

Předmluva	13
Přehled použitých symbolů a indexů	14
1 Úvod	19
1.1 Funkce, rozdělení, parametry a začlenění parního kotle ve schématech tepelných centrální	19
1.2 Funkce, rozdělení, parametry a použití teplovodních a horkovodních kotlů	27
1.3 Morfologické varianty konvenčních parních a horkovodních kotlů	29
1.4 Příklady parních kotlů	32
1.4.1 Velkoprostorové kotle	32
1.4.2 Vodotrubné kotle	36
Literatura	60
2 Vlastností pracovních médií a základních surovin v provozu parních a horkovodních kotlů	61
2.1 Vodní pára	61
2.1.1 Termodynamické vlastnosti vody a vodní páry	61
2.1.2 Kvalita technicky čisté páry	67
Literatura	68
2.2 Voda pro parní a horkovodní kotle	69
2.2.1 Druhy vod v kotelně a požadavky na jejich kvalitu	69
2.2.1.1 Koncentrace vodíkových iontů; hodnota pH	73
2.2.1.2 Měrná elektrická vodivost; celkový obsah solí	74
2.2.1.3 Tvrdost vody	76
2.2.1.4 Soli s anionty Cl^- a SO_4^-	78
2.2.1.5 Kyslíčnan křemičitý a sloučeniny křemíku	79
2.2.1.6 Látky tvořící suspendované a koloidní roztoky	79
2.2.1.7 Obsah plynů	80
2.2.2 Úprava napájecí vody	82
2.2.2.1 Kapacita úpravní vody. Určení množství odľuhu a přídavné vody	82
2.2.2.2 Obecné zásady pro úpravu přídavné napájecí vody	83
Literatura	84
2.3 Spalovací vzduch	85
2.3.1 Vlhkost a další stavové veličiny vzduchu	87
2.3.2 Termodynamické a aerodynamické veličiny vzduchu	92
Literatura	95
2.4 Spaliny z ohnišť parních kotlů	95
2.4.1 Složení spalin	95

2.4.2	Stavové veličiny spalin a jejich složek	96
2.4.3	Tepelné a aerodynamické veličiny spalin	97
2.4.4	Rosný bod spalin	108
	Literatura	111
2.5	Paliva spalovaná v ohništích parních kotlů	111
2.5.1	Používané druhy paliv v ČSSR	111
2.5.2	Tuhá paliva	113
2.5.2.1	Vzorkování	118
2.5.2.2	Hrubý rozbor	120
2.5.2.3	Prvkové složení	125
2.5.2.4	Fyzikální a chemické vlastnosti	130
2.5.3	Popeloviny tuhých paliv	137
2.5.3.1	Minerální složka paliva	137
2.5.3.2	Složení popelovin	139
2.5.3.3	Fyzikální a chemické vlastnosti popelovin	139
2.5.4	Kapalná paliva	144
2.5.4.1	Vzorkování	144
2.5.4.2	Složení kapalných paliv	144
2.5.4.3	Fyzikální a chemické vlastnosti	145
2.5.5	Plynná paliva	148
2.5.5.1	Vzorkování	148
2.5.5.2	Složení plyných paliv	148
2.5.5.3	Fyzikální a chemické vlastnosti	149
	Literatura	152
3	Teoretické základy spalování	155
3.1	Statika hoření	156
3.1.1	Určení spotřeby spalovacího vzduchu a množství spalin při dokonalém spalování tuhých a kapalných paliv	157
3.1.2	Určení spotřeby spalovacího vzduchu a množství spalin při dokonalém spalování plyných paliv	162
3.1.3	Přibližné určení spotřeby spalovacího vzduchu a množství spalin při dokonalém spalování paliv	164
3.1.4	Nedokonalé spalování tuhých a kapalných paliv	165
3.1.5	Nedokonalé spalování plyných paliv	168
3.1.6	Kontrola jakosti spalování	169
3.2	Dynamika spalování	174
3.2.1	Kinetika spalovacích reakcí	175
3.2.2	Vliv teploty na rychlost kinetického spalování	178
