

ZESPÓŁ SZKÓŁ TECHNICZNYCH  
Im. Eugeniusza Kwiatkowskiego w Rzeszowie  
35-084 Rzeszów , ul. A. Matuszczaka 7

# SPECJALIZACJA – BUDOWA SILNIKÓW SPALINOWYCH Z MECHATRONIKĄ

Program autorski

*Wykonali:*

*Budowa silników spalinowych – Marek Urbanik*

*Mechatronika – Leszek Niedbała*

## Wstęp

Termin „mechatronika” funkcjonuje w środowisku technicznym jako określenie ogółu zagadnień związanych z elektronicznym sterowaniem urządzeń mechanicznych.

W pierwszej połowie XIX wieku podejmowano wiele prób zbudowania tłokowego silnika spalinowego, początkowo wykorzystując gaz świetlny jako paliwo. Rozwiązania konstrukcyjne pierwszych silników spalinowych wzorowano zwykle na silnikach parowych gdzie siłę napędową uzyskiwano dzięki działaniu ciśnienia atmosferycznego na tłok, a spalanie paliwa służyło jedynie wytworzeniu podciśnienia z drugiej strony tłoka. Wstępny okres rozwoju koncepcji silników spalinowych zamyka wynalezienie przez Francuza Jeana Lenoira w 1860 roku zasilanego gazem silnika podwójnego działania. Szybki rozwój konstrukcji silników spalinowych nastąpił od momentu gdy swoje silniki zbudowali Mikołaj Otto, Beau de Rocha i Rudolf Diesel. Od tamtej pory zasada działania silnika spalinowego jest taka sama. Zwiększają się ich tylko osiągi, a to dzięki coraz głębszemu poznaniu procesów zachodzących w silniku podczas spalania i możliwości sterowania nimi poprzez urządzenia elektroniczne. Sterowanie procesami silnika spalinowego pozwala nie tylko na poprawę jego osiągnięć ale również ograniczać emisję toksycznych związków zawartych w spalinach.

Od początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia w pojazdach samochodowych są stosowane silniki z elektronicznym systemem sterowania. Elektroniczne sterowanie silników jest obecnie powszechnie stosowane przez producentów samochodów. Sterowanie jak i sprawdzanie parametrów układów sterujących odbywa się z wykorzystaniem techniki elektronicznej. Zastosowanie elementów elektroniki zwiększ również bezpieczeństwo jak i komfort jazdy.

Dlatego też kształcenie mechanika o specjalności budowa silników spalinowych zostało wzbogacone w klasie IV o specjalizację „budowa silników spalinowych z mechatroniką”.

Specjalizacja została podzielona na dwa bloki tematyczne:

- budowa silników spalinowych – 160 godz.
- mechatronika – 80 godz.

#### BUDOWA SILNIKÓW SPALINOWYCH – ROZKŁAD TEMATÓW

1. Zajęcia organizacyjne - omówienie: zasad oceniania, programu nauczania oraz standardów egzaminacyjnych.
2. Wprowadzenie do specjalizacji.
3. Bezpieczeństwo czynne i bierne w pojazdach samochodowych.
4. Odmiany silników cieplnych. Silniki spalinowe tłokowe.
5. Zasada działania silnika dwu- i czterosuwowego.
6. Zasada działania silnika dwu- i czterosuwowego.
7. Zasada działania silnika Wankla.
8. Zasada działania silnika z obiegiem Millera
9. Podstawowe pojęcia i określenia.
10. Podstawowe pojęcia i określenia.
11. Obiegi termodynamiczne silników.
12. Obiegi termodynamiczne silników.
13. Obiegi rzeczywiste.
14. Obiegi rzeczywiste.
15. Obliczanie podstawowych parametrów silnika.
16. Obliczanie podstawowych parametrów silnika.
17. Obliczanie podstawowych parametrów silnika.
18. Paliwa silnikowe – benzyny.
19. Olej napędowy.
20. Paliwa gazowe.
21. Paliwa alternatywne.
22. Kąt wyprzedzenia zapłonu i wtrysku.
23. Tłoki.
24. Pierścienie tłokowe.
25. Sworznie tłokowe i korbowody.
26. Spalanie stukowe i zapłon żarowy.
27. Spalanie stukowe i zapłon żarowy.
28. Kadłuby silników spalinowych tłokowych.
29. Cylindry silników chłodzonych cieczą.
30. Cylindry silników chłodzonych powietrzem.
31. Głowice w silnikach tłokowych.
32. Miski olejowe w silnikach spalinowych.
33. Wały korbowe.
34. Drgania wałów korbowych. Nierównomierność biegu silnika.
35. Koło dwumasowe.
36. Kinematyka układu korbowego.
37. Kinematyka układu korbowego.
38. Siły działające na układ korbowy.
39. Siły działające na układ korbowy.
40. Powtórzenie i utrwalenie wiadomości.

