

# Opis

Bogato ilustrowany poradnik eksploatacyjny poświęcony silnikom spalinowym pojazdów szynowych. Opisano w nim podstawy budowy i działania oraz praktyczne wskazówki dotyczące zasad utrzymania i obsługi najważniejszych zespołów i układów silników spalinowych współczesnych pojazdów szynowych użytkowanych w Polsce. W zwięzły i przystępny sposób przedstawiono podstawowe wiadomości z zakresu teorii silników wysokoprężnych, budowę tych silników, opis działania układów zasilania, smarowania, chłodzenia, sterowania, dolotowych i wylotowych. Podano także podstawowe wiadomości dotyczące diagnozowania oraz obsługi technicznej w warunkach eksploatacyjnych. Książkę wzbogacono o przegląd konstrukcji różnych rodzajów silników wysokoprężnych użytkowanych na sieci PKP.

Odbiorcy: kadra inżynieryjno-techniczna kolei (np. maszyniści, pracownicy obsługi), studenci wydziałów transportu i inżynierii lądowej wyższych uczelni technicznych, uczniowie techników o profilu kolejowym

## Spis treści

Wprowadzenie 9

Wykaz ważniejszych skrótów 13

### **1. Podstawy silników o zapłonie samoczynnym 15**

1.1. Zasada działania i klasyfikacja silników 15

1.2. Obiegi silników spalinowych 18

1.3. Wskaźniki pracy silnika 20

1.4. Bilans cieplny i sprawność ogólna silnika 23

### **2. Paliwa stosowane w silnikach o zapłonie samoczynnym 26**

2.1. Ogólne cechy oleju napędowego 26

2.2. Właściwości i podstawowe parametry normatywne oleju napędowego 26

2.3. Zanieczyszczenia oleju napędowego 30

2.4. Sprawdzanie jakości oleju napędowego 32

2.5. Odporność oleju napędowego na utlenianie 33

2.6. Wpływ osadów wewnętrznych na pracę wysokociśnieniowych układów wtryskowych 34

2.7. Magazynowanie olejów napędowych 35

### **3. Oleje silnikowe 39**

3.1. Wymagania i rola oleju silnikowego 39

3.2. Własności olejów silnikowych 40

3.3. Zanieczyszczenia oleju podczas eksploatacji 41

3.4. Klasyfikacje olejów 43

### **4. Tworzenie i spalanie mieszanki paliwowo-powietrznej 47**

4.1. Tworzenie mieszanki paliwowo-powietrznej 47

4.2. Proces spalania 52

4.3. Komory spalania 54

4.3.1. Komory niedzielone (o wtrysku bezpośrednim) 54

4.3.2. Komory dzielone (o wtrysku pośrednim) 57

4.3.3. Komory spalania współczesnych silników 58

### **5. Badania i podstawowe charakterystyki silników 60**

5.1. Podstawowe badania silników 60

|   |            |
|---|------------|
| 5.1.1. Stanowisko dynamometryczne   | 60         |
| 5.1.2. Opornik wodny  | 62         |
| 5.2. Podstawowe charakterystyki silników                                  | 63         |
| 5.2.1. Charakterystyki prędkościowe                                       | 64         |
| 5.2.2. Charakterystyka obciążeniowa                                       | 66         |
| 5.3. Warunki pracy silnika  | 68         |
| 5.3.1. Ustalone warunki pracy   | 68         |
| 5.3.2. Nieustalona warunki pracy  | 69         |
| <b>6. Kadłuby i głowice oraz układy korbowy i rozrządu</b>                | <b>71</b>  |
| 6.1. Kadłuby i głowice  | 71         |
| 6.1.1. Skrzynie korbowe i bloki cylindrów                                 | 71         |
| 6.1.2. Głowice  | 78         |
| 6.1.3. Tuleje cylindrów   | 82         |
| 6.1.4. Mocowanie silnika w spalinowym pojeździe trakcyjnym                | 84         |
| 6.2. Układ korbowy  | 85         |
| 6.2.1. Wiadomości wstępne   | 85         |
| 6.2.2. Zespoły tłoków   | 85         |
| 6.2.3. Korbowody  | 94         |
| 6.2.4. Wały korbowe   | 97         |
| 6.2.5. Tłumiki drgań skrętnych i koła zamachowe                           | 100        |
| 6.2.6. Łożyska układu korbowego   | 102        |
| 6.3. Układ rozrządu   | 104        |
| 6.3.1. Rodzaje układów rozrządu i ich najważniejsze elementy              | 104        |