3.2.3	Řetězový mechanismus reakcí při spalování	181
3.2.4	Heterogenní spalování uhlovodíků spojené s tvorbou sazí	184
3.2.5	Heterogenní spalování kapalných paliv	186
3.2.6	Heterogenní spalování fosilních tuhých paliv	193
3.2.7	Mísení paliva, vzduchu a spalin při vytékání proudů z hořáku do ohniště	204
	Literatura	205

4	Spalovací zařízení	207
4.1	Ohniště	207
4.1.1	Funkce a zásady správného navrhování	207
4.1.2	Porovnávací kritéria ohnišť	208
4.1.3	Teplu předané v ohništi, teplota nechlazeného plamene, střední teplota a teplota na konci ohniště	225
4.1.4	Roštová ohniště	238
4.1.4.1	Určení roštové plochy a objemu ohniště	243
4.1.4.2	Aerodynamický odpor vrstvy paliva	248
4.1.4.3	Typy roštů	248
4.1.4.4	Roštnice	255
4.1.4.5	Mezní výkon roštových ohnišť	257
4.1.5	Prášková ohniště	258
4.1.5.1	Velikost a tvar z hlediska spalování	259
4.1.5.2	Velikost a tvar z hlediska požadovaného přenosu tepla	266
4.1.5.3	Granulační ohniště	274
4.1.5.4	Výtavná ohniště	276
4.1.6	Cyklónová ohniště	281
4.1.7	Fluidní ohniště	290
4.1.8	Ohniště na kapalná paliva	299
4.1.9	Ohniště na plynná paliva	305
4.1.10	Kombinovaná ohniště	307
4.2	Hořáky	307
4.2.1	Práškové hořáky	310
4.2.2	Hořáky na kapalná paliva (olejové hořáky)	323
4.2.2.1	Dimenzování trysky tlakového hořáku	335
4.2.2.2	Vzduchová skříň, vířiče a regulace spalovacího vzduchu	337
4.2.3	Hořáky na plynná paliva (plynové hořáky)	338
4.2.4	Kombinované hořáky	343
4.3	Příprava paliva pro spalování a palivové hospodářství	343
4.3.1	Mlecí okruhy. Příprava uhelného prášku	346
4.3.2	Vlastnosti uhelného prášku	350
4.3.3	Mlecí teorie	364
4.3.4	Typy, parametry, požadavky a volba počtu mlynů	366
4.3.5	Trubnatý mlýn	369
4.3.6	Tlukadlový mlýn	377
4.3.7	Ventilátorový mlýn	386
4.3.7.1	Ventilační funkce mlýna	387
4.3.7.2	Mlecí funkce	404
4.3.8	Kroužkový mlýn	414
4.3.9	Kladkový mlýn	418
4.3.10	Časová konstanta mlýna	421
4.3.11	Tříděč	422
4.3.12	Sušení paliva	427
4.3.13	Podavače surového uhlí a prášku	429

4.3.14	Zásobníky surového uhlí a prášku	431
4.4	Zařízení k dopravě vzduchu a spalin kotlem	434
4.4.1	Komín. Přirozený tah	436
4.4.2	Umělý tah. Sací (spalinové) ventilátory	440
4.4.3	Vzduchové (dmychací) ventilátory	441
4.4.4	Volba typu elektromotoru k pohonu ventilátoru	442
4.4.5	Provedení, výběr a regulace vzduchových a spalinových ventilátorů	443
4.5	Odstraňování tuhých zbytků	449
4.5.1	Mechanické odškvárování	449
4.5.2	Hydraulické odškvárování, odstruskování a odpopílkování	452
4.5.3	Pneumatické odstraňování tuhých zbytků	456
4.6	Exhalace kotelen, čištění a rozptylování spalin	457
4.6.1	Odprašování spalin. Odlučovačky popílku	458
4.6.1.1	Charakteristiky odlučováků	459
4.6.2	Rozptylování exhalací z kotelen pomocí komína	462
4.6.2.1	Vliv meteorologických faktorů na čistotu ovzduší	465
4.6.2.2	Maximální a kritická přízemní koncentrace plyných škodlivin	466
