

# OBSAH

<b>1 VÝROBA A SPOTŘEBA ENERGIE</b>	<b>11</b>
<b>2 PALIVA A JEJICH ZPRACOVÁNÍ</b>	<b>13</b>
2.1 ZÁKLADNÍ ZPŮSOBY VYUŽITÍ PALIV	13
2.2 ROZDĚLENÍ PALIV, VÝSKYT, TĚŽBA A VLASTNOSTI	13
2.2.1 Uhlí	13
2.2.2 Ropa	17
2.2.3 Zemní plyn	19
2.3 ZUŠLECHŤOVÁNÍ A VYUŽITÍ TUHÝCH PALIV	19
2.3.1 Třídění uhlí	19
2.3.2 Rozpojování a rozdrůžování uhlí	20
2.3.3 Sušení uhlí	21
2.3.4 Briketování	22
2.3.5 Doprava a skladování	22
2.3.6 Zplyňování uhlí	23
2.3.7 Vysokoteplotní karbonizace	27
2.3.8 Destilace černouhelných dehtů	30
2.4 ZPRACOVÁNÍ ROPY	32
2.4.1 Destilace a produkty	32
2.4.2 Odparafinování a rafinace produktů	33
2.4.3 Úprava produktů	34
2.4.4 Kapalná paliva a maziva	36
<b>3 SPALOVÁNÍ PALIV V PRŮMYSLOVÝCH ZAŘÍZENÍCH</b>	<b>38</b>
3.1 SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ PRO TUHÁ PALIVA	38
3.1.1 Roštová ohniště	38
3.1.1.1 Rozdělení roštů	39
3.1.1.2 Průběh spalování na pásovém roštu	40
3.1.1.3 Odstraňování strusky z roštových ohnišť	42
3.1.2 Prášková ohniště	42
3.1.2.1 Sušení a mletí paliva	44

3.1.2.2	Hořáky	46
3.1.2.3	Prášková ohniště	46
3.1.2.4	Charakteristika práškových ohnišť	48
3.1.2.5	Cyklonová ohniště	48
3.1.2.6	Fluidní ohniště	48
3.1.3	Charakteristika ohnišť obecně	48
3.2	<b>SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ PRO KAPALNÁ PALIVA</b>	50
3.2.1	Hořáky	51
3.2.2	Charakteristika topení kapalnými palivy	52
3.3	<b>SPALOVACÍ ZAŘÍZENÍ PRO PLYNNÁ PALIVA</b>	52
3.3.1	Hořáky	52
3.3.1.1	Hořáky s plamenem svítivým	52
3.3.1.2	Hořáky s plamenem nesvítivým	53
3.4	TAH	58
<b>4</b>	<b>PRŮMYSLOVÉ PECE</b>	<b>60</b>
4.1	DRUHY PECÍ POUŽÍVANÉ V PRŮMYSLOVÝCH OBORECH	60
4.2	KONSTRUKCE PECÍ A POUŽÍVANÁ PALIVA	60
4.2.1	Rekuperátory a regenerátory	61
4.3	TEPELNÁ ÚČINNOST PECÍ	63
4.4	DRUHY PECÍ	64
4.4.1	Rozdělení podle tvaru peciště a způsobu topení	64
4.4.2	Příklady průmyslových pecí	66
<b>5</b>	<b>ÚVOD DO TECHNICKÉ TERMODYNAMIKY</b>	<b>67</b>
5.1	PARAMETRY PLYNU A STAVOVÁ ROVNICE	67
5.1.1	Měrný tlak	67
5.1.2	Měrný objem	68
5.1.3	Teplota	68
5.1.4	Rovnice stavu	68
5.2	PRVNÍ VĚTA TERMODYNAMICKÁ	70
5.2.1	Vnější objemová práce	71
5.2.2	Energetická rovnice ustáleného proudění	72
5.2.3	Zjednodušená energetická rovnice	73

