Student potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty w tym symulacje komputerowe, interpretować uzyskane wyniki i oceniać ich przydatność w działalności inżynierskiej.	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	Student posiada umiejętności wykorzystania technik i narzędzi w ocenie i kształtowaniu niezawodności złożonych układów technicznych.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U004	Student potrafi formułować złożone problemy inżynierskie w tym również zagadnienia nietypowe. Umie oceniać efektywność wprowadzanych zmian i posiada umiejętności korzystania z narzędzi informatycznych.	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	Student posiada świadomość ciągłego dokształcania się i ciągłego podnoszenia kompetencji, potrafi myśleć (interioryzować) w zakresie twórczej działalności w obszarze eksploatacji maszyn.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	56 godz
Przygotowanie do zajęć	20 godz
przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	20 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	20 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	118 godz
Punkty ECTS za moduł	4 ECTS

## Pozostałe informacje

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

#### Wykład

##### Diagnostyka i niezawodność - wykłady

#### I. DIAGNOSTYKA (16 godz.):

1. Miejsce i rola diagnostyki technicznej w procesach eksploatacji.
2. Rola i zadania diagnostyki w procesach: konstruowania, w procesach wytwórczych oraz eksploatacyjnych maszyn, urządzeń technicznych oraz konstrukcji.
3. Budowa, organizacja oraz miejsce działów diagnostyki w przedsiębiorstwie.
4. Przegląd metody i rozwiązań diagnostycznych badania maszyn, urządzeń i konstrukcji.
5. Modelowanie diagnostyczne dla potrzeb rozpoznania zmiany stanu badanego obiektu
6. Analiza sygnałów diagnostycznych: metody analizy czasowej i częstotliwościowej, symptomy diagnostyczne punktowe i funkcyjny.
7. Analiza niestacjonarnych sygnałów diagnostycznych.
8. Zadania filtracji i predykcji w systemach diagnostycznych.
9. Przegląd systemów monitorujących zmiany stanu maszyn i urządzeń.
10. Metody pozyskiwania relacji diagnostycznych.
11. Zdalna diagnostyka maszyn i urządzeń - rozproszone systemy diagnostyczne.
12. Bazy danych w systemach monitorujących stan maszyn.
- 13-15. Przegląd rozwiązań systemów diagnostycznych w przemyśle oraz w transporcie.

#### II. NIEZAWODNOŚĆ (12 godz.):

1. Wykorzystanie narzędzi teorii niezawodności w budowie i eksploatacji obiektów technicznych.
2. Kształtowanie niezawodności i trwałości w projektowaniu obiektów i procesów. Kierowanie eksploatacją złożonych odnawialnych obiektów technicznych.
3. Wykorzystanie metod symulacyjnych w inżynierii niezawodności. Ocena i kształtowanie niezawodności układów sieciowych z odnawialnymi elementami.
4. Ocena poziomów nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) wg współczesnych norm.
5. Systemy informacyjne wspomagające kierowanie eksploatacją obiektów

technicznych.

6. Statystyczna ocena ryzyka związanego z eksploatacją obiektów technicznych.

### **Ćwiczenia audytoryjne**

Diagnostyka i niezawodność - ćwiczenia audytoryjne

1. Wprowadzenie. Projektowanie układów technicznych z uwzględnieniem wymagań dotyczących ich niezawodności.

2. Projektowanie układów technicznych z uwzględnieniem wymagań dotyczących ich niezawodności.

3. Zastosowanie procesów Markowa w inżynierii niezawodności.

4. Ocena skutków ekonomicznych awarii złożonych, odnawialnych obiektów technicznych.

5. Wybrane dokumenty normalizacyjne w inżynierii niezawodności. Sprawdzian wiadomości.

6, 7. Praktyczne zastosowanie wybranych metod symulacyjnych do oceny niezawodności złożonych, odnawialnych obiektów technicznych.

8, 9. Praktyczne zastosowanie wybranych metod symulacyjnych do oceny niezawodności złożonych, odnawialnych obiektów technicznych.

10, 11. Wyznaczanie poziomów nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) dla wybranych przykładów układów związanych z bezpieczeństwem.