| 6.3.2. Hydrauliczne kompensatory luzów zaworów                            | 113        |
| <b>7. Układy zasilania paliwem</b>  | <b>116</b> |
| 7.1. Wprowadzenie   | 116        |
| 7.2. Układy wtryskowe sterowane mechanicznie                              | 117        |
| 7.2.1. Pompy wtryskowe  | 119        |
| 7.2.2. Wtryskiwacze   | 123        |
| 7.2.3. Pompy zasilające   | 126        |
| 7.3. Układy wtryskowe z pompowtryskiwaczami                               | 127        |
| 7.3.1. Wiadomości wstępne   | 127        |
| 7.3.2. Budowa i zasada działania pompowtryskiwacza                        | 129        |
| 7.4. Układy indywidualnych zespołów wtryskowych pompa-przewód-wtryskiwacz | 132        |
| 7.5. Zasobnikowe układy wtryskowe Common Rail                             | 135        |
| 7.5.1. Wprowadzenie   | 135        |
| 7.5.2. Wtryskiwacze układu Common Rail                                    | 135        |
| 7.5.3. Pompy wysokiego ciśnienia  | 146        |
| 7.5.4. Elementy obwodu wysokiego ciśnienia                                | 150        |
| 7.6. Filtracja oleju napędowego   | 157        |
| 7.6.1. Wiadomości wstępne   | 157        |
| 7.6.2. Filtry paliwa  | 158        |
| <b>8. Układ smarowania</b>  | <b>164</b> |
| 8.1. Wprowadzenie   | 164        |
| 8.2. Elementy układu smarowania silnika                                   | 167        |
| 8.2.1. Pompy oleju i zawory przelewowe                                    | 167        |
| 8.2.2. Filtry oleju   | 169        |
| 8.2.3. Chłodnice oleju (wymienniki ciepła)                                | 176        |
| <b>9. Układ chłodzenia</b>  | <b>179</b> |

- 9.1. Wprowadzenie 179
- 9.2. Budowa układu chłodzenia 179
- 9.3. Elementy układu chłodzenia 181
- 9.4. Regulacja temperatury cieczy chłodzącej, zespoły chłodzące 183
- 10. Sterowanie i regulacja silników 189**
- 10.1. Mechaniczna regulacja prędkości obrotowej 189
- 10.1.1. Regulatory wielozakresowe 189
- 10.1.2. Regulatory pośredniego działania – regulatory Woodwarda 191
- 10.2. Elektroniczny układ sterowania EDC 197
- 10.2.1. Bloki funkcjonalne 198
- 11. Układ zasilania powietrzem 205**
- 11.1. Wprowadzenie 205
- 11.2. Doładowanie silników 205
- 11.2.1. Doładowanie mechaniczne 206
- 11.2.2. Turbodoładowanie 207
- 11.2.3. Doładowanie wielostopniowe 209
- 11.2.4. Chłodzenie powietrza doładowanego 210
- 11.2.5. Rozwiązania konstrukcyjne turbosprężarek 211
- 11.3. Filtry powietrza 217
- 12. Układ wylotu spalin 221**
- 12.1. Wprowadzenie 221
- 12.2. Tłumiki akustyczne spalin 221
- 12.2.1. Tłumik absorpcyjny 221
- 12.2.2. Tłumik refleksyjny 222
- 12.2.3. Tłumik interferencyjny 223
- 12.2.4. Tłumiki wylotu spalin silników lokomotyw 223
- 13. Oczyszczanie spalin 225**
- 13.1. Wprowadzenie 225
- 13.2. Toksyczne składniki spalin 226
- 13.3. Metody oczyszczania spalin 227
- 13.3.1. Recyrkulacja spalin 227
- 13.3.2. Katalityczne reaktory spalin 229
- 13.3.3. Filtr cząstek stałych DPF 232
- 13.3.4. Układ filtrów ciągłej regeneracji CRT 233
- 13.3.5. Zintegrowane układy oczyszczania spalin silników o zapłonie samoczynnym 235
- 13.3.6. Mobilne układy oczyszczania spalin 237
- 14. Przegląd konstrukcji silników pojazdów szynowych 239**
- 14.1. Silniki starszej konstrukcji 239
- 14.2. Silniki nowszej konstrukcji eksploatowane w PKP 253
- 14.3. Silniki nowej generacji 258
- 15. Diagnostyka silników 264**
- 15.1. Wprowadzenie 264
- 15.2. Podstawowe metody badań diagnostycznych 265
- 15.2.1. Pomiary mocy użytecznej i zużycia paliwa 265
- 15.2.2. Pomiary wibroakustyczne 267
- 15.2.3. Pomiary ciśnienia sprężania i szczelności komory spalania 267
- 15.2.4. Pomiar zużycia oleju i zawartości cząstek metali 268
- 15.3. Diagnostyka wysokociśnieniowych układów wtryskowych sterowanych elektronicznie 270

