

PŘEDMLUVA	15
ÚVOD	17
1. JEDNOTKY VE STAVEBNÍ TEPELNÉ TECHNICE.	21
1.1 Normalizované násobné a podílové jednotky	21
1.2 Převod dřívějších jednotek na jednotky SI	22
1.3 Převod jednotek užívaných v USA a Kanadě na jednotky SI	23
1.4 Jednotky používané ve Velké Británii a jejich převod na jednotky SI	24
1.5 Přepoččet měrných tepelných ekvivalentů	25
1.6 Specifikace veličin	25
1.6.1 Značky, jednotky a veličiny	25
1.6.2 Označování indexů	34
2. TEORETICKÝ ZÁKLAD TEPELNÝCH DĚJŮ VE STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍCH. . . .	37
2.1 Základní pojmy a veličiny užívané ve stavební tepelné technice	37
2.2 Šíření tepla ve stavebních konstrukcích	41
2.2.1 Šíření tepla vedením	41
2.2.2 Šíření tepla prouděním	44
2.2.3 Šíření tepla sáláním	46
2.2.4 Prostup tepla konstrukcí	51
3. FORMULACE OKRAJOVÝCH PODMÍNEK.	53
3.1 Podnebí a orografie České republiky	53
3.2 Klimatické podmínky uplatňované ve stavební tepelné technice	53
3.2.1 Návrhové hodnoty parametrů venkovního prostředí	54
3.2.2 Relativní vlhkost venkovního vzduchu	64
3.2.3 Proudění venkovního vzduchu	67
3.2.4 Základní parametry slunečního záření	68

3.3	Referenční klimatický rok	72
3.4	Návrhové hodnoty parametrů vnitřního prostředí	73
3.4.1	Návrhová vnitřní teplota v zimním období	73
3.4.2	Návrhová teplota vnitřního vzduchu v zimním období	73
3.4.3	Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu	74
3.4.4	Návrhová průměrná měsíční relativní vlhkost vnitřního vzduchu	75

4. TEPLOTNÍ STAV V INTERIÉRU BUDOV. 81

4.1	Fyziologické základy tepelných procesů v lidském organismu	81
4.2	Mikroklimatické podmínky v interiéru budov	86
4.2.1	Tepelně vlhkostní podmínky v pracovním prostředí	88
4.2.1.1	Optimální a přípustné mikroklimatické podmínky vnitřního prostředí	90
4.2.1.2	Dlouhodobě únosné mikroklimatické podmínky	96
4.2.1.3	Krátkodobě únosné mikroklimatické podmínky	97
4.2.1.4	Ukazatel <i>WBGT</i>	97
4.2.2	Tepelná pohoda ve světle indexů <i>PMV</i> a <i>PPD</i>	98
4.2.2.1	Předpokládaný střední stupeň tepelné pohody	99
4.2.2.2	Předpokládané množství nespokojených osob	104
4.3	Činitele ovlivňující kvalitu mikroklimatu	106
4.3.1	Nerovnoměrnost kvality mikroklimatu	106
4.3.2	Vliv sousedních nevytápěných prostorů na teplotní stav interiéru	108

5. TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ A VÝROBKŮ 111

5.1	Objemová hmotnost, hustota a pórovitost	111
5.2	Vlhkost ve stavebních materiálech	112
5.3	Součinitel tepelné vodivosti	114
5.3.1	Atributy ovlivňující hodnotu součinitele tepelné vodivosti	114
5.4	Měrná tepelná kapacita	117
5.5	Návrhové hodnoty tepelných vlastností stavebních materiálů, výrobků a jejich vlastnosti z pohledu ČSN 73 0540	117
5.5.1	Normové a návrhové hodnoty tepelných a vlhkostních vlastností stavebních materiálů	118
5.5.2	Normové a návrhové hodnoty tepelných a vlhkostních vlastností stavebních materiálů a výrobků pro nášlapné vrstvy podlah	136
5.5.3	Normové hodnoty vlhkostních vlastností materiálů se zanedbatelnými tepelně izolačními vlastnostmi	136
5.6	Návrhové hodnoty tepelných a vlhkostních vlastností netransparentních prvků, zdiva a jejich vlastnosti	139

