

SPIS TREŚCI

OD AUTORA	5
WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ	7
1. MIEJSCE DIAGNOSTYKI TECHNICZNEJ W EKSPLOATACJI SILNIKÓWKRĘTOWYCH	11
1.1. Istota diagnostyki technicznej	11
1.2. Dogłębność diagnozy	15
1.3. Strategie eksploatacji silników okrętowych	16
1.4. Selekcja parametrów diagnostycznych	19
1.5. Podsumowanie	26
2. DIAGNOSTYKA ENDOSKOPOWA	27
2.1. Rys historyczny endoskopii	27
2.2. Technologia przetwarzania obrazu endoskopowego	34
2.2.1. Metoda „stereo”	36
2.2.2. Metoda „cienia”	41
2.2.3. Metoda laserowa	48
2.2.4. Metoda przesunięcia fazowego	51
2.2.5. Metoda „RGB”	61
2.3. Podsumowanie	64
3. ENDOSKOPIA SILNIKÓW TŁOKOWYCH	65
3.1. Ogólna charakterystyka uszkodzeń silników okrętowych	65
3.1.1. Zagadnienie identyfikacji stanów niezdatności eksploatacyjnej	66
3.1.2. Destrukcyjne skutki długotrwałego postoju i pracy na minimalnych obciążeniach ...	68
3.1.3. Problem zużycia silników zasilanych biopaliwami	71
3.2. Endoskopowe systemy diagnozujące	75
3.3. Metodyka badań endoskopowych	84
3.4. Uszkodzenia tulei cylindrowych	94
3.4.1. Mechanizm powstawania uszkodzeń tulei cylindrowych	94
3.4.2. Badanie endoskopowe tulei cylindrowych	98
3.4.3. Endoskopowy obraz uszkodzeń tulei cylindrowych	100
3.5. Uszkodzenia tłoków	105
3.5.1. Fizyka uszkodzeń eksploatacyjnych tłoków	106
3.5.2. Identyfikacja uszkodzeń tłoków metodą endoskopową	106
3.6. Uszkodzenia zaworów cylindrowych	118
3.6.1. Podstawy teoretyczne procesu zużywania się prowadnic i trzonów zaworowych	120
3.6.2. Badanie endoskopowe zaworów cylindrowych	128
3.6.3. Endoskopowy obraz uszkodzeń zaworów cylindrowych	129
3.7. Uszkodzenia układu turbodoładowania	134
3.7.1. Stany niezdatności eksploatacyjnej turbosprężarki	134
3.7.2. Wpływ stanu technicznego kanałów przepływowych układu turbodoładowania na	
funkcjonowanie silnika	141

3.7.3. Badanie endoskopowe układu turbodoładowania	150
3.7.4. Endoskopowy obraz uszkodzeń układu turbodoładowania	153
3.8. Podsumowanie	158
4. ENDOSKOPIA SILNIKÓW TURBINOWYCH	160
4.1. Część przepływowa silnika i jej rozwiązania konstrukcyjne	161
4.2. Źródła zanieczyszczeń i uszkodzeń części przepływowej	172
4.2.1. Mechanizm powstawania zanieczyszczeń	175
4.2.2. Zużycie korozyjno-erozyjne	178
4.2.3. Wpływ warstwy osadu na parametry pracy sprężarek i turbin	181
4.2.4. Zmęczenie niskocyklowe	184
4.3. Badanie endoskopowe części przepływowej	191
4.4. Endoskopowy obraz uszkodzeń części przepływowej	204
4.5. Podsumowanie	220
5. DIAGNOSTYKA CIEPLNO-PRZEPŁYWOWA OKRĘTOWYCH TURBINOWYCH SILNIKÓW SPALINOWYCH	221
5.1. Bilans energetyczny silnika okrętowego	222
5.2. Charakterystyka energetyczna części przepływowej	246
5.3. Model symulacyjny układu sprężarkowego silnika turbinowego do celów diagnostyki technicznej	253
5.4. Podsumowanie	276
6. DIAGNOSTYKA PRZESTRZENI ROBOCZYCH OKRĘTOWYCH TŁOKOWYCH SILNIKÓW SPALINOWYCH	278
6.1. Bilans energetyczny przestrzeni roboczych silnika okrętowego z turbodoładowaniem ...	280
6.2. Indykowanie cylindrów	294
6.3. Ekspertowy model diagnostyczny	314
6.4. Diagnostowanie silnika o ograniczonej podatności kontrolnej	334
6.5. Podsumowanie	349
7. INFORMACYJNOŚĆ DIAGNOSTYCZNA TEMPERATURY SPALIN SILNIKA OKRĘTOWEGO	350
7.1. Pomiary temperatury spalin w badaniach diagnostycznych silników turbinowych	350
7.1.1. Temperatura strumienia spalin – podstawy teoretyczne	351
7.1.2. Technologia pomiaru temperatury strumienia spalin	353
7.1.3. Tolerancje eksploatacyjne i diagnostyczne	378
7.2. Pomiary temperatury spalin w badaniach diagnostycznych silników tłokowych	385
7.2.1. Termodynamika przepływu spalin wylotowych	387
7.2.2. Technologia pomiaru temperatury spalin	388
7.2.3. Wnioskowanie diagnostyczne	391
7.2.4. Pomiary szybkozmiennej temperatury spalin	394
7.2.5. Ocena własności dynamicznych termopary	398
7.3. Podsumowanie	407
ZAKOŃCZENIE	409
POSTSCRIPTUM	410
LITERATURA	436
STRESZCZENIA	450