

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć:	Silniki spalinowe				
Rok akademicki:	2019/2020	Kod:	RMBM-2-321-SM-s	Punkty ECTS:	2
Wydział:	Inżynierii Mechanicznej i Robotyki				
Kierunek:	Mechanika i Budowa Maszyn	Specjalność:	Inżynieria Zrównoważonych Systemów Energetycznych		
Poziom studiów:	Studia II stopnia	Forma studiów:	Stacjonarne		
Język wykładowy:	Polski	Profil:	Ogólnoakademicki (A)	Semestr:	3
Strona www:	—				
Prowadzący moduł:	dr inż. Pytko Paweł (pawel.pytko@wp.pl)				

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Zapoznanie studentów z teorią silników spalinowych, zasadami ich konstruowania, budową i działaniem. Nabycie umiejętności przeprowadzania obliczeń parametrów procesu roboczego, parametrów kinematycznych, dynamicznych oraz wskaźników eksploatacyjnych i ekologicznych.

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 dysponuje wiedzą w zakresie ogólnej budowy silników spalinowych tłokowych, ich podziału wg: rodzaju zapłonu, sposobu tworzenia mieszanki, rodzaju paliwa, sposobu pracy, układu cylindrów i tłoków, a w szczególności zna: • cykle pracy silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym i z zapłonem iskrowym • budowę tłokowych silników spalinowych (układy korbowe, rozrządu, kadłuby, głowice, układy chłodzenia, układy smarowania, układy oczyszczania spalin i tłumienia hałasu wylotu spalin) • wpływ czynników konstrukcyjnych i eksploatacyjnych na pracę silnika o ZS i ZI • doładowanie silników o ZS i ZI • wskaźniki pracy silników samochodowych • charakterystyki eksploatacyjne • właściwości dynamiczne silników • tendencje w zakresie rozwoju konstrukcji silników spalinowych • zasilania silników samochodowych paliwami alternatywnymi	MBM2A_W17	Projekt
M_W002	Student zdobył wiedzę dotyczącą: • oceny cykli pracy silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym i iskrowym (w tym czterosuwowych i dwusuwowych) • budowy tłokowych silników spalinowych • wpływu czynników konstrukcyjnych i eksploatacyjnych na pracę silnika o ZS i ZI w tym efektów doładowania	MBM2A_W17	Projekt
Umiejętności: potrafi			
M_U001	Student potrafi rozwiązywać podstawowe zadania dotyczące: • oceny cyklu pracy silnika spalinowego o ZI i ZS (w tym czterosuwowego i dwusuwowego) • budowy silników tłokowych spalinowych • wpływu czynników konstrukcyjnych i eksploatacyjnych na pracę silnika o ZS i ZI • bezpiecznej pracy silników o ZS i ZI zasilanych paliwem konwencjonalnym (ropopochodnym) i alternatywnym podczas badań hamownianych	MBM2A_U27, MBM2A_U21, MBM2A_U22	Wykonanie projektu
M_U002	Student potrafi posługiwać się sprzętem laboratoryjnym będącym na wyposażeniu hamowni silnikowej i wykorzystać do pomiaru parametrów roboczych silnika	MBM2A_U26	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	Student wie jak konstruktywnie należy współpracować w zespole rozwiązującym problemy dotyczące pomiarów silnikowych (sporządzać charakterystyki)	MBM2A_K07, MBM2A_K06	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych

M_K002	Student angażuje się w dyskusję w grupie, jak również z prowadzącym i potrafi dobrze sformułować swoje argumenty	MBM2A_K07, MBM2A_K08, MBM2A_K06	Zaangażowanie w pracę zespołu
--------	--	---------------------------------------	-------------------------------

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
28	14	14	0	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 dysponuje wiedzą w zakresie ogólnej budowy silników spalinowych tłokowych, ich podziału wg: rodzaju zapłonu, sposobu tworzenia mieszanki, rodzaju paliwa, sposobu pracy, układu cylindrów i tłoków, a w szczególności zna: • cykle pracy silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym i z zapłonem iskrowym • budowę tłokowych silników spalinowych (układy korbowe, rozrządu, kadłuby, głowice, układy chłodzenia, układy smarowania, układy oczyszczania spalin i tłumienia hałasu wylotu spalin) • wpływ czynników konstrukcyjnych i eksploatacyjnych na pracę silnika o ZS i ZI • doładowanie silników o ZS i ZI • wskaźniki pracy silników samochodowych • charakterystyki eksploatacyjne • właściwości dynamiczne silników • tendencje w zakresie rozwoju konstrukcji silników spalinowych • zasilania silników samochodowych paliwami alternatywnymi	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