41. Pisemny sprawdzian wiadomości.
42. Sposoby wyrównoważenia silników spalinowych tłokowych.
43. Obliczanie mocy silnika.
44. Obliczanie mocy silnika.

#### ZASILANIE SILNIKÓW O ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM

45. Wymagania ogólne i podział układów wtryskowych.
46. Komory spalania w silniku ZS.
47. Komory spalania w silniku ZS.
48. Rozpylanie paliwa w komorze spalania.
49. Przebieg spalania w silniku ZS.
50. Wpływ wielkości charakteryzujących wtrysk paliwa na parametry pracy silnika.
51. Układy wtryskowe z pompą o sterowaniu szczelinowym.
52. Układy wtryskowe z pompą o sterowaniu szczelinowym.
53. Rozdzielaczowe pompy wtryskowe.
54. Rozdzielaczowe pompy wtryskowe.
55. Elektronicznie sterowane pompy wtryskowe.
56. Elektronicznie sterowane pompy wtryskowe.
57. Zasobnikowe układy zasilania silników ZS.
58. Układy z pompowtryskiwaczami.
59. Pompowtryskiwacze sterowane mechanicznie.
60. Pompowtryskiwacze sterowane elektronicznie.
61. Układ Common Rail.
62. Układ Common Rail.
63. Recyrkulacja spalin.
64. Doładowanie silników ZS.
65. Doładowanie silników ZS.
66. Zajęcia na pracowni – demontaż i montaż silnika ZS.
67. Zajęcia na pracowni – demontaż i montaż silnika ZS.
68. Zajęcia na pracowni – demontaż i montaż silnika ZS.
69. Zajęcia na pracowni – demontaż i montaż silnika ZS.
70. Powtórzenie wiadomości.
71. Pisemny sprawdzian wiadomości.

#### ZASILANIE SILNIKÓW O ZAPŁONIE ISKROWYM

72. Podział i zadania stawiane układom zapłonowym.
73. Cewki zapłonowe.
74. Świece zapłonowe i przewody wysokiego napięcia.
75. Układy zapłonowe I generacji.
76. Układy zapłonowe II generacji.
77. Układy zapłonowe III generacji.
78. Układ tranzystorowy.
79. Układ tyrystorowy.
80. Zasilanie gaźnikowe.
81. Zasilanie gaźnikowe.
82. Wtrysk ciągły.
83. Wtrysk sekwencyjny. Wtrysk podwójnie sekwencyjny.
84. Jednopunktowy wtrysk paliwa.

85. Jednopunktowy wtrysk paliwa.
86. Wielopunktowy wtrysk paliwa.
87. Wielopunktowy wtrysk paliwa.
88. Wtrysk paliwa bezpośredni.
89. Wtrysk paliwa bezpośredni.
90. Wtryskiwacz w układzie wtrysku bezpośredniego.
91. Pompa wysokiego ciśnienia.
92. Pompa wysokiego ciśnienia.
93. Zawór regulacji wysokiego ciśnienia.
94. Czujnik wysokiego ciśnienia w zasobniku.
95. Recyrkulacja spalin.
96. Doładowanie silników ZI.
97. Doładowanie silników ZI.
98. Zajęcia na pracowni – demontaż i montaż silnika Zi.
99. Zajęcia na pracowni – demontaż i montaż silnika Zi.
100. Zajęcia na pracowni – demontaż i montaż silnika Zi.
101. Zajęcia na pracowni – demontaż i montaż silnika Zi.
102. Powtórzenie wiadomości.
103. Pisemny sprawdzian wiadomości.

#### UKŁADY ROZRZĄDU SILNIKÓW SPALINOWYCH TŁOKOWYCH

104. Zadania i ogólna budowa układu rozrządu.
105. Rodzaje układów rozrządu.
106. Wałki rozrządu.
107. Krzywki wałka rozrządu.
108. Zawory i sprężyny zaworowe.
109. Układy rozrządu silników ZI.
110. Układy rozrządu silników ZI
111. Układy rozrządu w silnikach ZS.
112. Układy rozrządu w silnikach ZS.
113. Zmienne fazy rozrządu.
114. Zmienne fazy rozrządu.
115. Układ Vtec.
116. Układ Vtec.
117. Dezmodromowy układ zaworów.
118. Tendencje rozwoju układów rozrządu.
119. Zajęcia na pracowni – demontaż i montaż układu rozrządu.
120. Zajęcia na pracowni – demontaż i montaż układu rozrządu.
121. Powtórzenie wiadomości.
122. Pisemny sprawdzian wiadomości.