5.7	Návrhové hodnoty tepelně technických vlastností transparentních prvků, výplní otvorů a jejich částí	145
5.7.1	Součinitel prostupu tepla oken a dveří	145
5.7.2	Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu výplně otvoru	152
5.7.3	Součinitel spárové průvzdušnosti výplní otvoru	152
5.7.4	Součinitel prostupu tepla rámců výplní otvorů	153
5.7.5	Součinitel prostupu tepla zasklení	154
5.7.6	Sálavé vlastnosti zasklení	156

6. NORMATIVNÍ POŽADAVKY A PŘEDPISY V TEPELNÉ TECHNICE159

6.1	Vývoj normativních požadavků v České republice	159
6.2	Normativní požadavky v České republice	161
6.2.1	Kriteriální požadavky dle ČSN 73 0540-2	162
6.3	Normativní požadavky v zahraničí	164
6.3.1	Energetické požadavky na budovy	165
6.3.2	Porovnání některých normativních požadavků	168

7. VELIČINY PRO NAVRHOVÁNÍ A OVĚŘOVÁNÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ A BUDOV PODLE ČSN 73 0540171

7.1	Stavební konstrukce z hlediska šíření tepla	171
7.2	Stavební konstrukce z hlediska šíření vlhkosti	172
7.3	Stavební konstrukce a budova z hlediska šíření vzduchu	172
7.4	Vnitřní prostory budov z hlediska tepelné stability	173
7.5	Stavebně energetické vlastnosti budov	174

8. SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCÍ175

8.1	Součinitel prostupu tepla, základní vztahy, požadavky	176
8.2	Výpočtové postupy součinitele prostupu tepla a tepelného odporu	182
8.2.1	Součinitel prostupu tepla stejnorodých konstrukcí	184
8.2.2	Součinitel prostupu tepla konstrukce s vlivem tepelných mostů	195
8.2.3	Tepelný odpor vzduchových vrstev	197
8.2.4	Celkový součinitel prostupu tepla	201
8.2.5	Součinitel prostupu tepla z horní a dolní meze	203
8.2.6	Součinitel prostupu tepla stanovený z řešení teplotního pole	209
8.2.7	Součinitel prostupu tepla konstrukce a přilehlých nevytápěných prostorů	211
8.2.8	Součinitel prostupu tepla konstrukce a přilehlé zeminy	212

8.2.9	Součinitel prostupu tepla (výplní otvorů) transparentních prvků	213
8.2.10	Lineární a bodový činitel prostupu tepla	221
8.2.11	Průměrný součinitel prostupu tepla konstrukcí místnosti	225
8.2.12	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	226
8.2.13	Součinitel prostupu tepla zabudované konstrukce	226
9.	NEJNIŽŠÍ VNITŘNÍ POVRCHOVÁ TEPLOTA KONSTRUKCE	229
9.1	Požadovaná hodnota nejnižší vnitřní povrchové teploty konstrukce	229
9.1.1	Stanovení kritické vnitřní povrchové teploty stavební konstrukce	231
9.1.2	Stanovení kritické vnitřní povrchové teploty pro výplně otvorů	234
9.2	Teplota na povrchu a uvnitř konstrukce	237
9.2.1	Vnitřní povrchová teplota konstrukce	237
9.2.2	Jednorozměrné šíření tepla (1D)	238
9.2.3	Dvojrůzoměrné šíření tepla (2D) a trojrozměrné šíření tepla (3D)	241
9.2.4	Transformace výsledků pro jiné přestupy tepla	241
9.3	Teplota ve hmotných vrstvách konstrukce	242
9.4	Šíření tepla ve vzduchových vrstvách	247
9.4.1	Teplota v nevětrané vzduchové vrstvě	248
9.4.2	Teplota ve větrané vzduchové vrstvě	249
9.5	Teplotní útlum konstrukce v letním období	252
9.6	Fázové posunutí teplotních kmitů v letním období	254
10.	TEPELNÉ MOSTY A TEPELNÉ VAZBY	257
10.1	Tepelné mosty	257
10.1.1	Kouty	258
10.2	Tepelné vazby	259
10.3	Teplota na povrchu tepelného mostu	259
10.3.1	Přibližná metoda řešení tepelných mostů	260
10.3.2	Teplota na povrchu koutu	263
10.4	Metoda teplotních polí	265
10.4.1	Řešení teplotních polí metodou sítí	266
10.4.2	Řešení teplotních polí metodou konečných prvků	268
10.5	Příklady řešení tepelných mostů a vazeb pomocí teplotního pole metodou konečných prvků	269
10.5.1	Tepelné mosty	269
10.5.2	Kouty	273