12. Sprawdzian wiadomości.

13. Probabilistyczna ocena procesów degradacji wybranych części maszyn.

14. Pisemne zaliczenie przedmiotu.

### **Ćwiczenia laboratoryjne**

Diagnostyka i niezawodność - ćwiczenia laboratoryjne

1. Wzorcowanie przetworników pomiarowych.

2. Diagnozowanie maszyn i urządzeń przy wykorzystaniu sygnałów akustycznych.

3. Wyrównoważanie maszyn wirnikowych.

4. Centrowanie wałów.

5. Diagnozowanie łożysk tocznych w oparciu o analizę sygnałów wibroakustycznych.

6. Diagnozowanie przekładni zębatych walcowych i planetarnych.

7. Metody diagnozowania łożysk ślizgowych.

### **Metody i techniki kształcenia:**

Wykład: Treści prezentowane na wykładzie są przekazywane w formie prezentacji multimedialnej w połączeniu z klasycznym wykładem tablicowym wzbogaconymi o pokazy 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 przeprowadzają badania i rozwiązują zadany problem praktyczny, dobierając odpowiednie narzędzia. 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:**

Zaliczenie z ćwiczeń laboratoryjnych jest średnią z ocen otrzymanych ze sprawozdań wykonywanych w trakcie realizacji ćwiczeń laboratoryjnych i z kolokwium zaliczeniowego. Wymagane jest pozytywne zaliczenie wszystkich ćwiczeń laboratoryjnych. Do zaliczenia kolokwium przysługuje jeden termin poprawkowy. W zaliczeniu końcowym ćwiczeń laboratoryjnych uwzględniana jest negatywna ocena z wcześniejszego terminu.

Do zaliczenia ćwiczeń audytoryjnych wymagane są obecności na ćwiczeniach (student może mieć nie więcej niż 2 godz. nieobecności a przekroczenie tej liczby jest podstawą do nieuzyskania zaliczenia). Uzyskanie zaliczenia ćwiczeń w pierwszym terminie (po spełnieniu warunku obecności) wymaga zgromadzenia przynajmniej połowy z łącznej sumy punktów z pisemnych sprawdzianów i pierwszego zaliczenia. Uzyskanie zaliczenia w terminie poprawkowym wymaga zgromadzenia przynajmniej połowy punktów z tego terminu. Zaliczenie poprawkowe drugie jest możliwe tylko dla studentów którzy mają przynajmniej 80% obecności na wykładach z części NIEZAWODNOŚĆ i uzyskanie zaliczenia w tym terminie wymaga zgromadzenia przynajmniej połowy punktów z tego terminu.

### **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**

Ocena końcowa jest średnią arytmetyczną z pozytywnych ocen z zaliczenia ćwiczeń audytoryjnych i laboratoryjnych.

W przypadku uzyskania zaliczenia ćwiczeń w terminach poprawkowych w ocenie końcowej uwzględniane są negatywne oceny z wcześniejszych terminów (obniżają ocenę końcową o 0,5 stopnia) przy czym ocena końcowa nie jest wtedy obniżana poniżej 3,0.

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

Ewentualne nieobecności mogą być odrobione z inną grupą realizującą dane ćwiczenie audytoryjne lub laboratoryjne pod warunkiem, że prowadzący ćwiczenie wyrazi na to zgodę i będzie wystarczająca liczba miejsc dla uczestników zajęć.

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

Przygotowanie z zakresu rachunku prawdopodobieństwa, statystyki matematycznej, badań eksploatacyjnych oraz podstaw konstrukcji, niezawodności i eksploatacji maszyn.

Ogólna wiedza z zakresu: budowy i eksploatacji maszyn, pomiarów wibroakustycznych i metod przetwarzania danych.

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

NIEZAWODNOŚĆ:

1. Birolini A.: Reliability Engineering. Theory and Practice. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hong Kong, Milan, Paris, Singapore, Tokyo 1999.
2. Gnedenko B., Ushakov I.: Probabilistic reliability engineering. John Wiley & Sons Inc., New York 1995.
3. Ireson, W. G., Coombs, C. F., Moss, R. Y. (red.): Handbook of Reliability Engineering and Management. McGraw-Hill, 1996.
4. Karpiński J., Firkowicz Sz.: Zasady profilaktyki obiektów technicznych. Państwowe Wydawnictwo

Naukowe. Warszawa, 1981.

5. Moss T. R.: The Reliability Data Handbook. Professional Engineering Publishing Limited. London and Bury St Edmunds, 2005.

