

# Spis treści

<b>1. WIADOMOŚCI PODSTAWOWE .....</b>	<b>13</b>
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 .....	46
1.5.3. Rozwój i zastosowanie silników wolnoobrotowych w okrętownictwie .....	47
1.5.4. Rozwój i zastosowanie silników średnioobrotowych w okrętownictwie .....	52
1.6. Produkcja silników z zapłonem samoczynnym w Polsce .....	57

<b>2. TERMODYNAMICZNE PODSTAWY DZIAŁANIA SILNIKÓW SPALINOWYCH Z ZAPŁONEM SAMOCZYNNYM.....</b>	<b>61</b>
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
<b>3. WIELKOŚCI CHARAKTERYZUJĄCE SILNIK.....</b>	<b>82</b>
3.1. Wskaźniki energetyczne.....	82
3.1.1. Prędkość obrotowa .....	83
3.1.2. Moc silnika.....	85
3.1.3. Moment obrotowy — $M_O$ .....	95
3.1.4. Sprawność silnika .....	98
3.1.5. Jednostkowe zużycie paliwa .....	102
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.....	114
3.2.2. Wskaźniki masy i objętości.....	117
3.3. Charakterystyki silników okrętowych .....	118
3.3.1. Wiadomości podstawowe, klasyfikacja charakterystyk.....	118
3.3.2. Charakterystyki prędkościowe .....	119
3.3.3. Charakterystyki obciążeniowe.....	124
3.3.4. Charakterystyki regulacyjne .....	125
3.3.5. Charakterystyki ogólne.....	125
3.3.6. Pole pracy silnika.....	128

<b>4. OBCIĄŻENIA MECHANICZNE I CIEPLNE SILNIKA</b> .....	<b>132</b>
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.....	145
4.3.3. Zasada równoważenia masowych sił oscylacyjnych.....	146
4.3.4. Zasada wyznaczania i równoważenia momentów sił masowych.....	148
4.3.5. Wnioski i uwagi .....	158
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.....	180
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 .....	187
4.6.4. Skutki nadmiernych obciążeń cieplnych.....	195
<b>5. KADŁUBY OKRĘTOWYCH SILNIKÓW SPALINOWYCH</b> .....	<b>196</b>
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
<b>6. UKŁAD TŁOKOWO-KORBOWY .....</b>	<b>236</b>
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.....	252
6.2.4. Sworznie tłokowe .....	264
6.2.5. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych tłoków silników okrętowych.....	268
6.3. Trzony tłokowe. Dławice trzonów tłokowych .....	273
6.3.1. Trzony tłokowe .....	273
6.3.2. Dławice trzonów tłokowych .....	275
6.4. Wodziki, prowadnice wodzików .....	278
6.4.1. Zadania, rodzaje i budowa wodzików .....	278
6.4.2. Prowadnice wodzików .....	282
6.5. Korbowody.....	283
6.5.1. Zadania, warunki pracy, rodzaje korbowodów .....	283
6.5.2. Budowa korbowodu.....	285
6.6. Wały korbowe.....	291
6.6.1. Zadania, warunki pracy, rodzaje wałów korbowych.....	291
6.6.2. Budowa wałów korbowych .....	292
6.7. Koła zamachowe.....	295
6.8. Łożyska układu tłokowo-korbowego.....	297
6.8.1. Wiadomości podstawowe .....	297
6.8.2. Podstawy teoretyczne działania łożysk ślizgowych obciążonych dynamicznie .....	299
6.8.3. Konstrukcja łożysk układu tłokowo-korbowego .....	321
6.8.4. Łożyska oporowe.....	338

<b>7. UKŁAD WYMIANY CZYNNIKA ROBOCZEGO .....</b>	<b>342</b>
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
<b>8. UKŁAD ROZRUCHOWO-NAWROTNY .....</b>	<b>438</b>
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
<b>9. UKŁAD ZASILANIA SILNIKA PALIWEM, SPALANIE .....</b>	<b>475</b>
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.....	494
9.3.1. Powstawanie mieszanki paliwowo-powietrznej.....	494
9.3.2. Spalanie.....	506
9.3.3. Obniżanie toksyczności spalin emitowanych przez silniki okrętowe.....	510
9.4. Instalacja zasilania paliwem .....	516
9.4.1. Wiadomości ogólne .....	516
9.4.2. Urządzenia pomocnicze instalacji zasilania paliwem .....	518
9.4.3. Filtry dokładnego czyszczenia paliwa.....	521
9.4.4. Pompy wtryskowe.....	529
9.4.5. Przewody paliwowe wysokiego ciśnienia .....	550
9.4.6. Wtryskiwacze.....	551
9.5. Regulatory prędkości obrotowej .....	559
9.5.1. Zadania i klasyfikacja regulatorów prędkości obrotowej .....	559
9.5.2. Wielkości charakterystyczne regulatora prędkości obrotowej.....	565
9.5.3. Przykłady regulatorów prędkości obrotowej .....	567