11.	POKLES DOTYKOVÉ TEPLOTY PODLAHY	277
11.1	Požadovaná hodnota poklesu dotykové teploty	277
11.2	Pokles dotykové teploty	278
11.3	Tepelná jímavost podlahy	278
11.4	Příklady posouzení podlahových konstrukcí	282
12.	ŠÍŘENÍ VLHKOSTI V KONSTRUKCI	287
12.1	Částečný tlak vodní páry ve hmotných vrstvách konstrukce	288
12.2	Částečný tlak vodní páry v nevětrané vzduchové vrstvě	290
12.3	Částečný tlak vodní páry ve větrané vzduchové vrstvě	290
12.4	Difuzní odpor konstrukce	291
12.5	Výskyt a oblast kondenzace vodní páry v konstrukci	293
12.6	Kritéria pro určení množství vodní páry uvnitř konstrukce	295
12.7	Zjištění výskytu kondenzace v konstrukci	296
12.8	Roční bilance zkondenzované vodní páry a vypařené vlhkosti	305
12.9	Zkondenzované množství vodní páry na vnitřním povrchu konstrukce	308
12.10	Vliv nátěrů na difuzi vodních par	311
12.11	Difuze vodních par ve spárách	311
13.	ŠÍŘENÍ VZDUCHU KONSTRUKCÍ A BUDOVOU	315
13.1	Průvzdušnost	315
13.2	Výměna vzduchu v místnostech	318
13.2.1	Intenzita výměny vzduchu v neužívané místnosti	319
13.2.2	Intenzita výměny vzduchu v užívané místnosti	320
14.	TEPELNÁ STABILITA MÍSTNOSTI	323
14.1	Tepelná stabilita místnosti v zimním období	323
14.1.1	Pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období	324
14.1.2	Výpočet poklesu výsledné teploty v místnosti	327
14.1.3	Teplota vnitřního vzduchu chladnoucích místností	327
14.1.4	Ekvivalentní tepelná stabilita místností	334
14.2	Tepelná stabilita místnosti v letním období	335
14.2.1	Nejvyšší denní vzestup teploty a nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období	335
14.2.2	Výpočet nejvyššího denního vzestupu teploty vzduchu v místnosti	338
14.2.3	Výpočet nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti	343

