

Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów 10

Wstęp 13

Rozdział 1. Wprowadzenie ogólne 15

1.1. Podstawowe parametry silnika tłokowego 15

1.1.1. Parametry geometryczne, operacyjne i lokalne 15

1.1.2. Parametry teoretyczne, indykowane i użyteczne 16

1.2. Zakresy wielkości, zastosowania i warunki pracy 18

1.3. Tendencje rozwojowe 20

1.4. Napędy alternatywne 20

Rozdział 2. Obiegi teoretyczne 23

2.1. Wprowadzenie i założenia 23

2.2. Obieg z doprowadzaniem ciepła przy stałej objętości
(obieg Otta) 24

2.3. Obieg z doprowadzaniem ciepła przy stałym
ciśnieniu (obieg Diesla) 26

2.4. Obieg z doprowadzaniem ciepła przy stałej objętości
i stałym ciśnieniu (obieg Sabathégo) 28

2.5. Analiza sprawności obiegów teoretycznych 30

2.6. Obiegi z doładowaniem 32

2.6.1. Uwagi ogólne 32

2.6.2. Doładowanie mechaniczne 33

2.6.3. Turbodoładowanie 35

2.7. Średnie ciśnienie teoretyczne 37

Rozdział 3. Obiegi porównawcze i ich urzeczywistnienie 39

3.1. Wprowadzenie 39

3.2. Silniki o zapłonie iskrowym (ZI) 40

3.3. Silniki o zapłonie samoczynnym (ZS) 42

3.4. Silniki dwusuwowe 43

3.5. Silniki doładowane 45

3.6. Uwarunkowania techniczne parametrów obiegu 46

Rozdział 4. Termochemia spalania 48

4.1. Zależności dla gazu doskonałego i półdoskonałego 48

4.2. Energia wiązań chemicznych a wywiązywanie ciepła
(definicje) 54

4.3. Adiabatyczna temperatura spalania 58

4.4. I zasada termodynamiki 59

4.5. Spalanie w umiarkowanych temperaturach 60

- 4.6. Równowaga chemiczna 66
- 4.7. Kinetyka reakcji chemicznych 70
- 4.8. Zredukowane mechanizmy kinetyczne 75
- 4.9. Inne mechanizmy globalne i wieloetapowe 76

Rozdział 5. Termodynamiczna analiza obiegu na podstawie uproszczonego bilansu energii 79

- 5.1. Uproszczona analiza obiegu silnika ZI 79
- 5.2. Przygotowanie ładunku 83
- 5.3. Praca silnika z częściowymi obciążeniami 84
- 5.4. Doładowanie 85
- 5.5. Uproszczona analiza obiegu silnika ZS 87

Rozdział 6. Procesy spalania 89

- 6.1. Charakterystyka ogólna 89
- 6.2. Ruch ładunku w cylindrze 92
- 6.3. Proces spalania w silniku ZI 94
- 6.4. Proces spalania w silniku ZS 100
- 6.5. Spalanie mieszanek ubogich 104
- 6.6. Kształt komory spalania 109
- 6.7. Recyrkulacja spalin 111

Rozdział 7. Określanie przebiegu wywiązywania się ciepła 112

- 7.1. Wprowadzenie 112
- 7.2. Sprężenie między udziałem masowym spalin oraz ciśnieniem 113
- 7.3. Określanie przebiegu wywiązywania się ciepła w silniku ZI (metody predykcyjne) 115
 - 7.3.1. Metoda szacunkowa 115
 - 7.3.2. Metoda z uwzględnieniem danych doświadczalnych - funkcja Wibego 117
 - 7.3.3. Metoda z uwzględnieniem propagacji frontu spalania 118
- 7.4. Określanie przebiegu wywiązywania się ciepła na podstawie wykresu indykatorowego (metody diagnostyczne) 120
 - 7.4.1. Uwagi ogólne 120
 - 7.4.2. Określanie szybkości spalania w silniku ZI 121
 - 7.4.3. Określanie przebiegu wywiązywania się ciepła w silniku ZI - model jednostrefowy 122
 - 7.4.4. Określanie przebiegu wywiązywania się ciepła w silniku ZI - model dwustrefowy 125
- 7.5. Określanie przebiegu wywiązywania się ciepła