- 15.3.1. Wiadomości wstępne 270
- 15.3.2. Diagnostyka pokładowa 270
- 15.3.3. Diagnostyka warsztatowa 272
- 15.3.4. Diagnostowanie układów wtryskowych Common Rail 273
- 15.3.5. Sprawdzanie składu spalin 275
- 15.3.6. Diagnostyka układu recyrkulacji spalin 276
- 16. Eksploatacja i utrzymanie silników 277**
- 16.1. Eksploatacja bieżąca (ruchowa) 277
- 16.1.1. Rozruch silnika 277
- 16.1.2. Rozgrzewanie, eksploatacja i wyłączanie silnika 278
- 16.1.3. Metodyka oszczędzania paliwa 279
- 16.2. Czynności obsługi technicznej 280
- 16.2.1. Cykle przeglądowo-naprawcze silników pojazdów szynowych 280
- 16.2.2. Podstawowe czynności obsługi technicznej 283
- 17. Niedomagania silników 292**
- 17.1. Ogólne informacje dotyczące rozpoznawania usterek 292
- 17.2. Metodyka rozruchu silnika 294
- 17.3. Niedomagania układu wtrysku paliwa 295
- 17.3.1. Rozpoznawanie niedomagań pomp wtryskowych 295
- 17.3.2. Rozpoznawanie niedomagań wtryskiwaczy 296
- 17.4. Niedomagania złożenia tłok-cylinder i mechanizmu rozrządu 298
- 17.4.1. Wykrywanie niedomagań złożenia tłok-cylinder 299
- 17.4.2. Wykrywanie niedomagań mechanizmu rozrządu 300
- 17.5. Niedomagania układów smarowania i chłodzenia 300
- 17.5.1. Wykrywanie niedomagań układu smarowania 301
- 17.5.2. Wykrywanie niedomagań układu chłodzenia 302
- 17.6. Niedomagania układów doładowania i wylotu spalin 302
- 18. Uszkodzenia i naprawa silników 304**
- 18.1. Uszkodzenia silników 304
- 18.1.1. Uszkodzenia łożysk ślizgowych 305
- 18.1.2. Uszkodzenia elementów układu korbowego 311
- 18.2. Naprawa i regulacja aparatury wtryskowej 316
- 18.2.1. Naprawa i regulacja wtryskiwaczy 317
- 18.2.2. Regulacja pomp wtryskowych 324
- 18.3. Obsługa i naprawa mechanizmu rozrządu 328
- 18.3.1. Wiadomości wstępne 328
- 18.3.2. Pomiar i regulacja luzu zaworów 329
- 18.3.3. Usuwanie typowych usterek mechanizmu rozrządu 333
- 18.3.4. Naprawa zaworów i gniazd zaworów 334
- 18.4. Naprawa tłoka i pierścieni tłokowych 342
- 18.4.1. Demontaż tłoków 342
- 18.4.2. Zdejmowanie i zakładanie pierścieni tłokowych 343
- 18.4.3. Montaż tłoków 344
- 18.5. Wymiana tulei cylindra oraz głowicy i łożysk 345
- 18.5.1. Wymiana tulei cylindra 345
- 18.5.2. Naprawa oraz zamontowanie głowicy i łożysk 347
- 18.6. Usuwanie zanieczyszczeń z podzespołów i układów silnika 352
- 18.6.1. Mycie układu smarowania 352
- 18.6.2. Usuwanie nagaru 352
- 18.6.3. Czyszczenie przestrzeni wodnych silnika z kamienia kotłowego 354

18.6.4. Czyszczenie turbosprężarek w ruchu oraz układów dolotowego i wylotowego 354

**19. Hybrydowe układy napędowe, paliwa alternatywne i ogniwa paliwowe 356**

19.1. Hybrydowe układy napędowe 356

19.1.1. Wprowadzenie 356

19.1.2. Odmiany napędu hybrydowego 357

19.1.3. Napędy hybrydowe stosowane w spalinowych pojazdach trakcyjnych 360

19.2. Paliwa alternatywne 364

19.2.1. Biopaliwa 364

19.2.2. Paliwa syntetyczne 365

19.3. Ogniwa paliwowe 366

19.3.1. Wprowadzenie 366

19.3.2. Pojazdy o napędzie elektrycznym z ogniwami paliwowymi 369

**Literatura 371**