

0.	Předmluva . . . . .	1
1.	<u>Principy přeměny tepelné energie</u> . . . . .	2
1.1.	Energie a energetické názvosloví . . . . .	2
1.1.1.	Pojem energie, druhy a formy energie . . . . .	2
1.1.2.	Zdroje energie . . . . .	2
1.1.3.	Přeměny energie . . . . .	3
1.1.4.	Posuzování energií . . . . .	4
1.1.5.	Základní energetické pojmy a názvosloví . . . . .	5
1.2.	Teorie energetických strojů . . . . .	10
1.2.1.	Základní rovnice tepelného stroje . . . . .	10
1.2.2.	Zobrazení pochodu tepelného stroje v diagramech T-s, p-v . . . . .	13
1.2.3.	Užití základní rovnice tepelného stroje . . . . .	15
1.2.4.	Otevřený a uzavřený oběh . . . . .	18
1.2.5.	Účinnosti oběhu . . . . .	20
1.2.6.	Pracovní způsoby strojů pro přeměnu energie . . . . .	21
1.2.7.	Pracovní oběhy parních motorů . . . . .	22
1.3.	Lopatkový stroj . . . . .	25
1.3.1.	Rotující kanál, rychlostní a silové poměry . . . . .	25
1.3.2.	Pracovní proces tepelného lopatkového stroje . . . . .	28
1.3.3.	Průtok kanálem . . . . .	32
2.	<u>Tepelné energetické výroby</u> . . . . .	38
2.1.	Energetika a tepelné energetické výroby . . . . .	38
2.1.1.	Elektrárny a energetické soustavy . . . . .	38
2.1.2.	Palivoenergetické hospodářství ve světě . . . . .	39
2.1.3.	Palivoenergetické hospodářství ČSSR . . . . .	43
2.1.4.	Potřeba elektřiny a tepla . . . . .	44
2.2.	Kondenzační elektrárna . . . . .	46
2.2.1.	Základní schéma a oběh . . . . .	46
2.2.2.	Ztráty a účinnosti . . . . .	48
2.2.3.	Způsoby zvyšování termické účinnosti . . . . .	51
2.2.3.1.	Regenerační ohřev napájecí vody . . . . .	52
2.2.3.2.	Přihřívání páry . . . . .	54
2.3.	Teplárna a výtopna . . . . .	57
2.3.1.	Teplárna s protitlakovou turbinou . . . . .	57
2.3.2.	Teplárna s odběrovou turbinou . . . . .	59
2.3.3.	Výtopna . . . . .	62
2.3.4.	Volba nositelů tepla . . . . .	64
2.4.	Elektrárna se spalovací turbinou . . . . .	65
2.4.1.	Užití elektrárny se spalovací turbinou . . . . .	65
2.4.2.	Základní schéma a oběh . . . . .	66
2.5.	Jaderná elektrárna . . . . .	67
2.5.1.	Význam a poslání jaderné energie . . . . .	67
2.5.2.	Základní schéma a oběh . . . . .	68

	Str.	
