

OBSAH

Předmluva	11	4.2.3.2	Kritéria podobnosti tepelné konvekce	64
1 Úvod do problematiky, kreslení a projektová dokumentace	13	4.2.3.3	Kritériální rovnice	65
1.1 Historie	14	4.2.3.4	Střední teplota, určující teplota a charakteristický rozměr	65
1.2 Dokumentace vzduchotechnických zařízení	14	4.2.4	Přestup tepla při nuceném proudění tekutin v trubkách	66
1.2.1 Dokumentace vzduchotechnických zařízení jako součást dokumentace stavby	14	4.2.4.1	Přestup tepla při laminárním proudění tekutin	66
1.2.2 Projektová dokumentace pro stavební povolení	15	4.2.4.2	Přestup tepla při turbulentním proudění tekutin	71
1.2.3 Dokumentace pro realizaci stavby	15	4.2.5	Přestup tepla při obtékání těles nuceným proudem tekutiny	73
1.3 Výkresy vzduchotechnických zařízení	16	4.2.5.1	Přestup tepla při obtékání rovinných desek a kulových těles (kapek)	73
1.4 Symboly – schematické znázornění	18	4.2.5.2	Přestup tepla při příčném obtékání válcových těles (tyč a trubek)	73
2 Klimatické podmínky dimenzování větracích a klimatizačních zařízení	19	4.2.6	Přestup tepla při přirozeném proudění tekutin	76
2.1 Zemská atmosféra – ovzduší	19	4.2.6.1	Přestup tepla při přirozené konvekcii v neomezeném prostoru	76
2.2 Atmosféra a lidský organizmus	19	4.2.6.2	Přestup tepla při přirozené konvekcii v omezeném prostoru	77
2.3 Klimatické podmínky	19	4.2.7	Přestup tepla tepelným zářením – sáláním	79
2.3.1 Složení čistého suchého vzduchu	20	4.2.7.1	Základní zákony sálání	79
2.3.2 Příměsi	20	4.2.7.2	Přestup tepla sáláním mezi tělesy v propustném prostředí	81
2.3.3 Teplota vzduchu	20	4.2.7.3	Součinitel přestupu tepla sáláním a celkový součinitel přestupu tepla	83
2.3.4 Vlhkost vzduchu	21	4.2.8	Prostup tepla	84
2.3.5 Větrání	21	4.2.8.1	Prostup tepla rovinovou stěnou	84
2.3.6 Sluneční záření	22	4.2.8.2	Prostup tepla válcovou stěnou	85
2.3.7 Tlak vzduchu	23	4.2.8.3	Kritický průměr izolace potrubí	86
3 Hygienické (fyziologické) základy	24	4.2.8.4	Ztrátový tepelný tok z potrubí uloženého v zemi	87
3.1 Tepelná pohoda	24	4.2.8.5	Intenzifikace prostupu tepla	88
3.1.1 Tepelná rovnováha	24	4.2.9	Přenos vlhkosti	92
3.2 Faktory ovlivňující tepelný stav prostředí	27	4.2.9.1	Přestup tepla mezi vodní hladinou a vnitřním vzduchem	92
3.2.1 Teplota vzduchu	27	4.2.9.2	Základní kritériální vztahy přenosu tepla a vlhkosti	92
3.2.2 Střední radiční teplota okolních ploch	27	4.2.9.3	Toky tepla a vlhkosti přestupující mezi vzduchem a vodní hladinou	94
3.2.3 Vlhkost vzduchu	28	4.2.10	Vlhkostní zisky při přepravě materiálu místností	97
3.2.4 Rychlost proudění vzduchu	28	4.3	Proudění vzduchu ve větraném prostoru	98
3.3 Škodliviny	29	4.3.1	Aerodynamika větrání	98
3.3.1 Nadměrné teplo a vlhkost	29	4.3.2	Klasifikace proudění vzduchu v místnosti	99
3.3.2 Zápachy (oděry)	30	4.3.3	Volný izotermní proud	99
3.3.3 Toxické škodliviny	30	4.3.4	Volný neizotermní proud	101
3.3.4 Oxid uhličitý	31	4.3.5	Poloochráněný proud	101
3.3.5 Aerosolové škodliviny	32	4.3.6	Ochráněný proud	101
3.3.6 Mikrobiální škodliviny	33	4.3.7	Plochý proud	102
3.3.7 Ionizační škodliviny	34	4.3.8	Analýza systémů distribuce vzduchu	102
3.3.8 Elektrostatický stav prostředí	34	4.3.9	Metody hodnocení systémů distribuce vzduchu	104
