

Obsah

Úvod	11
Přehled použitých označení a indexů	13
1.1. Potřeba a spotřeba tepla v soustavách centralizovaného zásobování teplem	17
1.1.1 Potřeba tepla pro obytné oblasti	17
1.1.1.1 Potřeba tepla pro vytápění obytných budov	18
1.1.2 Potřeba tepla pro průmyslové závody	34
1.1.3 Vliv klimatických prvků a povětrnostních vlivů na vytápění a větrání	39
2.2. Soustavy centralizovaného zásobování teplem a jejich spolupráce s nekonvenčními zdroji	43
2.2.1 Zdroje tepla	43
2.2.1.1 Oblastní soustavy CZT s KEOT a JEOT	45
2.2.1.2 Chemická doprava tepla	48
2.2.1.3 Spolupráce klasických a nekonvenčních zdrojů tepla	50
2.2.2 Tepelné sítě	52
2.2.3 Předávací stanice	53
2.2.4 Vnitřní (odběratelyské zařízení)	53
3.3. Zařízení pro připojení tepelných sítí ve zdroji tepla	54
3.3.1 Parní redukční a ochladicí stanice	54
3.3.2 Výměnková stanice	57
3.3.3 Úprava vody	60
3.3.4 Zařízení pro doplňování tepelných sítí	66
3.3.5 Čerpadla	67
4.4. Tepelné sítě	70
4.4.1 Rozdělení tepelných sítí. Druhy tepelných sítí	70
4.4.1.1 Tepelná síť jednorubková	70
4.4.1.2 Tepelná síť dvoutrubková	71
4.4.1.3 Tepelná síť třítrubková	72
4.4.1.4 Síť s jednotlivými napáječi	75
4.4.1.5 Síť s jednotlivými napáječi vzájemně spojenými	75
4.4.1.6 Síť okružní	76
4.4.1.7 Síť s pomocným napáječem	77
4.4.1.8 Síť se zásobníkem tepla	78
4.4.1.9 Síť nadzemní	79
4.4.1.10 Síť podzemní v teplovodných kanálech	80
4.4.1.11 Bezkanálové konstrukce tepelných sítí	83
4.4.2 Volba teplotněsoudržné látky	89
4.4.3 Proudění vody a páry potrubím	91
4.4.3.1 Množství nositele tepla	91
4.4.3.2 Rovnice spojitosti a Bernoulliho rovnice	93
4.3.2.1 Bernoulliho rovnice pro proudění kapalin	94
4.3.2.2 Bernoulliho rovnice pro páry a plyny	95
4.4.3.3 Tlakové ztráty v potrubí kruhového průřezu	95
4.3.3.1 Reynoldsovo číslo	96
4.3.3.2 Součinitel hydraulického tření λ v trubkách kruhového průřezu	98
4.3.3.3 Drsnost vnitřního povrchu trubek	100
4.3.3.4 Úhrnná délka potrubí	102
4.3.3.5 Tlakové ztráty vodních tepelných sítí	102

4.3.3.6	Tlakové ztráty parního potrubí parních tepelných sítí	1004
4.3.3.7	Tlakové ztráty kondenzátního potrubí parních tepelných sítí	1008
4.4	Určení průměru potrubí	1009
4.4.1	Předběžný odhad průměru potrubí	1009
4.4.2	Výpočet průměru potrubí z dané nebo směrné hodnoty tlakové ztráty nebo tlakového spádu	1111
4.4.2.1	Výpočet průměru potrubí vodních tepelných sítí	1112
4.4.2.2	Výpočet průměru parního potrubí parních tepelných sítí	1113
4.4.2.3	Výpočet průměru kondenzátního potrubí parních tepelných sítí	1113
4.4.3	Určení hospodářsky nejvýhodnějšího průměru potrubí	1114
4.5	Tlakové poměry v potrubí	1116
4.5.1	Charakteristika potrubí	1116
4.5.2	Průběh tlaku v potrubí	1118
4.5.2.1	Průběh tlaku za normálního provozu	1118
4.5.2.2	Průběh tlaku v krajních provozních stavech	1220
4.5.3	Průběh tlaku v tzv. Tichelmannově okruhu	1221
4.6	Přečerpávací stanice	1222
4.7	Základy pevnosti a pružnosti potrubí tepelných sítí	1227
4.7.1	Hlavní a srovnávací napětí a dovolené namáhání	1227