M_W002	Student zdobył wiedzę dotyczącą: <ul style="list-style-type: none"> • oceny cykli pracy silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym i iskrowym (w tym czterosurowych i dwusurowych) • budowy tłokowych silników spalinowych • wpływu czynników konstrukcyjnych i eksploatacyjnych na pracę silnika o ZS i ZI w tym efektów doładowania 	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Student potrafi rozwiązywać podstawowe zadania dotyczące: <ul style="list-style-type: none"> • oceny cyklu pracy silnika spalinowego o ZI i ZS (w tym czterosurowego i dwusurowego) • budowy silników tłokowych spalinowych • wpływu czynników konstrukcyjnych i eksploatacyjnych na pracę silnika o ZS i ZI • bezpiecznej pracy silników o ZS i ZI zasilanych paliwem konwencjonalnym (ropopochodnym) i alternatywnym podczas badań hamownianych 	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Student potrafi posługiwać się sprzętem laboratoryjnym będącym na wyposażeniu hamowni silnikowej i wykorzystać do pomiaru parametrów roboczych silnika	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	Student wie jak konstruktywnie należy współpracować w zespole rozwiązującym problemy dotyczące pomiarów silnikowych (sporządzać charakterystyki)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_K002	Student angażuje się w dyskusję w grupie, jak również z prowadzącym i potrafi dobrze sformułować swoje argumenty	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	28 godz
Przygotowanie do zajęć	14 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	12 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	2 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	58 godz
Punkty ECTS za moduł	2 ECTS

Pozostałe informacje**Szczegółowe treści kształcenia w ramach poszczególnych form zajęć (szczegółowy program wykładów i pozostałych zajęć)****Wykład**

Wiadomości ogólne. Omówienie literatury do przedmiotu. Historia silników spalinowych. Podział silników cieplnych, zastosowanie, osiągi, charakterystyczne parametry, dwu- i czterosuwowy cykl pracy, zapłon iskrowy i samoczynny. Podstawowe wielkości i oznaczenia.

Podstawy termodynamiczne. Pierwsza zasada termodynamiki w odniesieniu do czynnika znajdującego się w cylindrze. Składniki równania bilansowego energii i ich wyznaczanie. Obliczenia stechiometryczne procesu spalania. Tworzenie mieszaniny paliwowo- powietrznej.

Obiegi cieplne silników spalinowych. Założenia obiegów teoretycznych. Obiegi teoretyczne: Carnota, Otto, Diesla, Seiligera. Obiegi teoretyczne, porównawcze i rzeczywiste. Porównanie sprawności teoretycznych. Bilans ciepły silnika.

Rzeczywisty wykres indykatorowy i podstawowe wskaźniki silników. Wykresy indykatorowe otwarte i zamknięte, silników dwu- i czterosuwowych. Parametry indykowane. Sprawności silnika. Wskaźniki porównawcze. Kształtowanie charakterystyki napełnienia .

Podstawy procesu spalania. Spalanie mieszanki homogenicznej w silniku o ZI. Spalanie kinetyczne i dyfuzyjne w silnikach o ZS. Spalanie jako zespół reakcji łańcuchowych. Rodzaje komór spalania. Regulacja ilościowa mocy w silniku o ZI i jakościowa w silniku o ZS. Zapłon i przebieg wywiązywania ciepła.

Mechanika układu korbowego. Kinematyka układu korbowo-tłokowego silnika. Siły gazowe i bezwładności. Rozkład sił w układzie korbowo-tłokowym. Wyrównoważanie silników.

Wymiana ładunku i rozrząd. Kołowy wykres faz rozrządu silnika dwu- i czterosuwowego. Podstawy teorii akustycznej. Obliczenia przepływów przez zawory. Rodzaje konstrukcyjne zaworów i krzywek rozrządu. Kinematyka układu rozrządu.

Paliwa i układy zasilania. Zasilanie gaźnikowe, zasilanie wtryskowe benzyną, zasilanie wtryskowe olejem napędowym. Układy zasilania gazowego LPG, CNG, LNG. Podstawowe właściwości paliw silnikowych. Liczba oktanowa i cetanowa.

Emisja spalin. Skład spalin przy spalaniu z nadmiarem i niedomiarem powietrza. Składniki toksyczne spalin i ich powstawanie. Metody pomiarowe emisji spalin. Ograniczanie emisji składników toksycznych, normy.

Układy chłodzenia. Klasyfikacja układów chłodzenia. Chłodzenie pośrednie i bezpośrednie. Niedogrzanie i przegrzanie silnika. Współczesne układy chłodzenia.