3.3.9 Elektromagnetický stav prostředí	34	4.3.10	Definování účinnosti větrání	104
3.3.10 Elektroiontový stav prostředí	34	4.3.11	Modelování proudění vzduchu	105
3.3.11 Hluk	35	4.4	Proudění vzduchu ve vzduchovodech	105
4 Teoretické základy větrání a klimatizace	36	4.4.1	Zákony pohybu vzduchu ve vzduchovodech	105
4.1 Termodynamika vlhkého vzduchu – psychrometrie	36	4.4.2	Tlakové ztráty při proudění kanálem	107
4.1.1 Základní pojmy, vztahy a zákonitosti	36	4.5	Tepelnětechnické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov	109
4.1.2 Stavové veličiny vlhkého vzduchu	37	4.5.1	Tepelnětechnické vlastnosti vnitřního a vnějšího prostředí	109
4.1.3 Hmotnostní tok suchého vzduchu a objemový tok vlhkého vzduchu	40	4.5.2	Tepelnětechnické vlastnosti stavebních konstrukcí	109
4.1.4 Diagram h, x vlhkého vzduchu	40	4.5.2.1	Šíření tepla konstrukcí	109
4.1.5 Základní tepelné a vlhkostní izobarické úpravy vzduchu	43	4.5.3	Šíření vlhkosti v konstrukci	111
4.1.5.1 Úpravy vzduchu v rekuperačních a směšovacích výměnících	43	4.5.4	Šíření vzduchu konstrukcí a budovou	111
4.1.5.2 Směšování dvou a více proudů vzduchu	50	4.6	Základy aplikované akustiky	112
4.2 Základy šíření tepla a přenosu vlhkosti	53	4.6.1	Úvod	112
4.2.1 Tepelné vlastnosti látek	53	4.6.2	Akustické veličiny	113
4.2.2 Přenos tepla vedením	59	4.6.3	Decibelové stupnice	113
4.2.2.1 Stacionární vedení tepla jednoduchou a složenou rovinovou stěnou	59	4.6.4	Šíření zvuku ve volném akustickém poli	116
4.2.2.2 Stacionární vedení tepla jednoduchou a složenou válcovou stěnou	60	4.6.5	Útlum vlivem ohybu zvuku přes překážku	117
4.2.2.3 Nestacionární vedení tepla	62	4.6.6	Šíření zvuku v uzavřeném prostoru	118
4.2.3 Přenos tepla konvekcii	63			
4.2.3.1 Režim proudění v mezní vrstvě	63			

4.6.7	Aerodynamické zdroje hluku	120	6.1.3	Aplikace přirozeného větrání v budovách	168
4.6.8	Vzduchotechnická zařízení	121	6.1.4	Aplikace aerace v průmyslových halách	174
4.6.9	Šíření zvuku vzduchotechnickým potrubím	126	6.1.5	Hodnocení přirozeného větrání a jeho vhodné použití	175
4.7	Základy chladicí techniky	128	6.2	Nucené větrání	175
4.7.1	Principy strojního chlazení	128	6.3	Požární větrání	176
4.7.2	Kompresorová chladicí zařízení	130			
4.7.2.1	Základní prvky pro realizaci parního kompresorového chladicího oběhu	130	7 Strojovny vzduchotechniky pro centrální vzduchotechnická zařízení		177
4.7.3	Absorpční chladicí zařízení	132	7.1	Strojovny vzduchotechniky	177
4.7.4	Chladiva pro kompresorové chladicí oběhy	133	7.1.1	Umístění strojovny vzduchotechniky v budově	178
4.7.4.1	Škodlivé vlivy chladiv na životní prostředí	133	7.1.2	Požadavky na stavební řešení strojovny vzduchotechniky	179
4.8	Odlučování škodlivin ze vzduchu a filtrování vzduchu	138	7.1.3	Možnosti umístění strojních zařízení	180
4.8.1	Znečišťování ovzduší	138			
4.8.2	Účinky škodlivin	139	8 Dimenzování klimatizačních zařízení (psychrometrické výpočty)		181
4.8.3	Legislativa ochrany ovzduší	139	8.1	Základní pojmy, vztahy a zákonitosti	181
4.8.3.1	Právní předpisy o ochraně ovzduší	139	8.1.1	Klimatizační proces	181
4.8.4	Vlastnosti tuhých a kapalných částic	139	8.1.2	Obtokový součinitel a efektivní povrchová teplota chladiče	182
4.8.4.1	Velikost a tvar částic	139	8.1.3	Tepelné bilance	184