4.6.2.3	Maximální přízemní koncentrace za nepříznivých meteorologických situací	467
4.6.2.4	Rozptylování tuhých exhalací	468
4.6.2.5	Vliv zástavby a členitosti terénu na rozptyl	470
4.6.2.6	Minimální výška komína pro komplex exhalací	471
4.6.2.7	Volba polohy zdroje exhalací	471
4.6.3	Odstraňování SO ₂ a SO ₃ z exhalací	472
	Literatura	473
5	Výměníková část parního a horkovodního kotle s příslušenstvím	476
5.1	Zvláštnosti pevnostního dimenzování součástí pracujících za tepla	478
5.1.1	Pevnostní kritéria a výpočtové bezpečnosti	478
5.1.2	Vliv kolísání teploty na životnost součástí vystavených tečen	482
5.1.3	Stacionární a nestacionární teplotová prnutí	483
5.2	Výparník	489
5.2.1	Dvoufázové proudění ve výparníku	491
5.2.1.1	Charakteristiky a parametry dvoufázového proudění	491
5.2.1.2	Struktura dvoufázového proudění	492
5.2.1.3	Tlakové ztráty při dvoufázovém proudění	496
5.2.1.4	Nucený průtok výparníkem	498
5.2.2	Přenos tepla a pochody při varu vody	505
5.2.3	Typy výparníků	510
5.2.3.1	Výparník kotle s přirozenou cirkulací	510
5.2.3.2	Výparník průtočného kotle	518
5.2.3.3	Výparník kotle s nuceným oběhem	521
5.2.3.4	Nové typy výparníků průtočných kotlů	525
5.2.4	Buben u kotlů s oběhem	528
5.2.4.1	Vývoj funkce bubnu a jeho výroba	528
5.2.4.2	Zařízení k čištění páry	532
5.2.4.3	Závěsy a podpěry bubnu	538

5.3	Přehřívák	539
5.3.1	Dělení přehříváků do stupňů, umístění v kotli	540
5.3.2	Nerovnoměrnost teploty přehřáté páry	542
5.3.3	Vliv provozních změn na střední výstupní teplotu páry	544
5.3.4	Konstrukční řešení přehříváků	545
5.4	Mezipřehřívák (přihřívák)	549
5.4.1	Význam a výhody mezipřehřívání páry	549
5.4.2	Typy a konstrukční provedení mezipřehříváků	550
5.5	Ohřívák vody	552
5.5.1	Příčiny zavedení ohříváků vody	552
5.5.2	Konstrukční provedení a umístění ohříváků vody	553
5.6	Ohřívák spalovacího vzduchu	556
5.6.1	Význam ohřívání spalovacího vzduchu	556
5.6.2	Teploty ohřívaného vzduchu	557
5.6.3	Typy ohříváků vzduchu a jejich konstrukční provedení	562
5.7.	Armatura kotle	569
5.7.1	Rozdělení armatury	569
5.7.2	Jemná armatura	569
5.8	Separátory vlhkosti a najíždějící nádoby průtočných kotlů	574
	Literatura	578
6	Tepelný výpočet kotle	580
6.1	Volba koncepce kotle a palivového hospodářství	580
6.2	Postup při návrhu a projekčním tepelném výpočtu kotle	582
6.3	Postup při kontrolním tepelném výpočtu kotle	583
6.4	Výpočet paralelně řazených ploch	584
6.5	Vlastní návrh kotle	584
6.5.1	Tepelné schéma a návrh řazení výhřevných ploch	584
6.5.2	Návrh celkového uspořádání ohniště a průtahů	587
6.5.3	Návrh vlastního ohniště	589
6.6	Předběžné a pomocné výpočty	590
6.6.1	Odhad průběhu součinitele přebytku vzduchu α a tlaku vody a páry	590
6.6.2	Objemové a tepelné výpočty spalin	591
6.6.3	Tepelné ztráty a účinnost kotle	598
6.6.4	Příprava paliva před spalováním	604
6.6.5	Bilanční tepelné výpočty jednotlivých dílů kotle	609