2.6.	Provoz tepelných energetických výroben . . . . .	70
2.6.1.	Provozní předpisy . . . . .	70
2.6.2.	Výrobní náklady . . . . .	71
2.6.3.	Výstavba nových energetických výroben . . . . .	72
2.7.	Odpadní produkty z energetických výroben . . . . .	73
2.7.1.	Škodlivé exhalace . . . . .	73
2.7.2.	Struska a popílek . . . . .	74
2.7.3.	Odpadní vody . . . . .	74
2.7.4.	Odpadní produkty z jaderných elektráren . . . . .	75
3.	<u>Parní kotle</u> . . . . .	77
3.1.	Pracovní princip . . . . .	77
3.2.	Funkční celky parního kotle . . . . .	78
3.2.1.	Spalovací zařízení . . . . .	78
3.2.2.	Parní generátor . . . . .	78
3.2.3.	Příslušenství . . . . .	78
3.2.4.	Armatura . . . . .	79
3.2.4.1.	Jemná armatura . . . . .	79
3.2.4.2.	Hrubá armatura . . . . .	80
3.2.4.3.	Měřicí přístroje . . . . .	81
3.3.	Rozdělení parních kotlů . . . . .	81
3.3.1.	Vývoj parních kotlů . . . . .	81
3.3.2.	Rozdělení parních kotlů . . . . .	83
3.3.3.	Určovací veličiny parního kotle . . . . .	84
3.3.4.	Kotlové plochy a stav hladiny vody v kotli . . . . .	85
3.4.	Paliva pro parní kotle . . . . .	85
3.4.1.	Druhy a základní vlastnosti paliv . . . . .	86
3.4.2.	Paliva skupenství tuhého . . . . .	86
3.4.3.	Paliva skupenství kapalného . . . . .	88
3.4.4.	Paliva skupenství plynného . . . . .	88
3.4.5.	Výhřevnost a spalné teplo . . . . .	89
3.5.	Spalování paliv . . . . .	89
3.5.1.	Stechiometrické rovnice . . . . .	89
3.5.2.	Spotřeba kyslíku a vzduchu při spalování . . . . .	90
3.6.	Tepelný výkon parního kotle . . . . .	92
3.6.1.	Účinnost parního kotle . . . . .	94
3.6.2.	Ztráty parního kotle . . . . .	94
3.7.	Spalovací zařízení . . . . .	95
3.7.1.	Požadavky kladené na spalovací zařízení . . . . .	95
3.7.2.	Směrné hodnoty . . . . .	95
3.7.3.	Teple předané v ohništi a spalovací teplota . . . . .	97
3.7.4.	Přirozený a umělý tah . . . . .	98
3.8.	Spalovací zařízení - konstrukční uspořádání . . . . .	99
3.8.1.	Roštová ohniště . . . . .	99
3.8.2.	Prášková ohniště . . . . .	102
3.8.2.1.	Hořáky . . . . .	102

	Str.	
3.8.2.2.	Granulační ohniště . . . . .	104
3.8.2.3.	Výtavná ohniště . . . . .	105
3.8.2.4.	Cyklonová ohniště . . . . .	105
3.8.3.	Ohniště na kapalná a plynná paliva . . . . .	106
3.8.4.	Odpopelňovací a odstruskovací zařízení . . . . .	106
3.9.	Příprava paliva pro spalování . . . . .	108
3.9.1.	Mlecí okruhy . . . . .	108
3.9.2.	Mlýny a třídiče . . . . .	110
3.10.	Výhřevné plochy parních generátorů . . . . .	112
3.10.1.	Výparník . . . . .	112
3.10.2.	Přehřívák . . . . .	112
3.10.3.	Ohřívací plochy . . . . .	114
3.10.4.	Určení velikosti výhřevných ploch parního generátoru . . . . .	115
3.11.	Úprava napájecí vody . . . . .	118
3.11.1.	Prostředky pro úpravy napájecí vody . . . . .	119
3.12.	Charakteristiky a regulace parních kotlů . . . . .	119
3.12.1.	Charakteristiky a zásady regulace parních kotlů . . . . .	119
3.12.2.	Regulace napájení . . . . .	120
3.12.3.	Regulace spalování . . . . .	121
3.12.4.	Regulace teploty přehřáté páry . . . . .	122
3.12.5.	Ochrany parního kotle . . . . .	122
3.13.	Provozní problémy parních kotlů . . . . .	123
3.13.1.	Provoz parních kotlů . . . . .	123
3.13.2.	Zanášení výhřevných ploch a koroze . . . . .	123
3.13.3.	Odprašování - čištění spalin . . . . .	124
3.13.4.	Čistota ovzduší - exhalace . . . . .	125
3.14.	Vzory uspořádání parních kotlů . . . . .	125
3.14.1.	Materiál a konstrukční směrnice . . . . .	125
4.	<u>Parní turbíny</u> . . . . .	128
4.1.	Vznik a vývoj parních turbín . . . . .	128
4.2.	Pracovní proces parní turbíny . . . . .	128
4.2.1.	Vnitřní výkon a definice termodynamické účinnosti turbíny . . . . .	128
4.2.2.	Princip transformace energie v turbíně . . . . .	129
4.3.	Rovnotlaký stupeň . . . . .	130
4.3.1.	Ideální rovnotlaký stupeň . . . . .	130
4.3.2.	Průběh skutečné expanze ve stupni turbíny . . . . .	131
4.3.3.	Obvodová účinnost rovnotlakého stupně, Základní charakteristika . . . . .	132
4.4.	Curtisův stupeň (rychlostní stupeň) . . . . .	133
4.4.1.	Princip činnosti . . . . .	133
4.4.2.	Obvodová účinnost Curtisova stupně, základní charakteristika . . . . .	134
4.5.	Přetlakový stupeň . . . . .	135
4.5.1.	Princip činnosti . . . . .	135
4.6.	Uspořádání turbínových stupňů . . . . .	137
4.6.1.	Zbývající ztráty stupňů parní turbíny . . . . .	137
4.6.2.	Parciální ostřik . . . . .	139

	Str.	
