

Oddíl I TEPELNÉ CENTRÁLY

1	TEPELNÉ CENTRÁLY A JEJICH EKONOMIKA	3
1.1	Úvod	3
1.2	Měrné výrobní náklady	3
1.2.1	Měrné náklady na výrobu elektrické energie	3
1.2.2	Měrné náklady na výrobu tepla	5
1.3	Dodávka tepla a elektřiny z teplotěnského zdroje	7
1.3.1	Roční diagram trvání potřeby tepla pro vytápění a přípravu TUV	7
1.3.2	Potřeba a spotřeba tepla pro technologické účely	10
1.3.3	Výroba elektrické energie v teplotárnách	11
1.4	Ekonomika teplotěnské výroby	13
1.4.1	Výnosy z vyrobeného tepla a elektrické energie	13
1.4.2	Základní ukazatele pro ekonomické hodnocení investic	15
1.4.3	Citlivostní analýza	15
1.4.4	Ekonomické hodnocení teplotěnského zdroje	16
1.4.5	Rozdělení nákladů na teplo a elektřinu v teplotárně	20
2	TEPELNÁ SCHÉMATA ELEKTRÁREN A TEPLÁREN	23
2.1	Úvod	23
2.2	Prvky teplotních schémat	23
2.2.1	Parní turbína	23
2.2.2	Parní ohřívák vody	26
2.2.3	Parní ohřívák s chladičem páry	27
2.2.4	Parní ohřívák s chladičem kondenzátu	28
2.2.5	Odplyňovač s napájecí nádrží	28
2.2.6	Směšovací ohřívák	29
2.2.7	Uvolňovač páry	29
2.2.8	Zapojení ucpávkové páry	30
2.2.9	Redukční a chladicí stanice	32
2.2.10	Odparka a měnič páry	32
2.2.11	Napájecí a kondenzační čerpadla	33
2.2.12	Hmotnostní bilance pracovního okruhu	34
2.3	Teplotné schéma s kondenzační parní turbínou	34
2.3.1	Návrh a výpočet teplotného schématu kondenzační elektrárny	34
2.3.2	Zvláštnosti výpočtu teplotného schématu turbín pracujících na sytou páru	45
2.3.3	Zvláštnosti výpočtu teplotného schématu při nevýpočtových režimech	46
2.4	Teplotné schéma teplotárny s parní turbínou	47
2.4.1	Teplotné schéma teplotárny s protitlakovou parní turbínou bez regulovaných odběrů páry	47
2.4.2	Teplotné schéma teplotárny s protitlakovou turbínou a regeneračním ohřevem napájecí vody	55
2.5	Oběhy spalovacích turbín	56
2.5.1	Způsoby výpočtu oběhu spalovací turbíny	56
2.5.2	Jednoduchý otevřený oběh spalovací turbíny při skutečných podmínkách	56
2.5.3	Tlakové ztráty v oběhu	56
2.5.4	Účinnost expanze a komprese	57
2.5.5	Pracovní látka v oběhu	57
2.5.6	Izoentropická změna stavu směsi plynů	58
2.5.7	Spalovací komora	59
2.5.8	postup výpočtu jednoduchého otevřeného oběhu spalovací turbíny	62
2.6	paroplynový blok	63
2.6.1	Zvláštnosti výpočtu teplotného schématu zařízení pro výrobu elektrické energie	63
2.6.2	Výpočet teplotného schématu paroplynové teplotárny	66
2.6.3	Paroplynové zařízení se vstřikem vodní páry	67

1	PARNÍ TURBÍNA – VOLBA ZÁKLADNÍ KONCEPCE	68
1.1	Volba počtu stupňů	68
1.2	Volba typu lopatkování	68
1.3	Volba regulačního stupně	69
2	STUPEŇ PARNÍ TURBÍNY V PROVEDENÍ A-KOLO	70
2.1	Předběžný návrh A-kola	70
2.2	Detailní výpočet A-kola	73
3	STUPEŇ PARNÍ TURBÍNY V PROVEDENÍ DVOUVĚNCOVÉ C-KOLO	78
3.1	Předběžný návrh dvouvěncového C-kola	78
3.2	Předběžný výpočet dvouvěncového C-kola	79
4	NÁVRH STUPNĚ S RELATIVNĚ DLOUHOU LOPATKOU	83
4.1	Výpočet stupně za předpokladu proudění na válcových plochách	84
4.1.1	Lopatkování s konstantní cirkulací	84
5	MNOHOSTUPŇOVÁ PARNÍ TURBÍNA	90
5.1	Směrnice pro návrh mnohostupňové parní turbíny	90
5.1.1	Součinitel zpětného využití ztrát	90
5.1.2	Výpočet mnohostupňové parní turbíny	91
5.2	Tepelný výpočet mnohostupňové parní turbíny s rovnotlakým lopatkováním	92
5.2.1	Stanovení průměru prvního stupně stupňové části	93
5.2.2	Stanovení průměru posledního stupně stupňové části	94
5.2.3	Stanovení počtu stupňů turbíny	95
5.2.4	Výpočet stупeň po stupni	96
5.2.5	Souhrnná bilance výpočtu parní turbíny	96
5.2.6	Příklad výpočtu mnohostupňové kondenzační turbíny s rovnotlakovým lopatkováním	97
5.3	Tepelný výpočet mnohostupňové parní turbíny s přetlakovým lopatkováním	101
5.3.1	Předběžný výpočet stupňové části s přetlakovým lopatkováním	101
5.3.2	Tepelný výpočet skupiny přetlakových stupňů c_a/u	103
5.3.3	Doporučené úpravy průtočného kanálu	106
5.3.4	Rychlostní trojúhelníky řadového stupně přetlakového lopatkování	106
5.3.5	Vnitřní účinnost řadového stupně přetlakového lopatkování	107
5.3.6	Příklad výpočtu přetlakového lopatkování metodou c_a/u	108
6	UCPÁVKY PARNÍCH TURBÍN	110
7	OSOVÁ SÍLA V PARNÍ TURBÍNĚ	111
7.1	Příklad výpočtu osové síly mnohostupňové turbíny	112
8	NÁVRH PRŮTOČNÉHO PRŮŘEZU SKUPINOVÉ REGULACE VÝKONU TURBÍNY	113
9	SPOTŘEBNÍ CHARAKTERISTIKY PARNÍCH TURBÍN	116
9.1	Turbína se škrtící regulací	116
9.2	Turbína se skupinovou regulací	116
9.3	Spotřební diagram turbíny s jedním regulovaným odběrem páry	117
10	PŘÍLOHY	119
10.1	Rychlostní součinitele pro výpočet ztrát	119
10.2	Tabulky profilů lopatek parních turbín	121
10.3	Ukázky konstrukčního provedení parních turbín do 30 MW	124