6.7	Tepelné a konstrukční výpočty jednotlivých dílů kotle	610
6.7.1	Výpočet ohniště a výparníku	610
6.7.2	Výpočet přenosu tepla sáláním spalin	619
6.7.3	Výpočet ohříváků vzduchu	625
6.7.4	Výpočet ohříváků vody	631
6.7.5	Výpočet přehříváků páry	632
6.7.6	Výpočet mezipřehříváků páry	637
6.8	Tepelný výpočet kotle pro částečný výkon	638
6.9	Výpočet teploty stěny trubek výhřevných ploch	639
6.9.1	Výpočty u sálavých a nástěnných výhřevných ploch	641

6.9.2	Výpočty konvekčních a deskových výhřevných ploch	645
6.9.3	Stanovení součinitelů přestupu tepla	648
6.9.4	Stanovení součinitele hydraulické nerovnoměrnosti	651
	Literatura	656
7	Hydraulický výpočet kotle	657
7.1	Tlakové poměry ve výhřevné ploše tvořené systémem paralelních trubek spojených na vstupu rozváděcí a na výstupu sběrnou komorou	657
7.2	Hydraulické nerovnoměrnosti v paralelním trubkovém systému	665
7.3	Výpočet přirozeného oběhu vodotrubného kotle	667
7.4	Výpočet nuceného oběhu	673
7.5	Výpočet průtočného kotle	675
	Literatura	676
8	Aerodynamický výpočet kotle	677
8.1	Odpor třením	677
8.2	Místní odpory	679
8.3	Vliv prachu a popílku na tlakovou ztrátu	680
8.4	Určování součinitelů místních odporů	680
8.4.1	Tlaková ztráta změnou průřezu	680
8.4.2	Tlaková ztráta změnou směru	682
8.4.3	Tlaková ztráta při dělení proudu	687
8.4.4	Tlaková ztráta trubkového svazku	689
8.4.5	Tlaková ztráta Ljungstroemova ohříváku vzduchu	693
8.4.6	Tlaková ztráta komína	693
8.4.7	Aerodynamický odpor vrstvy paliva	693
8.4.8	Tlaková ztráta fluidní vrstvy	696
8.4.9	Tlaková ztráta měřicích clon a dýz	698
8.4.10	Tlaková ztráta litinového ohříváku vzduchu	698
8.4.10.1	Tlaková ztráta na straně vzduchu	698
8.4.10.2	Tlaková ztráta na straně spalín	699
8.4.11	Určení vztlaku jednotlivých částí kotle	700
8.4.12	Stanovení optimálních hodnot rychlostí vzduchu a spalín	700
	Literatura	701
9	Pevnostní výpočet tlakových částí parních kotlů	702
9.1	Výpočet otápených i neotápených trubek namáhaných vnitřním přetlakem	703
9.2	Přídavná namáhání otápených trubek namáhaných vnitřním přetlakem	709
9.3	Trubky a plamence namáhané vnějším přetlakem	710
9.4	Namáhání válcové části bubnů a komor vnitřním přetlakem	714
9.5	Přídavná namáhání válcové části bubnů, parojemů a komor	719
9.6	Pevnostní výpočet kuželových přechodů komor	723
9.7	Kotlová dna klenutá, namáhaná vnitřním přetlakem	724
9.8	Kotlová dna klenutá, namáhaná vnějším přetlakem	725
9.9	Rovinná dna namáhaná vnitřním přetlakem	726
9.10	Pevnostní výpočet vik a průřezů	728

9.11	Pevnostní výpočet čtyřhranných komor přímých, namáhaných vnitřním přetlakem	729
9.12	Pevnostní výpočet membránových kompenzátorů	730
9.13	Pevnostní výpočet vyztužených rovinných stěn	731
9.14	Trubková kolena (oblouky) namáhaná vnitřním přetlakem	732
	Literatura	734
10	Konstrukční materiály pro stavbu kotlů	735
10.1	Hutní materiál. Objednávání a kontrola při přejímce	735