4.7.2	Namáhání vnitřním přetlakem	1331
4.7.3	Odpory proti pohybu v pohyblivých uloženích potrubí	1332
4.7.4	Odpor kompenzátorů proti vyrovnávání roztahování potrubí teplem	1333
4.7.5	Zakotvení potrubí	1334
4.7.6	Ohyb potrubí vlastní tíhou	1336
4.7.7	Rozteč uložení potrubí	1336
4.7.8	Ohyb a krut kompenzačních útvarů potrubí a kompenzátorů z trubek	1337
4.7.9	Napětí v trubce ohnuté do kruhového oblouku	1338
4.7.10	Tloušťka stěny trubky	1441
4.8	Provedení a montáž potrubí	1443
4.9	Provoz tepelných sítí	1551
4.9.1	Přejímka	1551
4.9.2	Spouštění tepelných sítí	1554
4.9.3	Odstavení	1557
4.10	Uplatnění počítačů (číslicových a analogových) při navrhování a provozu tepelných sítí	1558
5.	Izolace	1663
5.1	Úvod	1663
5.1.1	Obecně o pohybu vlhkosti	1663
5.1.1.1	Pohyb vlhkosti zeminou	1665
5.1.1.2	Pohyb vlhkosti v betonu	1667
5.1.1.3	Navlhání tepelných izolací	1770
5.1.2	Tepelné izolace	1772
5.1.2.1	Tepelné izolace používané v zahraničí	1773
5.1.2.2	Konstrukce používané v ČSSR	1778
5.1.2.2.1	Vlastnosti tepelných izolací používaných v ČSSR	1880
5.1.2.2.2	Pěnobeton	1881
5.1.2.2.3	Hydrofobizované zásypy	1884
5.1.2.2.4	Vláknité izolace	1888
5.1.2.2.5	TIAL	1990
5.1.2.2.6	Tepelnéizolační tvárnice	1991
5.1.2.2.7	Bezkanálové uložení v azbestocementové chrániče	1991
5.1.2.2.8	Zásypové izolace keramzitem v kanálovém uložení	1993
5.2	Tepelné ztráty	1996
5.2.1	Jednotková ztráta tepla izolovanou trubkou	1997
5.2.2	Teplotní spád	2000
5.2.3	Měrná tepelná vodivost tepelných izolací a zemin	2005
5.2.4	Jednotková tepelná ztráta tepelněizolovaných potrubí uložených v zemi	2009
5.2.5	Jednotková tepelná ztráta ocelové trubky bez tepelné izolace v uzavřeném prostoru s klidným vzduchem	2111
5.2.6	Ztráty tepla ostatními částmi potrubí	2112
5.2.7	Roční hodnota ztrát tepla tepelných sítí	2113
5.2.8	Pokles teploty nebo množství nositele tepla proudícího tepelnou sítí	2113
5.2.9	Pokles teploty odstaveného potrubí tepelné sítě	2114
5.2.10	Hospodářsky nejvýhodnější tloušťka tepelné izolace	2115

6.	Koroze a ochrana proti ní	219
6.1	Koroze kovů	219
6.1.1.1	Základní pojmy koroze	219
6.1.2.2	Elektrochemické pochody v systému voda—kov	220
6.1.3.3.	Voda a elektrolyty	220
6.1.4.4	Korozní reakce kovů	221
6.1.5.5	Nejdůležitější pojmy korozního děje	223
6.1.6.6	Korozní faktory	225
6.1.7.7	Koroze nejdůležitějších konstrukčních materiálů	228
6.1.8.8	Koroze v atmosféře	229
6.1.9.9	Koroze vnějšího povrchu potrubí	231
	6.1.9.1 Mechanismus koroze vnějšího povrchu potrubí	233
6.2 2	Koroze bludnými proudy a aktivní ochrana	236
6.2.2.1	Koroze bludnými proudy	236
	6.2.1.1 Ochrana proti bludným proudům	237
6.2.2.2	Katodická ochrana	243
	6.2.2.1 Použití katodické ochrany pro potrubí tepelných sítí	245
	6.2.2.2 Použití katodické ochrany pro výměníky	246
6.2.2.3	Elektrolytická protikorozní úprava vody	252
6.2.2.4	Elektrochemická protikorozní úprava vody ve filtrech	254
6.3 3	Vnitřní koroze v soustavách centralizovaného zásobování teplem	255
6.3.3.1	Korozní podmínky	255