Układy smarowania. Tarcie w silniku. Straty mechaniczne. Podział systemów olejenia. Współczesne układy smarowania.

Układy zapłonowe, dolotowe i wylotowe. Klasyfikacja układów. Główne elementy struktury. Współczesne rozwiązania układów zapłonowych, dolotowych i wylotowych.

Doładowanie silników. Podział systemów i parametry doładowania. Doładowanie mechaniczne, turbodoładowanie, doładowanie dwustopniowe, system Comprex, system stałego ciśnienia, system pulsacyjny, doładowanie kombinowane. Chłodzenie powietrza doładującego.

Charakterystyki silników spalinowych. Charakterystyki prędkościowe, obciążeniowe, regulacyjne, regulatorowe, ogólne, porównawcze. Wskaźniki elastyczności silników spalinowych. Podstawy projektowania silników. Obliczanie wymiarów głównych. Materiały konstrukcyjne stosowane w silnikach spalinowych.

Ćwiczenia audytoryjne

Zajęcia wprowadzające. Omówienie przebiegu ćwiczeń audytoryjnych. Pojęcia podstawowe.

Bilans cieplny silnika.

Analiza charakterystyk silnika oraz ich wpływu na warunki eksploatacyjne silnika.

Obliczanie parametrów czynnika roboczego w układzie dolotowym. Ciśnienie i temperatura w układzie dolotowym, podgrzanie czynnika roboczego. Współczynnik napełnienia cylindra.

Obliczanie zapotrzebowania powietrza do spalania i składu spalin. Zapotrzebowanie masowe i objętościowe powietrza do spalania. Skład spalin.

Obiegi teoretyczne i porównawcze silników spalinowych. Obieg Otto, Diesla i Sabathe.

Ciepło i praca obiegów teoretycznych. Obliczenia przyrostu ciśnienia i objętości w procesie doprowadzania ciepła do obiegu. Obliczanie pracy obiegu teoretycznego. Porównanie obiegu teoretycznego i rzeczywistego. Średnie teoretyczne ciśnienie indykowane.

Wskaźniki porównawcze silnika. Obliczanie sprawności teoretycznej, cieplnej i indykowanej silnika na podstawie obiegu porównawczego. Jednostkowe zużycie paliwa, moc i moment jednostkowy.

Kinematyka i dynamika układu korbowego silnika spalinowego. Obliczanie położenia, prędkości i przyspieszenia tłoka w funkcji kąta obrotu wału korbowego. Obliczanie

rozkładu sił działających w układzie korbowym silnika.

Obliczenia układu rozrządu silnika czterosuwowego. Obliczenia geometryczne kanałów dolotowych i wylotowych. Obliczenia geometryczne przepływu przez zawory. Równanie ciągłości strugi. Obliczenia geometryczne krzywek wału rozrządu.

Obliczanie wymiarów głównych silników – część I.

Obliczanie wymiarów głównych silników – część II.

Kolokwium zaliczeniowe.

Podsumowanie zajęć. Wystawienie ocen końcowych.

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.

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

Ocena zaliczenia OZ = ocena z kolokwium końcowego

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.

Sposób obliczania oceny końcowej

Ocena końcowa OK=OZ

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

Indywidualne zadania z zakresu materiału omawianego podczas nieobecności studenta.

Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności modułów

Podstawowy kurs termodynamiki oraz wymiany ciepła.

Zalecana literatura i pomoce naukowe

Wajand Jan A., Wajand Jan T.: Tłokowe silniki spalinowe, średnio- i szybkoobrotowe. WNT,

Warszawa 2005

Luft S.: Podstawy budowy silników. WKiŁ, Warszawa 2003

Rychter T., Teodorczyk A.: Teoria silników tłokowych. WKiŁ, Warszawa 2006

Kneba Z., Makowski S.: Zasilanie i sterowanie silników. WKiŁ, Warszawa 2004

Kozaczewski W.: Konstrukcja grupy tłokowo-cylindrowej silników spalinowych. WKiŁ Warszawa 2004

Rokosch U.: Układy oczyszczania spalin i pokładowe systemy diagnostyczne samochodów. WKiŁ, Warszawa 2007

Jędrzejowski J.: Mechanika układów korbowych silników samochodowych. WKiŁ, Warszawa 1986

Mysłowski J.: Doładowanie silników. WKiŁ, Warszawa 2002

Majerczyk A., Taubert S.: Układy zasilania gazem propan-butan. WKiŁ, Warszawa 2003

Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu

<http://patenty.bg.agh.edu.pl/pelneteksty/PL211513B1.pdf>

Informacje dodatkowe

Brak