w silniku ZS 127

7.5.1. Szybkość wtrysku paliwa 127

7.5.2. Analiza zmierzonego wykresu indykatorowego 128

7.6. Analiza obiegu termodynamicznego silnika ZI 132

7.7. Analiza obiegu termodynamicznego silnika ZS 139

Rozdział 8. Obiegi rzeczywiste 143

8.1. Ogólna charakterystyka obiegów rzeczywistych 143

8.2. Wymiana ładunku 145

8.2.1. Zadania procesu wymiany ładunku 145

8.2.2. Współczynnik napełnienia 146

8.2.3. Obliczanie procesu wymiany ładunku 148

8.2.4. Przepływ przez zawory 150

8.2.5. Fazy rozrządu 151

8.2.6. Ruchy falowe 153

8.3. Geometria komory spalania 155

8.3.1. Komory spalania silników ZI 155

8.3.2. Komory spalania silników ZS 159

8.4. Wymiana ciepła 161

8.4.1. Charakterystyka ogólna 161

8.4.2. Uśredniony opis wymiany ciepła 163

8.5. Turbulencja 165

8.6. Pełny bilans energetyczny 167

Rozdział 9. Zasilanie i systemy spalania 169

9.1. Przygotowanie ładunku 169

9.2. Zasilanie wtryskowe silników ZI 170

9.3. Zasilanie wtryskowe silników ZS 171

9.4. Systemy spalania silników ZI 174

9.5. Systemy spalania silników ZS 183

9.5.1. Uwagi ogólne 183

9.5.2. Rodzaje systemów spalania silników ZS 184

9.5.3. Mechanizm spalania strugi paliwa w silniku ZS 185

Rozdział 10. Zjawiska niepożądane 188

10.1. Zjawisko spalania stukowego 188

10.2. Niepowtarzalność procesów 193

10.3. Problemy rozruchowe silników ZS 196

Rozdział 11. Toksyczność spalin 198

11.1. Wprowadzenie 198

11.2. Mechanizmy powstawania konwencjonalnych toksycznych składników spalin 198

11.2.1. Tlenek węgla (CO) 198

- 11.2.2. Niespalone węglowodory (HC) 200
- 11.2.3. Tlenki azotu (NOx) 201
- 11.2.4. Cząstki stałe 203
- 11.2.5. Wpływ warunków pracy silnika na emisję toksycznych składników spalin 204
- 11.3. Pozostałe toksyczne składniki spalin 206
 - 11.3.1. Aldehydy 206
 - 11.3.2. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (PAH) 206
- 11.4. Dwutlenek węgla 206
- 11.5. Związki toksyczne powstające w atmosferze - ozon troposferyczny 206
- 11.6. Przepisy dotyczące emisji toksycznych składników spalin przez silniki 207
- 11.7. Sposoby zmniejszania emisji toksycznych składników spalin 208
 - 11.7.1. Modyfikacja procesu spalania 208
 - 11.7.2. Neutralizacja toksycznych składników spalin 209

Rozdział 12. Parametry operacyjne i charakterystyki silników 211

- 12.1. Parametry operacyjne 211
 - 12.1.1. Średnie ciśnienie indykowane i użyteczne 211
 - 12.1.2. Moc indykowana i użyteczna 212
 - 12.1.3. Moment obrotowy 213
 - 12.1.4. Zużycie paliwa 213
 - 12.1.5. Sprawności 213
 - 12.1.6. Inne wskaźniki 215
- 12.2. Ogólny podział charakterystyk 216
- 12.3. Charakterystyki prędkościowe 216
- 12.4. Charakterystyki obciążeniowe 220
- 12.5. Charakterystyki uniwersalne 221
- 12.6. Charakterystyki regulacyjne 222
- 12.7. Charakterystyki specjalistyczne 224

Rozdział 13. Modelowanie matematyczne roboczego cyklu silnika tłokowego 226

- 13.1. Wprowadzenie 226
- 13.2. Ogólna klasyfikacja modeli 227
- 13.3. Podział według kryterium "samodzielności" 228
- 13.4. Charakterystyka modeli strefowych 229
- 13.5. Charakterystyka modeli polowych 233
- 13.6. Wiarygodność wyników obliczeń 234
- 13.7. Zastosowania 235

Rozdział 14. Paliwa i oleje 237

14.1. Chemia paliw węglowodorowych 237

14.2. Ciepło właściwe węglowodorów 240

14.3. Charakterystyka paliw ciekłych 241

14.4. Benzyny 242

14.5. Oleje napędowe 249

14.6. Paliwa alternatywne 251

14.7. Materiały smarowe 253

14.7.1. Oleje mineralne 254

14.7.2. Oleje syntetyczne 255

Dodatek A Programy komputerowe do wykonywania obliczeń w Internecie 257**Dodatek B Analiza obiegu termodynamicznego silnika
ZI przy użyciu programu komputerowego
STANJAN 263****Dodatek C Wybrane adresy internetowe 265**

Literatura 267

Skorowidz 269