6.3.3.2	Vliv jednotlivých faktorů na korozi ve vodách	256
	6.3.2.1 Vliv rozpuštěného kyslíku	257
	6.3.2.2 Vliv koncentrace vodíkových iontů a oxidu uhličitého	258
	6.3.2.3 Vliv hydrogenu uhličitánu vápenatého	258
	6.3.2.4 Vliv aniontů a kationtů	259
	6.3.2.5 Vliv proudění	259
	6.3.2.6 Vliv zvýšené teploty	260
6.3.3.3	Koroze párou	260
6.3.3.4	Koroze kondenzátních potrubí parních tepelných sítí	261
	6.3.4.1 Ochrana kondenzátu před stykem se vzduchem	263
	6.3.4.2 Potrubí z materiálů s vyšší korozní odolností	264
	6.3.4.3 Úpravy napájecí a kondenzátní vody	265
	6.3.4.4 Protikorozní opatření daná provozem	267
6.3.3.5	Horkovodní a teplovodní otopné soustavy	268
	6.3.5.1 Horkovodní soustavy	268
	6.3.5.2 Teplovodní otopná soustava	269
	6.3.5.2.1 Úprava vody v teplovodních soustavách	270
6.3.3.6	Soustavy teplé užitkové vody	270
	6.3.6.1 Vliv složení vody	271
	6.3.6.2 Koroze používaných materiálů	271
	6.3.6.3 Ochranné povlaky	273
	6.3.6.4 Úprava vody	274
	6.3.6.4.1 Úprava proti vylučování vodního kamene	274
	6.3.6.4.2 Úprava vody proti korozi	276
	6.3.6.5 Konstrukční opatření a způsob provozu	280
6.3.3.7	Čištění soustav od inkrustací a korozních zplodin	280
6.3.3.8	Metody pro sledování agresivity vod a účinnosti úpravy vod	281
7.7.	Spotřebitelské předávací stanice	285
7.1.1	Předávací stanice v parních tepelných sítích	287
7.1.1.1	Přípojky od tepelné sítě k předávací stanici	287
7.1.1.2	Předávací stanice parních otopných soustav	288
	7.1.2.1 Připojení nízkotlaké parní otopné soustavy redukční stanicí	289
	7.1.2.2 Připojení nízkotlaké parní otopné soustavy měničem páry	290
7.1.1.3	Předávací stanice teplovodních otopných soustav	291
7.1.1.4	Zařízení pro přípravu teplé užitkové vody	294
7.1.1.5	Kondenzátní hospodářství	296
	7.1.5.1 Vracení kondenzátu do výroby tepla v otevřeném okruhu	297
	7.1.5.2 Vracení kondenzátu do výroby tepla v uzavřeném okruhu	299
	7.1.5.3 Využití kondenzátu bez vracení do výroby tepla	300
7.7.2	Předávací stanice ve vodních tepelných sítích	300
7.7.2.1	Přípojky od tepelné sítě k předávací stanici	301
7.7.2.2	Předávací stanice nízkotlakých parních otopných soustav	302

7.2.3	Předávací stanice teplovodních otopných soustav	303
7.2.3.1	Předávací stanice v teplovodních tepelných sítích	303
7.2.3.1.1	Tlakově závislé připojení samotížné otopné soustavy k teplovodní tepelné síti dvourubkovým systémem se směšovací smyčkou	303
7.2.3.1.2	Tlakově závislé připojení otopné soustavy s nuceným oběhem dvourubkovým systémem	305
7.2.3.1.3	Tlakově závislé připojení samotížné otopné soustavy a zařízení pro ohřev užitkové vody k tepelné síti třítrubkovým systémem	305
7.2.3.1.4	Tlakově závislé připojení otopné soustavy s nuceným oběhem a zařízení pro ohřev užitkové vody k tepelné síti třítrubkovým systémem	306
7.2.3.2	Předávací stanice v horkovodních tepelných sítích	306
7.2.3.2.1	Tlakově závislé připojení teplovodních otopných soustav pomocí směšovacích ejektorů	306