4.6.3.	Konstrukční uspořádání turbinových stupňů . . . . .	139
4.7.	Mnohostupňové parní turbíny . . . . .	141
4.7.1.	Základní rozvahy . . . . .	141
4.7.2.	Zpětné využití ztrát . . . . .	142
4.7.3.	Ucpávkové ztráty . . . . .	142
4.7.4.	Namáhání turbinových lopatek . . . . .	143
4.8.	Charakteristiky parních turbin . . . . .	144
4.8.1.	Charakteristiky průtokové . . . . .	144
4.8.2.	Charakteristiky výkonové . . . . .	146
4.9.	Regulace parních turbin . . . . .	147
4.9.1.	Zásady regulace parních turbin . . . . .	147
4.9.1.1.	Regulace škrcením . . . . .	147
4.9.1.2.	Regulace skupinová . . . . .	148
4.9.1.3.	Regulace klouzavým tlakem . . . . .	149
4.9.2.	Regulace kondenzační turbíny . . . . .	150
4.9.3.	Zásahy do regulačního procesu . . . . .	151
4.9.4.	Regulace protitlakové turbíny . . . . .	152
4.9.5.	Regulace turbin s regulovanými odběry . . . . .	153
4.9.6.	Pojistné a ochranné regulace . . . . .	154
4.10.	Kondenzační zařízení parních turbin . . . . .	154
4.10.1.	Účel kondenzace . . . . .	154
4.10.2.	Základní výpočet kondenzace . . . . .	155
4.10.3.	Konstrukce kondenzátoru a pomocná zařízení . . . . .	156
4.10.4.	Provoz, zásobování vodou . . . . .	156
4.11.	Konstrukce a provedení parních turbin . . . . .	157
5.	<u>Elektrárna se spalovací turbínou</u> . . . . .	159
5.1.	Rozvoj spalovacích turbin . . . . .	159
5.1.1.	Vznik a vývoj spalovacích turbin . . . . .	159
5.1.2.	Užití spalovacích turbíny . . . . .	161
5.1.3.	Paliva pro spalovací turbíny . . . . .	162
5.2.	Pracovní oběhy spalovacích turbin . . . . .	162
5.2.1.	Základní princip spalovací turbíny . . . . .	162
5.2.2.	Schématá typických oběhů spalovacích turbin . . . . .	163
5.2.2.1.	Jednoduchý otevřený oběh bez výměníku tepla . . . . .	163
5.2.2.2.	Jednoduchý otevřený oběh s výměníkem tepla . . . . .	163
5.2.2.3.	Otevřený oběh s rozdělenou turbínou . . . . .	163
5.2.2.4.	Otevřený oběh s chlazením, vícenásobným spalováním a výměníkem tepla . . . . .	164
5.2.2.5.	Oběh pístového spalovacího motoru s plnicím turbodmychadlem . . . . .	165
5.2.2.6.	Uzavřený oběh spalovací turbíny . . . . .	165
5.2.2.7.	Oběh parního kotle Velox . . . . .	167
5.2.2.8.	Paroplynový oběh s dodatkovým spalováním . . . . .	167
5.3.	Řešení jednoduchého oběhu spalovací turbíny . . . . .	169
5.3.1.	Jednoduchý otevřený oběh spalovací turbíny bez výměníku tepla - ideální oběh . . . . .	169