10.2	Volba ocelí podle způsobu použití	736
10.2.1	Oceli na plechy	737
10.2.2	Oceli na trubky	737
10.2.3	Oceli na výkovky, vývalky, výlisky a odlitky	743
10.3	Keramické a izolační materiály ve stavbě kotlů	748
10.3.1	Vlastnosti materiálů na obezdívky	749
10.3.2	Izolační materiály	753
	Literatura	756
11	Dynamika a regulace parních kotlů	758
11.1	Základní pojmy teorie deterministických přechodových jevů	758
11.2	Dynamika parních kotlů.	761
11.2.1	Dynamika průtoku	762
11.2.2	Dynamika akumulace energie (výměníky tepla)	764
11.2.3	Aproximační výpočty dynamiky jednofázových výměníků	766
11.2.4	Dynamika hladiny v bubnu	769
11.3	Regulační obvody parních kotlů bubnových	770
11.3.1	Regulace výkonnosti bubnového kotle	771
11.3.2	Regulace jakosti spalování	773
11.3.3	Regulace napájení bubnového kotle	775
11.3.4	Regulace teploty přehřáté páry	777
11.3.5	Regulace teploty mezipřehřáté páry	782
11.4	Regulační obvody průtočných kotlů	783
11.5	Číslicová regulace	784
11.6	Prostředky regulační techniky	788
11.6.1	Typy regulačních systémů	788
11.6.2	Elektronické regulační systémy	788
11.7	Zabezpečovací systémy kotlů	791
	Literatura	791
12	Výroba, montáž a kontrolní zkoušky tlakového systému kotle	793
12.1	Výroba parních a horkovodních kotlů	793
12.2	Montáž parních a horkovodních kotlů	793
12.3	Kontrola a zkoušky tlakového systému kotlů	798
	Literatura	800
13	Provoz parních kotlů	801
13.1	Najíždění kotle	801
13.1.1	Všeobecná opatření při najíždění	804

13.1.2	První najíždění kotle	805
13.1.3	Opakovaná najetí a udržování v teplé a studené rezervě	805
13.1.4	Najíždění bubnového kotle do společné parní sítě	806
13.1.5	Najíždění bubnového kotle v bloku s turbínou	809
13.1.6	Najíždění průtočného kotle	811
13.1.7	Automatizace najíždění kotle	814
13.1.7.1	Sekvenční automatika	814
13.1.7.2	Nadřazená logika	816
13.1.7.3	Řízení najíždění číslicovým počítačem	817
13.2	Odstavování kotle	820
13.3	Čištění a ochrana výhřevných ploch kotlů	821
13.3.1	Zanášení, abraze a koroze na straně spalin	821
13.3.1.1	Faktory ovlivňující tvorbu nánosů	824
13.3.1.2	Faktory ovlivňující korozi na straně spalin	825
13.3.1.3	Prostředky k snižování nánosů na straně spalin	826
13.3.1.4	Čištění výhřevných ploch na straně spalin	827
13.3.1.5	Prostředky k snížení koroze na straně spalin	831
13.3.2	Zanášení a koroze výhřevných ploch na straně vody a páry	833
13.3.2.1	Prostředky proti usazování a korozi před a za provozu kotle	833
13.3.2.2	Ochrana proti korozi při odstávce	835
13.4	Záruční (garanční) zkoušky parních kotlů	836
13.4.1	Účinnost a ztráty parního a horkovodního kotle	836
13.4.2	Vlastní spotřeba kotle	837
13.4.3	Určení účinnosti metodou přímou	838
13.4.4	Určení účinnosti metodou nepřímou	839
13.4.5	Přepočet výsledků zkoušky na záruční podmínky	842
13.4.6	Tolerance přesnosti určení účinnosti	843
13.5	Spolehlivost provozu parních kotlů	845
	Literatura	850
	Rejstřík	852