4.8.5	Základy teorie odlučování ve filtrech	140	8.1.4	Faktory citelného tepla a směrová měřítka stavových změn vzduchu	185
4.8.6	Základní parametry filtrů	142	8.1.5	Průtoky vzduchu	187
			8.2	Zásady dimenzování klimatizačních zařízení	189
5 Podklady pro navrhování a dimenzování větracích a klimatizačních zařízení		144	8.3	Funkce obtoku v klimatizačním zařízení	190
5.1	Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů podle ČSN 73 0548	144	8.4	Charakteristické způsoby letní úpravy vzduchu v klimatizačních zařízeních	192
5.1.1	Tepelné zisky z vnitřních zdrojů tepla	144	8.5	Psychrometrické výpočty letní úpravy vzduchu v klimatizačním zařízení	192
5.1.2	Tepelné zisky z vnějšího prostředí	146	8.5.1	Klimatizační zařízení s chlazením vzduchu v chladicích registrech	193
5.1.3	Zisky vlhkosti	151	8.5.1.1	Klimatizační zařízení, která pracují bez orosení povrchu chladiče (s chlazením při $x = \text{konst.}$)	193
5.2	Výpočet tepelných ztrát budov	151	8.5.1.2	Klimatizační zařízení, která pracují pouze s chladičem a odvlhčovacím chlazením vzduchu	195
5.2.1	Obecné zásady	151	8.5.1.3	Poznámky z dimenzování klimatizačních zařízení, která pracují v létě pouze s chladičem	202
5.2.1.1	Výpočtový postup pro vytápěný prostor	151	8.5.1.4	Klimatizační zařízení pro prostory s vyšší produkcí vlhkosti	202
5.2.1.2	Výpočtový postup pro část budovy nebo celou budovu	152	8.5.1.5	Odvlhčovací jednotky pro bazénové haly	206
5.2.1.3	Výpočtový postup zjednodušené výpočtové metody	152	8.5.1.6	Klimatizační zařízení s odvlhčovacím chlazením, která pracují pouze s vnějším vzduchem	209
5.2.2	Vstupní údaje	152	8.5.1.7	Klimatizační zařízení pro aseptické operační sály, která pracují také s oběhovým vzduchem	212
5.2.3	Celková projektovaná tepelná ztráta vytápěného prostoru – základní případy	153	8.5.1.8	Klimatizační zařízení pro prostory s požadovanou vyšší relativní vlhkostí vzduchu	215
5.2.3.1	Projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla	153	8.5.2	Klimatizační zařízení s odpařovacím chlazením vzduchu	220
5.2.3.2	Tepelné ztráty přímo do exteriéru – měrná tepelná ztráta $H_{T,ie}$	153	8.5.2.1	Využití adiabatického odpařování vody k chlazení a vlhčení vzduchu	220
5.2.3.3	Tepelné ztráty nevytápěným prostorem – měrná tepelná ztráta $H_{T,iue}$	154	8.5.2.2	Klimatizační zařízení s adiabatickým chlazením vzduchu v pračce, případně ve vzduchovodu	220
5.2.3.4	Tepelné ztráty zeminou – měrná tepelná ztráta $H_{T,ig}$	154	8.5.2.3	Klimatizační zařízení s adiabatickým chlazením vzduchu v pračce a s dovlhčováním v prostoru	223
5.2.3.5	Tepelné ztráty do prostorů nebo z prostorů vytápěných na různé teploty – měrná tepelná ztráta $H_{T,ij}$	157	8.6	Psychrometrické výpočty zimní úpravy vzduchu v klimatizačním zařízení	225
5.2.3.6	Projektovaná tepelná ztráta větráním	157	8.6.1	Provoz klimatizačního zařízení pouze s vnějším vzduchem – s vlhčením vzduchu vodou nebo párou	225
5.2.3.7	Hygienický minimální objemový tok vzduchu $\dot{V}_{min,i}$	158	8.6.2	Provoz klimatizačního zařízení i s oběhovým vzduchem – bez vlhčení vzduchu	226
5.2.3.8	Infiltrace obvodovým pláštěm budovy – objemový tok vzduchu $\dot{V}_{inf,i}$	158	8.6.3	Provoz klimatizačního zařízení i s oběhovým vzduchem – s adiabatickou pračkou	228