#### UKŁADY CHŁODZENIA

123. Wprowadzenie do układów chłodzenia.
124. Układy chłodzenia silników spalinowych tłokowych.
125. Układ chłodzenia pośredniego.
126. Układ chłodzenia bezpośredniego.
127. Grawitacyjny układ chłodzenia.
128. Układ chłodzenia o wymuszonym obiegu cieczy.

129. Budowa i zasada działania pompy cieczy chłodzącej.
130. Budowa chłodnicy.
131. Płyny stosowane w układach chłodzenia.
132. Współczesne układy chłodzenia.
133. Zajęcia na pracowni – obsługa układu chłodzenia w tłokowym silniku spalinowym.
134. Zajęcia na pracowni – obsługa układu chłodzenia w tłokowym silniku spalinowym.
135. Pisemny sprawdzian wiadomości.

#### UKŁAD SMAROWANIA

136. Zadania i podział układów smarowania w tłokowym silniku spalinowym.
137. Rozbryzgowo i przelotowe olejenie silnika.
138. Ciśnieniowe olejenie silnika.
139. Ciśnieniowe olejenie silnika z suchą miską.
140. Pompy oleju.
141. Filtry i chłodnice oleju.
142. Rodzaje oleju do smarowania silników.
143. Zajęcia na pracowni – obsługa układu smarowania w tłokowym silniku spalinowym.
144. Zajęcia na pracowni – obsługa układu smarowania w tłokowym silniku spalinowym.
145. Powtórzenie wiadomości.
146. Pisemny sprawdzian wiadomości.

#### ZASILANIE SILNIKÓW SPALINOWYCH TŁOKOWYCH PALIWEM GAZOWYM

147. Zasilanie mieszaniną propanu i butanu.
148. Instalacja podciśnieniowa do silników gaźnikowych.
149. Instalacje wielopunktowego doprowadzenia odparowanego gazu pod ciśnieniem
150. Zasilanie gazem ziemnym.
151. Zasilanie gazem ziemnym.

#### SILNIKI LOTNICZE

152. Rodzaje silników stosowanych w samolotach.
153. Silniki tłokowe
154. Silniki turbośmigłowe
155. Silniki odrzutowe
156. Pojęcie ciągu w silnikach odrzutowych.
157. Utrwalenie wiadomości.
158. Utrwalenie wiadomości.
159. Utrwalenie wiadomości.
160. Pisemny sprawdzian wiadomości.

## **Cele kształcenia:**

W wyniku zorganizowanego procesu kształcenia uczeń musi znać:

- wpływ faz rozrządu na osiągi silnika,
- budowę i zasadę działania układów rozrządu o zmiennych fazach,
- rozwiązania układów rozrządu stosowane we współczesnych silnikach spalinowych.
- pojęcie kąta wyprzedzenia zapłonu,
- wpływ kąta wyprzedzenia zapłonu na przebieg spalania,
- rozwiązania elektronicznych układów zapłonowych,
- rozwiązania świec zapłonowych,
- sposoby tworzenia mieszanki palnej w silnikach o zapłonie iskrowym,
- budowę i zasadę działania układów zasilania stosowanych we współczesnych silnikach o zapłonie iskrowym,
- sposoby ograniczania toksycznych składników w spalinach,
- sposoby tworzenia mieszanki palnej w silnikach o zapłonie samoczynnym,
- budowę i zasadę działania układów zasilania stosowanych we współczesnych silnikach o zapłonie samoczynnym,
- sposoby ograniczania toksycznych składników w spalinach silników o zapłonie samoczynnym.
- znaczenie ochrony środowiska, w którym żyjemy,
- wpływ szkodliwych składników spalin na organizm człowieka i jego środowisko,
- paliwa gazowe (CNG, LPG).

## **Wymagania edukacyjne:**

### **1. Otrzymywanie ocen:**

Podstawą oceny są:

- Aktywność ucznia na lekcji,
- Sprawdziany wiedzy i umiejętności,
- Ustne odpowiedzi na lekcji,

➤ Prowadzenie zeszytu.

➤ Praca domowa

❖ **AKTYWNOŚĆ UCZNIĄ NA LEKCJI** – uczeń za aktywność na lekcji jest nagradzany plusami. Za każde trzy plusy uczeń otrzymuje ocenę bardzo dobrą.

❖ **OCENA ZE SPRAWDZIANU PISEMNEGO USTALANA JEST WEDŁUG TABELI:**

| OCENA ZE SPRAWDZIANU | PROCENT MAKSYMALNEJ LICZBY PUNKTÓW |
|----------------------|------------------------------------|
| Bardzo dobry         | 91 – 100                           |
| Dobry                | 76 – 90                            |
| Dostateczny          | 51 – 75                            |
| Dopuszczający        | 41 – 50                            |
| niedostateczny       | 0 – 40                             |

Uczniowie podczas każdego sprawdzianu są informowani o liczbie przyznawanych punktów za poszczególne polecenia oraz o liczbie punktów wymaganej do otrzymania określonej oceny.

