

Spis treści

1. WIADOMOŚCI PODSTAWOWE	13
1.1. Istota i podział silników spalinowych.....	13
1.2. Zasada działania silnika z zapłonem samoczynnym.....	15
1.2.1. Zasada działania czterosuwowego silnika z zapłonem samoczynnym	15
1.2.2. Zasada działania dwusuwowego silnika z zapłonem samoczynnym	19
1.2.3. Zasada działania cztero- i dwusuwowego silnika doładowanego.....	22
1.3. Podział i krótka charakterystyka tłokowych silników spalinowych....	24
1.3.1. Podział silników według rodzaju stosowanego paliwa i cech charakterystycznych procesu roboczego.....	24
1.3.2. Podział według sposobu działania.....	27
1.3.3. Podział według cech konstrukcyjnych i przeznaczenia.....	28
1.4. Ogólny opis budowy i działania okrętowych silników spalinowych. Podział silnika okrętowego na układy funkcjonalne	32
1.4.1. Uwagi wstępne	32
1.4.2. Podział silników okrętowych na układy funkcjonalne	33
1.4.3. Krótki opis budowy, zadań i działania układów funkcjonalnych silników okrętowych	34
1.5. Zastosowanie silnika spalinowego w okrętownictwie	43
1.5.1. Rys historyczny rozwoju silnika z zapłonem samoczynnym....	43
1.5.2. Rys historyczny zastosowania silnika spalinowego w okrętownictwie.....	47
1.5.3. Rozwój i zastosowanie silników wolnoobrotowych w okrętownictwie.....	48
1.5.4. Rozwój i zastosowanie silników średnioobrotowych w okrętownictwie.....	53
1.6. Produkcja silników z zapłonem samoczynnym w Polsce	56

2. TERMODYNAMICZNE PODSTAWY DZIAŁANIA SILNIKÓW SPALINOWYCH Z ZAPŁONEM SAMOCZYNNYM.....	61
2.1. Obieg teoretyczny i porównawczy	61
2.1.1. Uwagi wstępne	61
2.1.2. Obieg teoretyczny i porównawczy silnika z zapłonem samoczynnym	61
2.1.3. Charakterystyczne parametry termodynamiczne obiegu teoretycznego.....	64
2.1.4. Sprawność obiegu teoretycznego. Sprawność teoretyczna	67
2.1.5. Średnie ciśnienie teoretyczne	69
2.1.6. Obieg Sabathe'a z doładowaniem turbosprężarkowym	69
2.2. Obieg rzeczywisty silnika z zapłonem samoczynnym	72
2.2.1. Parametry termodynamiczne obiegu rzeczywistego.....	72
2.2.2. Sprawność indykowana — sprawność obiegu rzeczywistego..	79
2.2.3. Średnie ciśnienie indykowane. Średnie ciśnienie obiegu rzeczywistego	79
3. WIELKOŚCI CHARAKTERYZUJĄCE SILNIK	82
3.1. Wskaźniki energetyczne	82
3.1.1. Prędkość obrotowa	83
3.1.2. Moc silnika	85
3.1.3. Moment obrotowy — M_0	95
3.1.4. Sprawność silnika.....	97
3.1.5. Jednostkowe zużycie paliwa	101
3.1.6. Bilans cieplny silnika	103
3.1.7. Utylizacja ciepła odpadowego w siłowni spalinowej.....	107
3.2. Wskaźniki porównawcze	113
3.2.1. Wskaźniki mocy	113
3.2.2. Wskaźniki masy i objętości	116
3.3. Charakterystyki silników okrętowych	117
3.3.1. Wiadomości podstawowe, klasyfikacja charakterystyk.....	117
3.3.2. Charakterystyki prędkościowe	118
3.3.3. Charakterystyki obciążeniowe	124
3.3.4. Charakterystyki regulacyjne.....	124
3.3.5. Charakterystyki ogólne	125
3.3.6. Pole pracy silnika	128