Oddíl III ZAŘÍZENÍ PRO PŘENOS TEPLA A PRACOVNÍCH LÁTEK

1	SDÍLENÍ TEPLA VE VÝMĚNÍCÍCH	129
1.1	Druhy tepelných výpočtů	129
1.2	Základní výpočtové vztahy	129
1.3	Průběh teplot podél teplosměnné plochy	131
1.4	Střední teplotní rozdíl	132
1.5	Bezrozměrné veličiny používané při výpočtech výměníků	133
1.6	Návrhový výpočet pomocí středního teplotního rozdílu	134
1.7	Výpočty založené na bezrozměrných veličinách	135
1.8	Sdílení tepla při proudění pracovní látky	136
1.9	Sdílení tepla při podélném obtékání svazku trubek	139
1.10	Příčné obtékání svazku hladkých trubek	140
1.11	Sdílení tepla ve svazku žebrovaných trubek	147
1.11.1	Trubky s příčnými žebry	147
1.12	Svazek trubek s přímými podélnými žebry	152
1.13	Kondenzace páry	152
1.14	Kondenzace syté páry na vertikálních trubkách	152
1.15	Kondenzace páry ve svazku horizontálních trubek	156
1.16	Některé korekční součinitele při výpočtu přestupu tepla při kondenzaci čisté páry	156
1.17	Tlakové ztráty ve výměníku	157
1.17.1	Tlaková ztráta svazku trubek při proudění látky uvnitř trubek	157
1.17.2	Tlaková ztráta při podélném obtékání trubkového svazku	158
1.17.3	Tlaková ztráta při příčném obtékání trubkového svazku	158
1.17.4	Tlaková ztráta svazku žebrovaných trubek s příčnými žebry	161
1.17.5	Svazek s vnitřními podélnými žebry	162
1.18	Deskové výměníky tepla	162
1.18.1	Výpočet tlakové ztráty	162
1.18.2	Výpočet součinitele přestupu tepla	163
1.18.3	Metodika postupu výpočtu	164
2	KONDENZÁTORY PARNÍCH TURBÍN	166
2.1	Základní vztahy	166
2.2	Určení středního součinitele prostupu tepla	167
2.3	Tepelný výpočet kondenzátoru	168
2.4	Výpočtová charakteristika kondenzátoru	170
2.5	Hydraulický odpor kondenzátoru	170
2.6	Parní odpor kondenzátoru	171
2.7	Některé základní výpočty při navrhování trubkového svazku	171
3	POTRUBÍ	173
3.1	Normalizace v potrubní technice	173
3.1.1	Jmenovité světlosti (ČSN 13 0015 – výběr)	173
3.1.2	Jmenovité tlaky a pracovní stupně (ČSN 13 0010 – výběr)	173
3.1.3	Tlaky a teploty	173
3.2	Trubky	174
3.3	Způsob navrhování potrubí	174
3.3.1	Kreslení a značení potrubí	178
3.4	Základní vztahy pro hydraulický výpočet potrubí	179
3.5	Tlakové ztráty	180
3.5.1	Tlaková ztráta v přímém potrubí neproměnného průřezu	180
3.5.2	Místní tlakové ztráty	182
3.6	Výpočet průměru potrubí	186
3.6.1	Výpočet průměru potrubí z rychlosti proudění	186
3.6.2	Výpočet průměru potrubí z tlakové ztráty	186
3.6.3	Výpočet hospodárného průměru potrubí	187

Oddíl IV FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI PRACOVNÍCH LÁTEK

1	VODA A VODNÍ PÁRA	189
1.1	Rovnice termodynamických vlastností vody a vodní páry vhodné pro výpočet expanze v turbíně pomocí počítačů	189
1.2	Adiabatický exponent pro vodní páru	192
1.3	Tabulky vlastností vody a vodní páry	193
2	VLASTNOSTI PLYNŮ	206
2.1	Aproximační vzorce Rivkina	206
2.2	Jednoduché aproximační rovnice pro výpočet vlastností vybraných plynů	209
	SEZNAM POUŽITÉ A DOPŇKOVÉ LITERATURY	211
	OBSAH	214