5.2.3.9	Objemové toky vzduchu v důsledku činnosti systému větrání	158	8.6.4	Provoz klimatizačního zařízení i s oběhovým vzduchem – s ohřívacím směsí a parním zvlhčovačem	229
5.2.3.10	Prostory s přerušovaným vytápěním	159	8.6.5	Provoz klimatizačního zařízení i s oběhovým vzduchem – s ohřívacím oběhového vzduchu a parním zvlhčovačem	231
5.2.4	Projektovaný tepelný příkon	159	8.6.6	Úprava vzduchu v klimatizační jednotce a s dovlhčováním v klimatizovaném prostoru vodou	232
5.2.4.1	Projektovaný tepelný příkon pro vytápěný prostor	159	8.6.7	Úprava vzduchu v klimatizační jednotce a s dovlhčováním v klimatizovaném prostoru párou	233
5.2.4.2	Projektovaný tepelný příkon pro část budovy nebo celou budovu	159			
5.2.4.3	Zjednodušená výpočtová metoda	160			
5.3	Určování průtoků vnějšího (čerstvého) vzduchu	161			
5.3.1	Empirické metody	162			
5.3.2	Analytické metody	163			
5.3.2.1	Určení průtoků vzduchu z bilance škodlivin v prostoru	163			
5.3.2.2	Určení průtoků vzduchu z tepelné bilance prostoru	165			
5.3.2.3	Určení průtoků vzduchu z bilance vlhkosti	166			
6 Základní systémy větrání budov		167			
6.1	Přirozené větrání	167			
6.1.1	Princip přirozeného gravitačního větrání	167			
6.1.2	Princip přirozeného větrání vyvolaného působením větru	167			

9	Navrhování potrubních sítí	236	11.1.2	Blokové (kompaktní) klimatizační jednotky	315
9.1	Dimenzování potrubní sítě	236	11.1.3	Komorové (zděné) klimatizační jednotky	317
9.1.1	Metoda stálého tlakového spádu	241	11.2	Jednotková větrací a klimatizační zařízení	317
10	Části větracích a klimatizačních zařízení	245	11.2.1	Ovodňovací větrací jednotky	318
10.1	Ventilátory	245	11.2.2	Nástěnné teplovzdušné větrací jednotky	318
10.1.1	Rozdělení ventilátorů	245	11.2.3	Ventilátorové jednotky (VnJ)	320
10.1.2	Dopravní tlak ventilátoru	246	11.2.4	Klimatizační skříňové jednotky	321
10.1.3	Ventilátorová podobnostní čísla	248	11.2.5	Okenní klimatizátory	322
10.1.4	Optimální parametry ventilátorů	248	11.2.6	Mobilní klimatizační jednotky s přímým chlazením ..	323
10.1.5	Ztráty a účinnosti ventilátorů	249	11.2.7	Dělené klimatizační jednotky s přímým chlazením ..	323
10.1.6	Ventilátor v potrubní síti	251	11.2.8	Indukční jednotky	325
10.1.7	Regulace ventilátorů	251	11.2.9	Parapetní jednotky s tepelným čerpadlem	327
10.1.8	Paralelní provoz ventilátorů	253	12	Chladicí zařízení a jejich části	328
10.1.9	Sériové zapojení ventilátorů	254	12.1	Druhy chladicích zařízení v klimatizační technice a kritéria jejich volby	328
10.1.10	Různá doporučení projektantům	255	12.2	Kompresorová chladicí zařízení	328
10.2	Ohřivače a chladiče jako výměníky tepla	255	12.2.1	Kompresorové chlazení s pístovými kompresory ..	329
10.2.1	Rovnice prostupu tepla	257	12.2.1.1	Přímé chlazení	330
10.2.2	Rovnice tepelné bilance	258	12.2.1.2	Nepřímé chlazení	331
10.2.3	Rovnice teplotních polí a středního rozdílu teplot tekutin	259	12.3	Zařízení na výrobu chlazené vody (kapaliny)	332
10.2.4	Porovnání souprůdného průtokového uspořádání s protiprůdným	262	12.3.1	Zařízení na chlazení kapaliny se zpětným využíváním tepla	333
10.2.5	Teploty přenosových povrchů	263	12.4	Zařízení na chlazení kapaliny s absorpčním chladičím oběhem	334