4. OBCIĄŻENIA MECHANICZNE I CIEPLNE SILNIKA.....	132
4.1. Uwagi wstępne	132
4.2. Mechanika układu tłokowo-korbowego	132
4.2.1. Kinematyka układu tłokowo-korbowego.....	133
4.2.2. Dynamika układu tłokowo-korbowego.....	137
4.3. Wyrównoważenie silników	145
4.3.1. Uwagi wstępne	145
4.3.2. Zasady równoważenia masowych sił rotacyjnych.....	146
4.3.3. Zasada równoważenia masowych sił oscylacyjnych.....	147
4.3.4. Zasada wyznaczania i równoważenia momentów sił masowych	148
4.3.5. Wnioski i uwagi.....	157
4.4. Drgania skrętne układu silnik-śruba napędowa. Krytyczne prędkości obrotowe.....	158
4.4.1. Uwagi wstępne	158
4.4.2. Wiadomości podstawowe.....	159
4.4.3. Mechanika ruchu drgającego skrętnego	160
4.4.4. Drgania skrętne swobodne nie tłumione układów wielomasowych	163
4.4.5. Momenty wzbudzające drgania skrętne.....	167
4.4.6. Rezonans drgań. Krytyczna prędkość obrotowa.	169
4.4.7. Zmiana zakresu głównej krytycznej prędkości obrotowej	177
4.4.8. Eliminacja / ograniczanie drgań skrętnych	179
4.4.9. Wnioski i zalecenia.....	181
4.5. Obciążenia mechaniczne	182
4.6. Obciążenia cieplne.....	184
4.6.1. Wstęp	184
4.6.2. Pojęcia obciążenia cieplnego.....	184
4.6.3. Kryteria obciążeń cieplnych	188
4.6.4. Skutki nadmiernych obciążeń cieplnych	195
5. KADŁUBY OKRĘTOWYCH SILNIKÓW SPALINOWYCH.....	196
5.1. Wiadomości ogólne.....	196
5.2. Ramy fundamentowe (podstawy) i ich mocowanie	198
5.2.1. Budowa ram fundamentowych	198
5.2.2. Mocowanie ram fundamentowych. Fundamentowanie silników	201
5.3. Stojaki silników	209
5.4. Przelotnie powietrza	213
5.5. Bloki cylindrowe.....	213

5.6. Śruby ściągowe	215
5.7. Głowice silników okrętowych	219
5.7.1. Zadania i warunki pracy	219
5.7.2. Rodzaje i budowa głowic	219
5.8. Tuleje cylindrowe	226
5.8.1. Zadania i warunki pracy	226
5.8.2. Budowa tulei cylindrowych	228
5.8.3. Osadzanie i uszczelnianie tulei w bloku cylindrowym	233
6. UKŁAD TŁOKOWO-KORBOWY	236
6.1. Wiadomości podstawowe	236
6.2. Tłoki silników okrętowych	239
6.2.1. Zadania i warunki pracy. Rodzaje tłoków	239
6.2.2. Podstawowe informacje o budowie tłoków	243
6.2.3. Pierścienie tłokowe	251
6.2.4. Sworznie tłokowe	264
6.2.5. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych tłoków silników okrętowych	268
6.3. Trzony tłokowe. Dławice trzonów tłokowych	274
6.3.1. Trzony tłokowe	274
6.3.2. Dławice trzonów tłokowych	275
6.4. Wodziki, prowadnice wodorów	278
6.4.1. Zadania, rodzaje i budowa wodorów	278
6.4.2. Prowadnice wodorów	283
6.5. Korbowody	284
6.5.1. Zadania, warunki pracy, rodzaje korbowodów	284
6.5.2. Budowa korbowodu	285
6.6. Wały korbowe	292
6.6.1. Zadania, warunki pracy, rodzaje wałów korbowych	292
6.6.2. Budowa wałów korbowych	293
6.7. Koła zamachowe	296
6.8. Łożyska układu tłokowo-korbowego	298
6.8.1. Wiadomości podstawowe	298
6.8.2. Podstawy teoretyczne działania łożysk ślizgowych obciążonych dynamicznie	300
6.8.3. Konstrukcja łożysk układu tłokowo-korbowego	322
6.8.4. Łożyska oporowe	339

7. UKŁAD WYMIANY CZYNNIKA ROBOCZEGO	342
7.1. Uwagi wstępne	342
7.2. Podstawy teoretyczne procesu wymiany czynnika roboczego.....	344
7.2.1. Pojęcie czasoprzekroju.....	344
7.2.2. Parametry czynnika roboczego podczas procesu wymiany czynnika roboczego	346
7.2.3. Wskaźniki procesu wymiany czynnika roboczego.....	349
7.2.4. Wymiana czynnika roboczego w silniku czterosuwowym	351
7.2.5. Wymiana czynnika roboczego w silnikach dwusuwowych.....	353
7.3. Układ ładujący	364
7.3.1. Wiadomości podstawowe.....	364
7.3.2. Filtry powietrza i tłumiki hałasu	364
7.3.3. Sprężarki powietrza ładującego.....	366
7.3.4. Chłodzenie powietrza ładującego, chłodnice powietrza.....	374
7.4. Układ rozrządu czynnika roboczego.....	379
7.4.1. Uwagi wstępne	379
7.4.2. Rozrząd zaworowy czynnika roboczego.....	381
7.4.3. Rozrząd szczelinowo-zaworowy czynnika roboczego.....	403
7.4.4. Rozrząd szczelinowy czynnika roboczego.....	407
7.5. Układ wylotowy	409
7.5.1. Kolektory wylotowe	410
7.5.2. Przewody wylotowe i tłumiki.....	411
7.6. Doładowanie silników z zapłonem samoczynnym.....	412
7.6.1. Wiadomości podstawowe.....	412
7.6.2. Termodynamiczne podstawy działania zespołu silnik-turbosprężarka.....	416
7.6.3. Wpływ doładowania na proces roboczy i obciążenie silnika.....	417
7.6.4. Doładowanie silników czterosuwowych.....	420
7.6.5. Doładowanie silników dwusuwowych	422
7.6.6. Współpraca silnika z turbosprężarką.....	429
7.6.7. Urządzenia dodatkowe układów doładujących	433
8. UKŁAD ROZRUCHOWO-NAWROTNY	438
8.1. Uwagi wstępne	438
8.2. Układy rozruchowe.....	439
8.2.1. Instalacja sprężonego powietrza	440
8.2.2. Podstawowy układ rozruchowy	441
8.2.3. Urządzenia i mechanizmy podstawowego układu rozruchowego	444
8.2.4. Przykłady układów rozruchowych.....	460
8.2.5. Układ rozruchowy z siłownikiem pneumatycznym	461
8.2.6. Hamowanie układu napędowego powietrzem rozruchowym	462