5.3.2.	Jednoduchý otevřený oběh spalovací turbíny s výměníkem tepla - ideální oběh . . . . .	171
5.3.3.	Jednoduchý otevřený oběh spalovací turbíny bez výměníku tepla - reálný oběh . . . . .	172
5.3.4.	Jednoduchý otevřený oběh spalovací turbíny s výměníkem tepla - reálný oběh . . . . .	174
5.3.5.	Podmínka chodu spalovací turbíny, rovnovážný chod . . . . .	176
5.3.6.	Regulace spalovacích turbin . . . . .	177
5.4.	Hlavní části spalovací turbíny . . . . .	179
5.4.1.	Kompresory . . . . .	179
5.4.2.	Spalovací komory . . . . .	180
5.4.3.	Plynové turbíny . . . . .	182
5.4.4.	Výměníky . . . . .	182
5.5.	Použití spalovacích turbin na plynovodech . . . . .	185
6.	<u>Jaderné elektrárny</u> . . . . .	189
6.1.	Rozvoj jaderných elektráren . . . . .	189
6.1.1.	Vývoj jaderné energetiky . . . . .	189
6.1.2.	Princip jaderné elektrárny . . . . .	190
6.1.3.	Schémata jaderných elektráren s parními turbinami . . . . .	191
6.1.4.	Schémata jaderných elektráren s plynovými turbinami . . . . .	192
6.1.5.	Možnosti využití jaderných elektráren pro teplárenský provoz a jiné účely . . . . .	193
6.1.6.	Palivová a energetická bilance jaderné elektrárny . . . . .	194
6.2.	Fyzika atomového jádra . . . . .	197
6.2.1.	Stavba atomů . . . . .	197
6.2.2.	Vazebná energie a vzájemné reakce jader . . . . .	198
6.2.3.	Štěpení přírodních jaderných paliv . . . . .	202
6.2.4.	Řetězová reakce . . . . .	205
6.3.	Fyzika reaktoru . . . . .	206
6.3.1.	Jaderný reaktor - princip . . . . .	206
6.3.2.	Řízená řetězová reakce, multiplikační součinitel . . . . .	207
6.3.3.	Kritické poměry . . . . .	209
6.3.4.	Zplodiny rozpadu . . . . .	210
6.3.5.	Vývin a odvod tepla z reaktoru . . . . .	211
6.3.6.	Regulace výkonu reaktoru . . . . .	212
6.4.	Materiály jaderných reaktorů . . . . .	214
6.4.1.	Požadavky na vlastnosti materiálů pro jaderné reaktory . . . . .	214
6.4.2.	Paliva pro jaderné reaktory a palivové články . . . . .	215
6.4.3.	Moderátory . . . . .	218
6.4.4.	Chladiva jaderných reaktorů . . . . .	219
6.4.5.	Absorpční materiály . . . . .	221
6.4.6.	Oceli v jaderných reaktorech . . . . .	222
6.4.7.	Nekovové materiály . . . . .	222
6.5.	Jaderné energetické reaktory, koncepce a konstrukce . . . . .	222
6.5.1.	Rozdělení jaderných reaktorů . . . . .	222
6.5.2.	Vlastnosti nejdůležitějších jaderných energetických reaktorů . . . . .	224

	Str.	