5.2.4	Technická práce	74
5.2.5	Měrné tepelné kapacity	76
5.2.6	Jednoduché změny stavu ideálních plynů	78
5.2.7	Děje vratné a nevratné	79
5.3	DRUHÁ VĚTA TERMODYNAMICKÁ	80
5.3.1	Kruhové děje	81
5.3.2	Carnotův cyklus - kruhový oběh	82
5.3.3	Termokompresce	83
5.3.4	Entropie jako veličina stavu	84
5.3.5	Zvláštní změny stavu v $T$ - $s$ diagramu	85
5.3.6	Carnotův cyklus v $T$ - $s$ diagramu	87
5.3.7	Entropie a vratnost změn	87
5.3.8	Důležité nevratné změny	88
5.4	SKUTEČNÉ PLYNY A PÁRY	90
5.4.1	Grafické zobrazení stavových rovnic	91
5.4.2	Páry, základní pojmy a vztahy	92
5.4.3	Výrobní teplo páry	94
5.4.4	Parní diagramy a tabulky	96
5.4.4.1	Diagramy $T$ - $s$	96
5.4.4.2	Diagramy $h$ - $s$	97
5.4.4.3	Parní tabulky	98
5.5	PRACOVNÍ SCHOPNOST, EXERGIE	98
5.6	POROVNÁVACÍ CYKLY	100
5.6.1	Zvyšování termické účinnosti	104
5.6.1.1	Zvyšování tlaku	103
5.6.1.2	Zvyšování teploty přehřátí páry	103
5.6.1.3	Snižování protitlaku	103
5.6.1.4	Ohřívání vody regenerativním způsobem	104
5.6.1.5	Přihřívání páry	105
5.7	SMĚSI PLYNŮ A PAR	105
5.7.1	Vstřikování vody do proudu páry	105
5.7.2	Míšení v nádobě	106
5.8	PROUDĚNÍ PLYNŮ A PAR	107

5.9	VÝTOK PLYNŮ	108
5.9.1	Adiabatický výtok plynu	109
5.9.2	Skutečný výtok plynů	110
5.9.3	Výtokové množství plynu	111
5.10	PŘEHLED POUŽÍVANÝCH SYMBOLŮ	114
<b>6</b>	<b>PARNÍ KOTLE A PARNÍ GENERÁTORY</b>	<b>116</b>
6.1	ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY PARNÍCH KOTLŮ	117
6.2	ZÁKLADNÍ TYPY PARNÍCH KOTLŮ	118
6.2.1	Kotle s velkým vodním obsahem	118
6.2.2	Kotle s malým vodním obsahem	120
6.2.2.1	Kotle s přirozeným oběhem vody	120
6.2.2.2	Kotle s nuceným oběhem vody	124
6.2.2.3	Kotle průtočné	125
6.2.3	Fluidní kotle	126
6.2.4	Kotle na odpadní teplo	126
6.3	DODATKOVÉ VÝHŘEVNÉ PLOCHY PARNÍCH GENERÁTORŮ	127
6.3.1	Přehříváky páry	127
6.3.1.1	Regulace přehřátí páry	129
6.3.2	Vodní ekonomizéry	129
6.3.3	Ohříváky vzduchu	130
6.4	NÁNOSY NA VNĚJŠÍ VÝHŘEVNÉ PLOŠE KOTLŮ	131
6.4.1	Vznik nánosů	131
6.4.2	Odstraňování nánosů	134
6.5	ÚČINNOST PARNÍCH KOTLŮ	135
6.6	PARNÍ AKUMULÁTORY	136
6.6.1	Akumulátory s proměnlivým tlakem	136
6.6.2	Akumulátory rovnotlaké	137
6.7	BEZPEČNOST PRÁCE V KOTELNÁCH	138
6.7.1	Předpisy preventivní ochrany proti výbuchu	139
6.7.2	Armatura kotle (vyzbroj), obsluha	139