8.3. Układy nawrotne	464
8.3.1. Wiadomości podstawowe.....	464
8.3.2. Układy nawrotne osiowego przesterowania wału rozrządu ..	464
8.3.3. Układ nawrotny kąтового przesterowania wału rozrządu.....	467
8.4. Układy rozruchowo-nawrotne współczesnych silników okrętowych	470
8.4.1. Układ rozruchowo-nawrotny z osiowym przesterowaniem wału rozrządu	470
8.4.2. Układ rozruchowo-nawrotny z kątowym przesterowaniem wału rozrządu	472
9. UKŁAD ZASILANIA SILNIKA PALIEM, SPALANIE	475
9.1. Uwagi wstępne	475
9.2. Paliwa silników z zapłonem samoczynnym	477
9.2.1. Otrzymywanie i rodzaje paliw	477
9.2.2. Cechy i własności paliw ciekłych silników okrętowych	479
9.2.3. Klasyfikacja i charakterystyka paliw ciekłych	486
9.2.4. Paliwa stosowane do napędu silników okrętowych.....	490
9.3. Spalanie paliwa w silnikach z zapłonem samoczynnym	496
9.3.1. Powstawanie mieszaniny paliwowo-powietrznej.....	496
9.3.2. Spalanie.....	508
9.3.3. Obniżanie toksyczności spalin emitowanych przez silniki okrętowe	512
9.4. Instalacja zasilania paliwem	518
9.4.1. Wiadomości ogólne.....	518
9.4.2. Urządzenia pomocnicze instalacji zasilania paliwem	520
9.4.3. Filtry dokładnego czyszczenia paliwa	523
9.4.4. Pompy wtryskowe	531
9.4.5. Przewody paliwowe wysokiego ciśnienia	552
9.4.6. Wtryskiwacze	553
9.5. Regulatory prędkości obrotowej.....	561
9.5.1. Zadania i klasyfikacja regulatorów prędkości obrotowej.....	561
9.5.2. Wielkości charakterystyczne regulatora prędkości obrotowej.....	567
9.5.3. Przykłady regulatorów prędkości obrotowej	569

10. SMAROWANIE SILNIKÓW OKRĘTOWYCH	578
10.1. Ogólne wiadomości o smarowaniu silników okrętowych.....	578
10.1.1. Zadania oleju smarowego.....	578
10.1.2. Ogólne uwagi o smarowaniu silników okrętowych.....	579
10.2. Oleje silnikowe.....	582
10.2.1. Uwagi ogólne.....	582
10.2.2. Eksploatacyjne wskaźniki jakości olejów smarowych.....	582
10.2.3. Klasyfikacja olejów silnikowych.....	590
10.2.4. Oleje do silników okrętowych.....	595
10.3. Instalacja oleju smarowego	598
10.3.1. Uwagi ogólne	598
10.3.2. Instalacja obiegowo-ciśnieniowa. Smarowanie łożysk.....	600
10.3.3. Urządzenia instalacji olejowej obiegowo-ciśnieniowej	603
10.4. Smarowanie tulei cylindrowych	614
10.4.1. Uwagi wstępne	614
10.4.2. Instalacja smarowania tulei cylindrowej	615
10.4.3. Proces podawania oleju na gładź tulei cylindrowej.....	616
10.4.4. Elementy instalacji smarowania gładzi cylindrowej	618
11. CHŁODZENIE SILNIKÓW OKRĘTOWYCH.....	627
11.1. Wiadomości podstawowe o chłodzeniu silników okrętowych.....	627
11.1.1. Cel i skutki chłodzenia.	
Zadania układu chłodzenia silników okrętowych.....	627
11.1.2. Elementy silnika wymagające chłodzenia.	
Czynniki chłodzące	628
11.1.3. Ciepło chłodzenia — straty chłodzenia	630
11.1.4. Systemy chłodzenia	633
11.2. Instalacja chłodzenia silników okrętowych.	
Chłodzenie elementów	637
11.2.1. Chłodzenie tulei cylindrowych i głowic.....	638
11.2.2. Chłodzenie tłoków	645
11.2.3. Chłodzenie wtryskiwaczy.....	662
11.2.4. Pozostałe obiegi chłodzenia.....	666