6.5.3.	Konstrukční uspořádání jaderných reaktorů . . . . .	225
6.5.4.	Vnitřní a vnější přeprava paliva . . . . .	228
6.5.5.	Ochrana proti škodlivým účinkům záření . . . . .	229
6.6.	Jaderné elektrárny . . . . .	230
6.6.1.	Kritéria pro výstavbu jaderných elektráren . . . . .	230
6.6.2.	Schémata jaderných elektráren . . . . .	231
6.6.3.	Pomocné okruhy jaderných elektráren . . . . .	234
6.6.4.	Regulace jaderné elektrárny . . . . .	234
6.6.5.	Strojní zařízení elektráren . . . . .	236
6.7.	Hospodárnost provozu jaderné elektrárny . . . . .	237
6.7.1.	Rozbory účinností a vyhoření paliva . . . . .	237
6.7.2.	Podmínky chlazení a výměny tepla . . . . .	239
6.7.3.	Požizovací náklady, hospodárnost jaderných elektráren a výhled jejich rozvoje . . . . .	240
6.8.	Provoz jaderných elektráren . . . . .	241
6.8.1.	Provozní vlastnosti . . . . .	241
6.8.2.	Vyzkoušení a první spouštění . . . . .	242
6.8.3.	Provoz . . . . .	242
6.8.4.	Složistiště a uskladnění radioaktivních odpadů . . . . .	243
6.9.	Nové principy přeměny energie pro získání elektrické energie .	244
6.10.	Využití termojaderné reakce . . . . .	246
6.10.1.	Teoretické zdůvodnění . . . . .	246
6.10.2.	Provedení reaktoru . . . . .	247
6.10.3.	Zhodnocení . . . . .	249
7.	<u>Kompresory</u> . . . . .	250
7.1.	Úvodní rozbor . . . . .	250
7.1.1.	Účel a použití kompresorů . . . . .	250
7.1.2.	Druhy kompresorů - jejich rozdělení . . . . .	250
7.2.	Objemové kompresory - základní vlastnosti . . . . .	251
7.2.1.	Principy objemových kompresorů . . . . .	251
7.2.2.	Ideální kompresor jednostupňový - pracovní rozbor . . . . .	251
7.2.3.	Spotřeba práce pro různé způsoby stlačení . . . . .	253
7.2.4.	Objemová a dopravní účinnost . . . . .	256
7.2.5.	Několikastupňová komprese . . . . .	257
7.2.6.	Příkony a energetické účinnosti . . . . .	259
7.2.7.	Vliv vlhkosti . . . . .	261
7.3.	Vzory provedení objemových kompresorů . . . . .	261
7.3.1.	Provedení pístového kompresoru . . . . .	261
7.3.2.	Rozvody kompresorů a vývěv . . . . .	263
7.3.3.	Provedení rotačních objemových kompresorů . . . . .	264
7.4.	Charakteristiky a regulace objemových kompresorů . . . . .	265
7.4.1.	Charakteristiky . . . . .	265
7.4.2.	Regulace . . . . .	266
7.5.	Dynamické kompresory . . . . .	268
7.5.1.	Principy dynamických kompresorů, použití . . . . .	268

	Str.	
7.5.2.	Stlačení v turbokompresoru . . . . .	269
7.5.3.	Radiální stupeň, rozbor jeho práce . . . . .	270
7.5.4.	Axiální stupeň . . . . .	274
7.6.	Celkové řešení a provedení turbokompresoru . . . . .	276
7.6.1.	Výkony, celkové ztráty a účinnosti . . . . .	276
7.6.2.	Chlazení při kompresi - optimální stlačení ve stupni . . . . .	277
7.6.3.	Postup při řešení radiálního turbokompresoru . . . . .	278
7.6.4.	Vzory provedení turbokompresorů . . . . .	279
7.7.	Charakteristiky a regulace turbokompresoru . . . . .	280
7.7.1.	Charakteristiky . . . . .	280
7.7.2.	Regulace . . . . .	284
7.8.	Příklady užití kompresorů . . . . .	286
7.8.1.	Kompresní stanice . . . . .	286
7.8.1.1.	Popis a pracovní rozbor . . . . .	286
7.8.1.2.	Některé důležité části kompresorové stanice . . . . .	287
7.8.2.	Chladiřenská technika . . . . .	289
7.8.2.1.	Popis a pracovní rozbor . . . . .	289