10.2.6	Provozní charakteristika (přenosová účinnost) výměníků tepla	263	12.5	Kompresorová tepelná čerpadla	335
10.2.7	Celkový a vlastní výkon výměníku	264	12.5.1	Úloha tepelných čerpadel při klimatizaci budov ..	336
10.2.8	Rovnice provozní charakteristiky	265	12.5.2	Kompresorový chladicí oběh s reverzibilitou chodu určený pro zpětné získávání tepla ve větracích zařízeních	337
10.2.9	Univerzální rovnice přenosové účinnosti rekuperačních výměníků tepla	270	13	Zařízení pro zpětné získávání energie	338
10.2.10	Regenerační výměníky tepla	271	13.1	Zařízení s rekuperačními výměníky tepla	338
10.3	Přístroje a zařízení na vlhčení vzduchu	275	13.1.1	Výměníky typu vzduch – vzduch	338
10.3.1	Potřeba vlhčení vzduchu	275	13.1.2	Výměníky z tepelných trubíc	338
10.3.2	Způsoby vlhčení vzduchu	276	13.1.3	Výměníky v zapojení vzduch – kapalina – vzduch ..	339
10.3.3	Druhy zvlhčovacích přístrojů a zařízení a kritéria jejich volby	276	13.1.4	Změny stavů vzduchu při průtoku rekuperačními výměníky	340
10.3.4	Vodní soustavy	277	13.2	Zařízení s regeneračními výměníky tepla	341
10.3.4.1	Hladinové a blánové odpařovací zvlhčovače ..	277	13.3	Zařízení s tepelným čerpadlem	343
10.3.4.2	Rozstříkovací zvlhčovače	278	14	Regulace větracích a klimatizačních zařízení	344
10.3.4.3	Hybridní (kombinované) dýzové-blánové pračky vzduchu	281	14.1	Koncepce regulace větracích a klimatizačních zařízení	344
10.3.4.4	Rozprašovací soustavy	282	14.2	Regulace nízkotlakých vzduchových systémů s konstantním průtokem vzduchu	344
10.3.4.5	Ultrazvukové zvlhčovače	283	14.2.1	Regulace teploty	344
10.3.5	Parní soustavy	284	14.2.2	Regulace vlhkosti	346
10.3.5.1	Parní zvlhčovače bez vlastního zdroje páry	284	14.2.3	Regulace zpětného získávání tepla	347
10.3.5.2	Parní zvlhčovače s vlastním zdrojem páry	284	14.2.4	Regulace zónových zařízení	348
10.4	Filtry atmosférického vzduchu	286	14.3	Regulace vysokotlakých vzduchových systémů s konstantním průtokem vzduchu	348
10.4.1	Třídění a použití filtrů	287	14.3.1	Regulace jednonábových vysokotlakých zařízení ..	349
10.4.2	Provedení filtrů	288	14.3.2	Regulace dvoukanálových vysokotlakých zařízení ..	349
10.4.3	Dimenzování filtrů	291	14.4	Kombinované systémy vzduch – voda	349
10.4.4	Sorpční filtry	292	14.4.1	Zařízení s indukčními jednotkami	349
10.5	Potrubí a jeho části	292	14.4.2	Chlazené stropy	350
10.5.1	Konstrukce vzduchovodů	292	14.5	Systémy s proměnlivým průtokem vzduchu	351
10.5.2	Části vzduchovodů	293	14.5.1	Základní regulační obvody systémů s proměnlivým průtokem vzduchu	351
10.5.3	Uložení potrubí	294	14.5.2	Jednonábová zařízení s proměnlivým průtokem vzduchu	351
10.5.4	Spoje vzduchotechnických potrubí	296	Seznam použitých symbolů a označení	352	
10.5.5	Tepelná izolace vzduchovodů	296	Literatura	355	
10.5.6	Aspekty důležité při návrhu potrubních sítí	297	Rejstřík	357	
10.6	Tlumiče hluku a chvění	297			
10.6.1	Absorpční tlumiče hluku	297			
10.6.2	Návrh tlumiče hluku	298			
10.6.3	Pružné ukládání strojů	300			
10.7	Koncové prvky větracích a klimatizačních zařízení ..	302			
10.7.1	Distriboční prvky	302			
10.7.2	Nasávací a výfukové prvky	310			
11	Klimatizační zařízení	313			
11.1	Klimatizační jednotky pro centrální úpravu vzduchu ..	313			
11.1.1	Sestavné klimatizační jednotky	313			