❖ **USTNE ODPOWIEDZI NA LEKCJI** – uczeń jest oceniany z odpowiedzi z materiału obejmującego trzy ostatnie lekcje. Formą zastępczą odpowiedzi ustnej sprawdzenia wiadomości\* i umiejętności\*\* z wyżej wspomnianego zakresu materiału może być pisemny sprawdzian trwający ok. 15 minut.

Ocena za odpowiedź jest ustalana w następujący sposób:

| OCENA          | OPIS WYMAGAŃ   |
|----------------|--|
| niedostateczny | uczeń nie posiada podstawowych wiadomości i umiejętności z obowiązującego zakresu materiału  |
| dopuszczający  | uczeń posiada podstawowe wiadomości i umiejętności z obowiązującego materiału ale nie jest w stanie samodzielnie ich wykorzystać do rozwiązania problemu |
| dostateczny    | uczeń posiada podstawowe wiadomości z obowiązującego materiału, które wykorzystuje do rozwiązania problemu   |
| dobry          | Uczeń potrafi samodzielnie zastosować wiedzę i umiejętności do rozwiązania typowego dla zakresu materiału problemu                                       |
| bardzo dobry   | uczeń stosuje wiedzę i wykorzystuje umiejętności w sytuacjach problemowych z całego zakresu obowiązującego materiału                                     |
| celujący       | uczeń posiada wiedzę i umiejętności, które znacznie wykraczają ponad program nauczania   |

\* - Poprzez wiadomości posiadane przez ucznia rozumie się znajomość praw, definicji z danego zakresu materiału.

\*\* - Poprzez umiejętności posiadane przez ucznia rozumie się zastosowanie praw, definicji do rozwiązywania problemów (zadań) z danego zakresu materiału.

- ❖ **PROWADZENIE ZESZYTU** – ocenie podlega zarówno systematyczność prowadzenia zeszytu jak i staranność (czytelne pismo, starannie wykonywane rysunki itp.). Zeszyt może być poddany ocenie podczas odpowiedzi ustnej lub nauczyciel może zebrać zeszyty ( od całej klasy lub jej części ) i poddać je ocenie.
- ❖ **PRACA DOMOWA** – nauczyciel może sprawdzić wykonanie pracy domowej w zeszycie wybranym uczniom lub może poprosić ucznia o rozwiązanie pracy domowej na tablicy.

### SPOSÓB USTALANIA OCENY KOŃCOWEJ:

Ocena klasyfikacyjna za pierwszy semestr i ocena kwalifikacyjna za drugi semestr ustalana jest na podstawie ocen cząstkowych za pomocą tzw. średniej ważonej.

Średnia ocena ważona jest ustalana według wzoru:

$$\text{WARTOŚĆ ŚREDNIEJ WAŻONEJ} = 0,4 \cdot S + 0,3 \cdot U + 0,3 \cdot A + 0,1 \cdot Z + 0,1 \cdot P$$

gdzie:

S – średnia arytmetyczna ocena za sprawdziany wiedzy i umiejętności,

U – średnia arytmetyczna ocena za ustne odpowiedzi,

A – średnia arytmetyczna ocena za aktywność ucznia na lekcji,

Z – średnia arytmetyczna ocena za zeszyt.

P – średnia arytmetyczna ocena za zadania domowe

Wartości średniej ważonej odpowiadają następującym ocenom klasyfikacyjnym:

| WARTOŚĆ ŚREDNIEJ WAŻONEJ | OCENA          |
|--------------------------|----------------|
| poniżej 1,5              | niedostateczny |
| 1,5 - 2,49               | dopuszczający  |
| 2,5 – 3,49               | dostateczny    |
| 3,5 – 4,49               | dobry          |
| 4,5 – 5,49               | bardzo dobry   |
| 5,5 i wyżej              | celujący       |

## 2. Poprawa oceny.

Każdy uczeń, który z uzasadnionych powodów nie mógł uzyskać zadawalających dla siebie wyników ma możliwość poprawy oceny. Termin poprawy musi być uzgodniony z nauczycielem, który prowadzi zajęcia.

## 3. Zasady prowadzenia dokumentacji z zakresu przedmiotu:

Każdy uczeń ma obowiązek prowadzić zeszyt przedmiotowy, w którym są zawarte notatki z poszczególnych tematów realizowanych na lekcji oraz prace domowe. W przypadku nieobecności ucznia na lekcji ma On obowiązek uzupełnić zeszyt \*.

\* - dopuszcza się brak lekcji w zeszycie w przypadku gdy następną lekcją na której uczeń był nieobecny jest następnego dnia od daty nieobecności ucznia w szkole.

**Opracował:**

mgr inż. Marek Urbanik