6. Praca zbiorowa pod red. Migdalskiego J.: Inżynieria niezawodności. Poradnik. Wydawnictwo ZETOM, Warszawa 1992.

7. Praca zbiorowa pod red. Migdalskiego J.: Poradnik niezawodności: Podstawy matematyczne. Wydawnictwa Przemysłu Maszynowego „WEMA”. Warszawa, 1982.

8. Sztarski M.: Niezawodność i eksploatacja urządzeń elektronicznych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa, 1972.

9. Tobias P. A., Trinidade D. C.: Applied reliability. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York 2012.

10. Ushakov I.: Reliability engineering. John Wiley & Sons, Inc., New York 1994.

11. PN-EN 61508:2010: Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych/elektronicznych/programowalnych elektronicznych systemów związanych z bezpieczeństwem.

#### DIAGNOSTYKA:

1. Wojciech BATKO, Zbigniew Dąbrowski, Jan Kiciński: Zjawiska nieliniowe w diagnostyce wibroakustycznej. Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom, 2008.

2. Żółtowski B.: Podstawy diagnostyki maszyn. Bydgoszcz, Wyd. ATR, 1996

3. Zieliński T.: Od teorii do cyfrowego przetwarzania sygnałów. Kraków 2002.

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

1. Młynarski S., Pilch R., Smolnik M., Szybka J.: Methodology of network systems reliability assessment on the example of urban transport. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability 2018; 20 (2): 278–283.

2. Pilch R.: Reliability evaluation of networks with imperfect and repairable links and nodes. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability 2017; 19 (1): 19–25.

3. Pilch R.: Extending the Possibilities of Quantitative Determination of SIL – a Procedure Based on IEC 61508 and the Markov Model with Common Cause Failures. Quality and Reliability Engineering International 2017; 33: 337–346.

4. Wiązania G., Smolnik M., Pilch R.: An estimation of koon systems availability using a simulation method — Prognozowanie gotowości układów typu kzn metodą symulacyjną. Journal of Machine Construction and Maintenance – Problemy Eksploatacji 2017; 4: 91–97.

5. Młynarski S., Pilch R., Smolnik M., Szybka J., Wiązania G.: Formation of „koon” systems reliability estimated with analytical and simulation calculation methods — Zapewnienie wymaganej niezawodności układu typu „kzn” szacowanej analitycznymi i symulacyjnymi metodami obliczeniowymi. Journal of KONBiN 2017; 42: 255–272.

6. Pilch R.: Impact of testing of elements in safety related systems on the safety integrity level (SIL) – Wpływ testowania elementów w układach związanych z bezpieczeństwem na poziom nienaruszalności bezpieczeństwa. Problemy Eksploatacji – Maintenance Problems 2016; 3: 101–114.

7. Pilch R.: A method for obtaining the required system reliability level by applying preventive maintenance. Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International 2015; 7: 615–624.

8. Młynarski S., Pilch R., Smolnik M., Szkoda M., Szybka J.: Ocena poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa (SIL) wg normy EN 61508 oraz z zastosowaniem procesów Markowa – Evaluation of the safety integrity level (SIL) due to the guidelines of EN 61508 and with the use of Markov processes. Journal of KONBiN 2015; 3: 73–84.

9. Cioch W.: Metody synchronizowane cyklem pracy w diagnostyce maszyn wirnikowych pracujących w zmiennych warunkach. Zagadnienia budowy i eksploatacji wentylatorów, red. t. Marian Banaś — Kraków: Katedra Systemów Energetycznych i Urządzeń Ochrony Środowiska. Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH 2016; s. 87–107.

10. Cioch W.: Vibration analysis in diagnosing turbine engines working in non-stationary states. Vibroengineering Procedia 2015; 6: 190–193.

11. Cioch W., Knapik O., Leśkow J.: Finding a frequency signature for a cyclostationary signal with applications to wheel bearing diagnostics. Mechanical Systems and Signal Processing 2013; 38 nr 1: 55–64.

12. Pawlik P., Dąbrowski D., Batko W., Cioch W.: Nowe metody w monitoringu stanu technicznego przekładni stożkowo-planetarnych na przykładzie KPB214-190P. Elbląskie przekładnie zębate: teoria i praktyka. Wydawnictwo PWSZ 2013; s. 7–14.

13. Jamro E., Wielgowa M., Bieniasz S., Cioch W.: FPGA – ARM heterogeneous system for high speed signal analysis. Solid State Phenomena 2012; 180: 207–213.

## **Informacje dodatkowe**

Brak