## 7 VODA, JEJÍ ÚPRAVA A POUŽITÍ

7.1	VÝZNAM TECHNOLOGIE VODY	141
7.2	SOUČÁSTI PŘÍRODNÍCH VOD	141
7.2.1	Čistá voda	141
7.2.2	Rozpuštěné a suspendované látky	142
7.2.3	Rozpustnost plynů ve vodě	143
7.2.4	Iontové součásti vody	144
7.2.5	Anionty $\text{Cl}^-$ a $\text{SO}_4^{2-}$	145
7.2.6	Kationty	145
7.2.7	Koloidně rozpuštěné a suspendované látky	145
7.3	ÚPRAVA VODY	146
7.3.1	Odstraňování suspendovaných látek	147
7.3.2	Odstraňování koloidních a organických látek	148
7.3.3	Desinfekce vody	149
7.3.4	Srážecí reakce	150
7.3.5	Výměna iontů	151
7.3.5.1	Měníče iontů, ionexy	151
7.3.5.2	Výroba ionexů	152
7.3.5.3	Vlastnosti ionexů	152
7.3.5.4	Rovnováha výměny iontů	154
7.3.5.5	Kinetika výměny iontů	155
7.3.5.6	Zařízení pro výměnu iontů	156
7.3.6	Membránové a desalinační procesy	162
7.3.6.1	Elektrodialýza	162
7.3.6.2	Reverzní osmoza	164
7.3.6.3	Nanofiltrace	166
7.3.6.4	Ultrafiltrace	166
7.3.7	Destilace vody	166
7.3.8	Odplynění vody	167
7.3.8.1	Termické odplynění	167
7.3.8.2	Chemické odplynění	168
7.3.9	Konečná úprava napájecí vody	168
7.3.10	Voda a pára v parních generátorech	169

<b>8</b>	<b>TEPELNÉ MOTORY</b>	<b>172</b>
8.1	MOTORY S VNĚJŠÍM SPALOVÁNÍM	173
8.1.1	Parní stroje	174
8.1.1.1	Kondenzát	176
8.1.1.2	Mazání parních strjů	177
8.1.2	Parní turbíny	177
8.1.2.1	Lavalova dýza	177
8.1.2.2	Přeměna kinetické energie v mechanickou	179
8.1.2.3	Tlakový stupeň	179
8.1.2.4	Rovnotlaký stupeň	179
8.1.2.5	Přetlakový stupeň	180
8.1.2.6	Regulační stupeň	180
8.1.2.7	Soustavy parních turbin	181
8.1.2.8	Uspořádání parních turbin	182
8.1.2.9	Mazání turbin	183
8.1.2.10	Ucpávky	183
8.1.2.11	Regulace parních turbin	184
8.1.2.12	Kondenzace u parních turbin	184
8.1.2.13	Zanášení turbin solemi	186
8.2	MOTORY S VNITŘNÍM SPALOVÁNÍM	186
8.2.1	Pístové motory	187
8.2.1.1	Motor Ottův	187
8.2.1.2	Motor Dieselův	188
8.2.1.3	Chlazení spalovacích motorů	189
8.2.1.4	Mazání motorů	190
8.2.2	Plynové turbíny	190
8.2.2.1	Výbušná turbína (Holzwardt)	190
8.2.2.2	Rovnotlaká turbína (Brayton)	191
8.2.2.3	Oběh otevřený a uzavřený	191
8.2.2.4	Použití plynových turbin v průmyslu	192
<b>9</b>	<b>ENERGETICKÉ VÝROBNY</b>	<b>193</b>
9.1	KONDENZAČNÍ ELEKTRÁRNA	193
9.1.1	Odsiřování spalin	195

