

SPIS TREŚCI

	Strona
PRZEDMOWA.....	7
WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ I SKRÓTÓW UŻYWANYCH W TEKŚCIE	9
1. STATEK MORSKI JAKO ZŁOŻONY OBIEKT TECHNICZNY	11
1.1. Struktura silnika okrętowego	11
1.1.1. Systemy tribologiczne w strukturze silnika okrętowego	14
1.1.2. Oddziaływania elementów systemu tribologicznego	16
2. WPROWADZENIE DO TRIBOLOGII	19
2.1. Tarcie	19
2.1.1. Powierzchnia styku.....	20
2.1.2. Właściwości fizyczne powierzchni.....	23
2.1.3. Tarcie i smarowanie graniczne	26
2.1.4. Tarcie płynne i smarowanie.....	26
2.2. Zużycie	32
2.2.1. Warstwa wierzchnia elementów maszyn (WW).....	33
2.2.2. Elementarne procesy niszczenia warstwy wierzchniej	36
2.2.3. Zużycie ściernie	37
2.2.4. Zużycie adhezyjne	39
2.2.5. Zużycie zmęczeniowe.....	41
2.2.6. Fretting	44
2.2.7. Zużycie korozyjne (utlenianie)	46
2.2.8. Zużycie kawitacyjne	47
2.2.9. Przebieg zużywania WW.....	48
2.2.10. Ogólna postać modelu zużycia	50
3. SYSTEM TŁOKOWO-CYLINDROWY TC	52
3.1. Budowa systemu	52
3.1.1. Tłoki	52
3.1.2. Pierścienie tłokowe.....	53
3.1.3. Tuleje cylindrowe.....	55
3.2. Obciążenia systemu TC	56
3.2.1. Obciążenie pierścieni tłokowych.....	58
3.2.2. Kinematyka pierścieni tłokowych	61
3.2.3. Obciążenia cieplne systemu TC	63

3.3. Tarcie w systemie TC	63
3.3.1. Współczynnik tarcia	65
3.3.2. Straty tarcia pierścieni tłokowych	66
3.4. Smarowanie systemu TC	66
3.4.1. Geometria szczeliny smarowej	67
3.4.2. Minimalna grubość filmu olejowego	68
3.4.3. Podawanie oleju na gładź cylindra	70
3.4.4. Systemy smarowania	74
3.4.5. Olej smarujący	75
3.4.6. Zużycie oleju smarującego	77
3.5. Wpływ wybranych czynników na zużycie elementów systemu TC	78
3.5.1. Obciążenie silnika	78
3.5.2. Paliwa silnikowe	81
3.5.3. Oleje smarujące	84
3.5.4. Powietrze doprowadzane do silnika	89
3.5.5. Stan cieplny elementów systemu TC	90
3.5.6. Montaż systemu TC	94
3.5.7. Docieranie systemu TC	96
3.5.8. Kształty zużycia elementów systemu TC	99
3.6. Niesprawności i uszkodzenia systemu TC	102
3.6.1. Nadmierne zużycie	103
3.6.2. Uszkodzenia rowków pierścieniowych i pierścieni tłokowych	109
3.6.3. Uszkodzenia tulei cylindrowych i tłoków	117
3.6.4. Uszkodzenia kawitacyjno-erozyjne powierzchni chłodzonych tulei cylindrowych	121
4. ŁOŻYSKA ŚLIZGOWE	123
4.1. Budowa łożysk	123
4.1.1. Podsystem wodzika (sworznia tłokowego)	123
4.1.2. Łożyska wału korbowego	125
4.1.3. Łożyska wzdłużne – oporowe	126
4.1.4. Panwie łożyskowe	127
4.1.5. Łożyska turbosprężarki	129
4.2. Obciążenie łożysk	130
4.3. Tarcie i smarowanie łożysk	132
4.3.1. System smarowania łożysk	132
4.3.2. Statycznie obciążone łożyska poprzeczne	134
4.3.3. Siły tarcia w łożysku	137
4.3.4. Stan cieplny łożyska	139
4.3.5. Przepływ oleju przez łożysko	140

4.3.6.	Dynamicznie obciążone łożyska poprzeczne	141
4.3.7.	Ciśnienie w filmie olejowym łożyska.....	144
4.3.8.	Zmiany temperatury w łożysku	145
4.3.9.	Łożyska wzdlużne	146
4.4.	Wpływ wybranych czynników na trwałość łożysk.....	148
4.4.1.	Kryteria pewności ruchowej łożysk.....	149
4.4.2.	Luz łożyskowy.....	152
4.4.3.	Wymiary łożyska – iloraz B/D	155
4.4.4.	Chropowatość powierzchni tarcia	156
4.4.5.	Kanały i rowki smarne.....	156
4.4.6.	Ukośne położenie czopa w łożysku.....	158
4.4.7.	Parametry oleju smarującego.....	160
4.4.8.	Obciążenie	163
4.4.9.	Prędkość ślizgania powierzchni tarcia.....	164
4.4.10.	Stany przejściowe (rozruch i zatrzymanie czopa w łożysku)	165
4.4.11.	Montaż łożysk	166
4.5.	Uszkodzenia łożysk	167
4.5.1.	Nadmierne zużycie ściernie.....	169
4.5.2.	Uszkodzenia zmęczeniowe.....	172
4.5.3.	Korozja	174
4.5.4.	Fretting	174
4.5.5.	Kawitacja.....	180
4.5.6.	Erozja.....	183
4.5.7.	Zatarcia.....	184
5. ŁOŻYSKA TOCZNE		187
5.1.	Charakterystyka łożysk.....	187
5.1.1.	Klasyfikacja łożysk tocznych	188
5.1.2.	Obciążenie elementów tocznych	191
5.1.3.	Prędkości elementów tocznych.....	192
5.2.	Tarcie w łożyskach	193
5.2.1.	Moment tarcia.....	194
5.2.2.	Bilans cieplny i temperatura pracy łożyska	196
5.3.	Smarowanie łożysk	197
5.3.1.	Grubość filmu smarowego.....	197
5.3.2.	Lepkość substancji smarującej	199
5.3.3.	Zastosowanie smaru plastycznego.....	200
5.3.4.	Smarowanie olejem	201
5.4.	Nośność i trwałość łożyska.....	202

	Strona
5.5. Zużycie i uszkodzenia łożysk	205
5.5.1. Wpływ czynników konstrukcyjnych	206
5.5.2. Wpływ czynników technologicznych.....	207
5.5.3. Wpływ czynników eksploatacyjnych	211
6. PRZEKŁADNIE ZĘBATE	215
6.1. Charakterystyka przekładni	215
6.1.1. Budowa i klasyfikacja	215
6.1.2. Obciążenie zazębienia	219
6.2. Tarcie w przekładni.....	223
6.2.1. Straty tarcia.....	223
6.2.2. Bilans cieplny przekładni	224
6.3. Smarowanie przekładni.....	225
6.3.1. Grubość filmu smarowego.....	225
6.3.2. Substancja smarująca.....	225
6.3.3. Ilość oleju w przekładni.....	229
6.3.4. Smarowanie łożysk przekładni	232
6.4. Trwałość przekładni zębatych.....	234
6.4.1. Wpływ wybranych czynników na trwałość zazębienia	234
6.4.2. Zużycie i uszkodzenia	238
LITERATURA	245