7.2.3.2.2	Tlakově závislé připojení teplovodních otopných soustav pomocí směšovacích čerpadel	312
7.2.3.2.3	Tlakově nezávislé připojení teplovodních otopných soustav po- mocí výměníků tepla	315
7.2.3.3	Předávací stanice s vícestupňovým chlazením	316
7.2.4	Zařízení pro přípravu teplé užitkové vody	317
7.2.4.1	Přímý odběr teplé užitkové vody z tepelné sítě	318
7.2.4.2	Příprava teplé užitkové vody v ohřívacích a zásobnicích	319
7.3	Příslušenství spotřebitelských předávacích stanic a zásady jeho výpočtu a volby	321
7.3.1	Výměníky tepla	321
7.3.1.1	Postup tepelného výpočtu výměníku tepla	328
7.3.1.2	Vztahy pro výpočet geometrických parametrů výměníku	332
7.3.1.3	Výpočtové vztahy pro stanovení součinitele přestupu tepla na straně vody	333
7.3.1.4	Výpočtové vztahy pro stanovení součinitele přestupu tepla na straně páry	334
7.3.1.5	Postup výpočtu hydraulického odporu výměníku tepla	339
7.3.1.5.1	Výpočet tlakových ztrát při proudění uvnitř trubek	339
7.3.1.5.2	Výpočet tlakových ztrát při proudění na vnější straně trubek	341
7.3.1.6	Provoz výměníků tepla při dílčím zatížení	342
7.3.1.7	Ohříváky teplé užitkové vody	348
7.3.2	Směšovací ejektory	354
7.3.3	Oběhová čerpadla	357
7.3.3.1	Stanovení provozních parametrů čerpadel	357
7.3.3.2	Charakteristické křivky čerpadel	360
7.3.3.3	Stabilita a labilita charakteristiky $Q-H$	361
7.3.3.4	Paralelní chod čerpadel	362
8.	Spotřebitelské soustavy a spotřebiče tepla	365
8.1	Rozdělení spotřebitelských soustav	365
8.2	Spotřebiče tepla	366
8.2.1	Otopná tělesa	366
8.2.1.1	Otopná tělesa s přirozeným pohybem vzduchu	367
8.2.1.2	Otopná tělesa s nuceným pohybem vzduchu	378
8.2.1.3	Vliv umístění otopných těles v místnosti na jejich výsledný účinek	382
8.2.2	Sálavé otopné plochy	382
8.2.2.1	Velkoplošné sálavé otopné plochy	383
8.2.2.2	Volně zavěšené sálavé panely	385
8.2.2.3	Lamelové sálavé otopné plochy	387
8.2.3	Ostatní spotřebiče tepla	389
9.	Měření, regulace, automatizace	390
9.1	Měření	390
9.1.1	Měření spotřeby tepla	390
9.1.1.1	Problémy měření bytové spotřeby tepla	391
9.1.1.2	Měřiče kalorimetrické	391
9.1.1.2.1	Měřiče mechanické	392
9.1.1.2.2	Měřiče elektrické	393
9.1.1.2.3	Měřiče založené na měření kondenzátu	399
9.1.1.2.4	Ověřování měřičů tepla	399
9.1.1.3	Zjednodušené kalorimetrické metody měření tepla a metody ostatní	401
9.1.1.4	Měřiče rozdělení — proporeionální	402
9.1.1.4.1	Měřiče termočláňkové	402

	9.1.1.4.2	Měřiče odpařovači	404
	9.1.1.4.3	Měřiče s odporovými teploměry	406
	9.1.1.4.4	Měřiče deformační	406
	9.1.1.4.5	Měřiče Calom	407
	9.1.1.4.6	Měřič VIPA	408
	9.1.1.4.7	Hodnocení a požadavky na bytové měřiče tepla	410
9.1.2	2	Měření vlastností tepelných izolací	412
	9.1.2.1	Charakteristické vlastnosti tepelných izolací	412
	9.1.2.2	Měření tepelné vodivosti izolace	412
	9.1.2.2.1	Laboratorní měření za ustáleného stavu	413
	9.1.2.2.2	Laboratorní měření za neustáleného stavu	416
	9.1.2.2.3	Provozní měření tepelné vodivosti	418
	9.1.2.3	Měření jiných vlastností tepelných izolací	422