9.2	JADERNÉ ELEKTRÁRNY	196
9.3	VEŘEJNÉ A ZÁVODNÍ TEPLÁRNY	198
9.3.1	Kondenzát v teplotěnském provozu	198
9.3.2	Transformace tepla v teplotěnském okruhu	199
<b>10</b>	<b>KOROZE ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ</b>	<b>201</b>
10.1	KONSTRUKČNÍ MATERIÁL	201
10.2	KOROZNÍ PROSTŘEDÍ	202
10.3	KOROZE KOVŮ VE VODNÉM PROSTŘEDÍ	202
10.3.1	Rovnováha elektrodoových systémů	203
10.3.2	Stabilita železa ve vodě	204
10.3.3	Korozní proud a přepětí	207
10.3.4	Mechanismus koroze ve vodném prostředí	207
10.3.5	Koroze s vodíkovou depolarizací	208
10.3.6	Koroze s kyslíkovou depolarizací	210
10.4	PASIVITA	212
10.5	KOROZE ZA NAPĚTÍ, KOROZNÍ PRASKÁNÍ A EROZNÍ KOROZE	212
10.6	OXIDICKÉ VRSTVY	214
10.7	MOŘENÍ A ČIŠTĚNÍ KOTLŮ	215
10.8	INHIBITORY KOROZE	216
10.9	KOROZE PARNÍCH GENERÁTORŮ	217
10.10	KOROZE PŘEHŘÍVÁKŮ PÁRY	217
10.11	KOROZE PARNÍCH TURBIN	218
10.12	KOROZE ODPAREK, VÝMĚNÍKŮ TEPLA A KONDENZÁTORŮ	218
10.13	KOROZE VE VODNÍM HOSPODÁŘSTVÍ	220
10.14	KOROZE VNĚJŠÍ VÝHŘEVNÉ PLOCHY SPALINAMI	220
<b>11</b>	<b>KOMPRESORY</b>	<b>222</b>
11.1	TEORETICKÝ OBĚH PÍSTOVÉHO KOMPRESORU	222
11.2	VYJÁDŘENÍ KOMPRESNÍ PRÁCE Z TEPELNÉ BILANCE KOMPRESORU	223
11.3	POČET STUPŇŮ KOMPRESORU	225

11.4	SKUTEČNÝ OBĚH PÍSTOVÉHO KOMPRESORU	226
11.4.1	Provoz pístových kompresorů	228
11.4.2	Kompresorové stanice	228
11.5	ROTAČNÍ KOMPRESORY A DMYCHADLA	228
11.5.1	Lopátkový kompresor	229
11.5.2	Kompresor s kapalinovým pístem	229
11.5.3	Dmychadlo s otáčivými písty (Roots)	230
11.5.4	Rotační vývěvy	230
11.6	TURBOKOMPRESORY A TURBODMYCHADLA	230
11.7	VENTILÁTORY	231
11.8	PROUDOVÉ KOMPRESORY	232
11.9	IDEÁLNÍ PROUDOVÝ KOMPRESOR	234
<b>12</b>	<b>CHLAZENÍ NA NÍZKÉ TEPLoty</b>	<b>235</b>
12.1	KOMPRESOROVÉ CHLAZENÍ	235
12.1.1	Teoretický a skutečný cyklus	235
12.1.2	Chladiva	237
12.1.3	Chladicí zařízení ízení provozu chladících zařízení	239
12.1.4	Řízení provozu chladících zařízení	239
12.2	ABSORPČNÍ CHLAZENÍ	240
12.3	PRINCIP PARNÍCH EJEKTOROVÝCH CHLADÍCÍCH STROJŮ	241
<b>13</b>	<b>CHLAZENÍ NA VELMI NÍZKÉ TEPLoty</b>	<b>242</b>
13.1	ZPŮSOBY ZCHLAZOVÁNÍ	242
13.2	SPOTŘEBA MECHANICKÉ ENERGIE	242
13.3	VÝMĚNA CHLADU	242
13.4	ENTALPICKÁ BILANCE	243
13.5	MINIMÁLNÍ SPOTŘEBA MECHANICKÉ ENERGIE NA ZKAPALŇOVÁNÍ	244
13.6	HOSPODÁRNĚJŠÍ ZPŮSOBY ZKAPALŇOVÁNÍ	246