7.8.2.2.	Zařízení s oběhem parním . . . . .	290
7.8.2.3.	Hlavní části - regulace chlazení . . . . .	292
8.	<u>Čerpadla</u> . . . . .	293
8.1.	Základní pojmy čerpačích techniky . . . . .	293
8.2.	Potrubí a armatury (čerpačích zařízení). . . . .	293
8.2.1.	Určení měrné energie $Y_a$ . . . . .	293
8.2.2.	Určení ztrátové měrné energie $Y_z$ . . . . .	295
8.2.3.	Charakteristika čerpačích zařízení . . . . .	297
8.2.4.	Řazení potrubí a jeho prvků . . . . .	297
8.2.5.	Potrubí a armatury, uspořádání a provoz . . . . .	298
8.3.	Čerpadla . . . . .	300
8.3.1.	Základní pojmy a rozdělení čerpadel . . . . .	300
8.3.2.	Hydrostatická čerpadla - charakteristické znaky . . . . .	300
8.3.3.	Hydrodynamická čerpadla - charakteristické znaky . . . . .	301
8.3.4.	Ostatní čerpadla - charakteristické znaky . . . . .	302
8.4.	Čerpadla hydrostatická . . . . .	302
8.4.1.	Pístové čerpadlo - teoretické vztahy . . . . .	302
8.4.2.	Zubové čerpadlo - teoretické vztahy . . . . .	304
8.4.3.	Ztráty, účinnosti a charakteristika . . . . .	305
8.4.4.	Regulace hydrostatických čerpadel . . . . .	306
8.5.	Čerpadla hydrodynamická . . . . .	306
8.5.1.	Teoretické vztahy . . . . .	307
8.5.2.	Ztráty, účinnosti, charakteristika . . . . .	308
8.5.3.	Podobnost (afinita) . . . . .	311
8.5.4.	Měrné otáčky; řazení kol čerpadla . . . . .	313
8.5.5.	Kavitace, poměry v sání čerpadla . . . . .	314
8.5.6.	Regulace hydrodynamických čerpadel . . . . .	316
8.5.7.	Spolupráce hydrodynamických čerpadel . . . . .	318
8.5.8.	Konstrukční uspořádání . . . . .	319

	Str.	
8.6.	Srovnání hydrostatických a hydrodynamických čerpadel . . . . .	321
8.7.	Užití čerpadel v energetice . . . . .	322
8.7.1.	Čerpadla v parní elektrárně . . . . .	322
8.7.1.1.	Napájecí čerpadlo (napáječka) . . . . .	322
8.7.1.2.	Kondenzátní čerpadlo (kondenzátka) . . . . .	324
8.7.1.3.	Čerpadlo chladící vody (ohladička) . . . . .	325
8.7.1.4.	Čerpadla pro dopravu hydrosměsí (bagrovací) . . . . .	325
8.7.2.	Čerpadla v jaderné elektrárně . . . . .	326
8.7.3.	Čerpadla v rozvodu tepla . . . . .	326
8.7.4.	Čerpadla ve vodní elektrárně . . . . .	327
9.	<u>Vodní elektrárny</u> . . . . .	328
9.1.	Využití vodní energie . . . . .	328
9.1.1.	Vodní elektrárny . . . . .	328
9.1.2.	Využití vodních elektráren a vodní energie . . . . .	331
9.1.3.	Rozdělení vodních turbin . . . . .	332
9.2.	Vlastnosti vodních turbin . . . . .	333
9.2.1.	Pracovní rovnice a jejich rozbor . . . . .	333
9.2.2.	Rychlostní poměry . . . . .	335
9.2.3.	Výkony a účinnosti . . . . .	336
9.2.4.	Využití vodního spádu, kavitace . . . . .	337
9.2.5.	Hydraulická podobnost . . . . .	339
9.2.6.	Specifické otáčky, vliv velikosti na účinnost . . . . .	340
9.3.	Charakteristiky a regulace vodních turbin . . . . .	342
9.3.1.	Normální charakteristika vodní turbíny . . . . .	342
9.3.2.	Chování vodní turbíny při proměnném průtoku . . . . .	342
9.3.3.	Chování vodní turbíny při proměnných otáčkách . . . . .	347
9.3.4.	Regulace otáček (výkonu) vodních turbin . . . . .	348
9.4.	Vzory provedení vodních turbin . . . . .	349
10.	<u>Seznam použité a doporučené literatury</u> . . . . .	351
10.1.	Základní literatura . . . . .	351
10.2.	Literatura k jednotlivým kapitolám . . . . .	351