<b>10. SMAROWANIE SILNIKÓW OKRĘTOWYCH .....</b>	<b>576</b>
10.1. Ogólne wiadomości o smarowaniu silników okrętowych.....	576
10.1.1. Zadania oleju smarowego .....	576
10.1.2. Ogólne uwagi o smarowaniu silników okrętowych.....	577
10.2. Oleje silnikowe.....	580
10.2.1. Uwagi ogólne .....	580
10.2.2. Eksploatacyjne wskaźniki jakości olejów smarowych.....	580
10.2.3. Klasyfikacja olejów silnikowych.....	588
10.2.4. Oleje do silników okrętowych .....	593
10.3. Instalacja oleju smarowego .....	597
10.3.1. Uwagi ogólne .....	597
10.3.2. Instalacja obiegowo-ciśnieniowa. Smarowanie łożysk.....	597
10.3.3. Urządzenia instalacji olejowej obiegowo-ciśnieniowej .....	602
10.4. Smarowanie tulei cylindrowych.....	612
10.4.1. Uwagi wstępne .....	612
10.4.2. Instalacja smarowania tulei cylindrowej.....	613
10.4.3. Proces podawania oleju na gładź tulei cylindrowej .....	614
10.4.4. Elementy instalacji smarowania gładzi cylindrowej .....	616
<b>11. CHŁODZENIE SILNIKÓW OKRĘTOWYCH.....</b>	<b>625</b>
11.1. Wiadomości podstawowe o chłodzeniu silników okrętowych.....	625
11.1.1. Cel i skutki chłodzenia. Zadania układu chłodzenia silników okrętowych .....	625
11.1.2. Elementy silnika wymagające chłodzenia. Czynniki chłodzące.....	626
11.1.3. Ciepło chłodzenia — straty chłodzenia.....	628
11.1.4. Systemy chłodzenia.....	631
11.2. Instalacja chłodzenia silników okrętowych. Chłodzenie elementów ...	635
11.2.1. Chłodzenie tulei cylindrowych i głowic.....	636
11.2.2. Chłodzenie tłoków .....	643
11.2.3. Chłodzenie wtryskiwaczy .....	660
11.2.4. Pozostałe obiegi chłodzenia .....	664

<b>12. UKŁADY AUTOMATYCZNEGO STEROWANIA I KONTROLI OKRĘTOWYMI SILNIKAMI SPALINOWYMI .....</b>	<b>667</b>
12.1. Wprowadzenie.....	667
12.1.1. Uwagi ogólne .....	667
12.1.2. Cele automatyzacji siłowni okrętowej .....	668
12.1.3. Określenia podstawowych pojęć z zakresu automatyki.....	670
12.1.4. Częściowa klasyfikacja układów automatyki.....	671
12.1.5. Zadania automatyzacji napędu głównego.....	672
12.1.6. Ogólne uwagi o przepisach instytucji klasyfikacyjnych .....	673
12.2. Układy automatycznego sterowania i kontroli silnikami okrętowymi.....	674
12.2.1. Układy sterowania i kontroli silnikami napędu głównego .....	674
12.2.2. Układy sterowania i kontroli silnikami zespołów prądotwórczych .....	685
12.3. Wybrane układy automatyki silników okrętowych .....	688
12.3.1. Układ zdalnego sterowania automatycznego zespołem napędowym silnik-nastawna śruba napędowa .....	688
12.3.2. Układy regulacji lepkości paliwa .....	691
12.3.3. Układy sterowania temperaturą w instalacjach chłodzenia i smarowania silników okrętowych.....	696
12.3.4. Układy nadzoru siłowni okrętowych .....	700