9.2		Regulace soustavy centralizovaného zásobování teplem	422
9.2.1	1	Regulace soustav ohřevu užitkové vody	448
9.3		Zabezpečovací a signalizační zařízení pro předávací stanice a otopné soustavy	451
9.4		Autonomní provoz předávacích stanic	454
9.4.1	1	Vybavení předávacích stanic zabezpečující jejich autonomní provoz	454
9.4.2	2	Hodnocení provozních zkušeností s automatickým záskokem čerpadel	456
9.4.3	3	Hodnocení provozních zkušeností s automatickým doplňováním sekundárních otopných soustav vodou z primární sítě	458
9.4.4	4	Hodnocení dostupnosti vybavení předávacích stanic automatizační technikou	459
9.5		Prvky regulačních systémů v praxi ústředního vytápění a soustav centralizovaného zásobování teplem	461
9.5.1	1	Čidla	461
9.5.2	2	Regulátory	462
	9.5.2.1	Regulátory teploty	462
	9.5.2.1.1	Přímočinné regulátory teploty	462
	9.5.2.1.2	Regulátory teploty s pomocným zdrojem energie	468
	9.5.2.2	Regulátory tlaku	483
	9.5.2.2.1	Přímočinné regulátory tlaku	484
	9.5.2.3	Regulátory tlakové diference a průtočného množství	489
9.5.3	3	Akční orgány	493
	9.5.3.1	Regulační ventily	493
	9.5.3.2	Regulovatelné směšovací ejektory	502
	9.5.3.3	Regulátory odtoku kondenzátu (omezovače)	504
10.		Technické řízení provozu SCZT	506
10.1		Využití systému hromadného dálkového ovládání pro teplárenské účely	506
10.1.1	1.1	Koncepce HDO v Košicích	508
10.1.2	2	Využití HDO pro teplárenské účely v Košicích	509
	10.1.2.1	Ovládání předávacích stanic	509
	10.1.2.1.1	Okruh odstavení a obnovení přívodu tepla pro vytápění	509
	10.1.2.1.2	Dálkové přepínání programové regulace	510
	10.1.2.1.3	Okruh odstavení a obnovení přívodu tepla pro přípravu TUV	510
	10.1.2.2	Ovládání a signalizace u velkoodběratelů I. tarifní skupiny	511
	10.1.2.3	Ovládání sekčních armatur v tepelné síti	512
10.2		Teplárenský dispečink	512
10.2.1	1.1	Vymezení pojmu dispečerského řízení SCZT	512
10.2.2	2.2	Dosavadní stav dispečerského řízení SCZT	513
10.2.2.3		Základy čs. koncepce dispečerského řízení SCZT	520
	10.2.3.1	Objekty dispečerského řízení	520
	10.2.3.2	Jednotlivé složky a stupně systému dispečerského řízení	520
	10.2.3.3	Činnosti jednotlivých složek dispečinku	521
	10.2.3.3.1	Úlohy dispečinku teplárenské soustavy	521
	10.2.3.3.2	Úlohy dispečinku rozvodu tepla	522
	10.2.3.3.3	Základní úlohy vedení provozní směny zdrojů tepla	522
	10.2.3.3.4	Hlavní druhy soustředovaných informací	523
10.2.4	4.4	Dispečink a spojovací cesty	523
	10.2.4.1	Vysíláče poruchových stavů VPS 020	524
	10.2.4.2	Prostředky bezdrátového spojení	527
11.		Hospodaření teplem	537
11.1		Vliv správného dimenzování jednotlivých částí rozvodu tepla	537
11.2		Vliv správného hydraulického vyregulování	542

11.3	Vliv dodržování parametrů teplotnosné látky	542
11.4	Vliv regulačních zařízení	547
11.5	Vliv individuálního měření a tarifní politiky	550
	Přílohy	556
1.	Diagram pro určení jednotkové tlakové ztráty (SI)	556
2.	Diagram pro určení jednotkového rozdílu dvojmočí tlaků na začátku a na konci úseku potrubí (SI)	557