15. ENERGETICKÝ POŽADAVEK NA BUDOVY 347

15.1	Stavebně energetické vlastnosti budovy	347
15.1.1	Součinitel tepelné ztráty prostupem pláštěm budovy	350
15.1.2	Součinitel tepelné ztráty prostupem nevytápěným prostorem	356
15.1.3	Součinitel tepelné ztráty prostupem vedlejšími vytápěnými prostory	358
15.1.4	Součinitel tepelné ztráty prostupem do přilehlé zeminy	358
15.2	Průměrný součinitel prostupu tepla	363
15.3	Stupeň tepelné náročnosti	366
15.4	Zásady výpočtu spotřeby tepla a energie pro budovy podle ČSN EN ISO 13 790	371
15.4.1	Rozsah a použití normy	371
15.4.2	Zásady výpočtového procesu a požadovaná data	372
15.4.3	Vliv přerušovaného vytápění	375
15.4.4	Tepelná ztráta při jednozónovém modelu	381
15.4.5	Tepelné zisky	384
15.4.6	Potřeba tepla	385
15.4.7	Roční potřeba tepla na vytápění budovy	388
15.4.8	Potřeba energie na vytápění	388
15.5	Příklad výpočtu potřeby energie na vytápění	388

16. ZÁSADY TEPELNĚ TECHNICKÉHO NÁVRHU STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ A OBJEKTŮ 399

16.1	Všeobecně	399
16.2	Obvodové stěny	400
16.2.1	Tepelně technická problematika obvodových stěn a střešních pláštů	401
16.2.2	Tepelně technické posouzení obvodových stěn	405
16.2.3	Tepelně technické zásady pro navrhování obvodových stěn	406
16.3	Střešní pláště	410
16.3.1	Jednoplášťové ploché střechy	415
16.3.2	Dvoupplášťové ploché střechy	433
16.3.3	Tepelně technická problematika střešních pláštů	439
16.3.4	Šikmé střechy	446
16.4	Spodní stavba	457
16.4.1	Navrhování spodní stavby z hlediska stavební tepelné techniky	458
16.4.2	Tepelně technické posouzení podzemních konstrukcí	459
16.4.3	Řešení detailů spodní stavby z hlediska stavební tepelné techniky	460
16.4.4	Spodní stavba u podsklepených objektů	468
16.5	Podlahové konstrukce	470
16.6	Okna	473

16.7	Zásady navrhování vybraných typů objektů z hlediska stavební tepelné techniky	481
16.7.1	Archivy, depozitáře a výstavní budovy	481
16.7.2	Budovy v horských podmínkách	482
16.7.3	Chladírny a mrazírny	484
16.7.4	Masivní historické budovy	486
16.7.5	Plavecké bazény	488
16.7.6	Sakrální budovy	489
16.7.7	Sauny	490
16.7.8	Sportovní haly	491
16.7.9	Vodohospodářské budovy	491
16.7.10	Výrobní průmyslové budovy	492
16.7.11	Výrobní zemědělské budovy	492
16.7.12	Zimní stadiony	493
16.7.13	Zimní zahrady	494

17. BUDOVY S NÍZKOU ENERGETICKOU NÁROČNOSTÍ. 497

17.1	Historie nízkoenergetické výstavby	497
17.2	Definování budov s nízkou energetickou náročností	498
17.3	Navrhování budov s nízkou energetickou náročností	499
17.3.1	Požadavky	499
17.3.2	Zásady návrhu	501
17.3.3	Příklad prokázání splnění požadavku na měrnou tepelnou ztrátu pasivní budovy	501
17.4	Stavebně koncepční řešení	503
17.4.1	Volba pozemku a vliv místních klimatických podmínek	503
17.4.2	Tvarové řešení a velikost domu	505
17.4.3	Dispoziční řešení, umístění místností a zónování	506
17.4.4	Umístění a velikost prosklených ploch	507
17.5	Stavebně konstrukční řešení	508
17.5.1	Obvodové stěny	508
17.5.2	Střechy	517
17.5.3	Stropy a podlahy	521
17.5.4	Tepelné izolace	523
17.5.5	Okna	525
17.5.6	Dveře	535
17.6	Negativní vliv vysoké tepelné ochrany budov na tepelnou pohodu v letních měsících	537
17.7	Sluneční energie v architektuře	538
17.7.1	Pasivní solární systémy	540
17.7.2	Aktivní solární systémy	548
17.8.	Výpočet tepelných ztrát a solárních zisků pasivními prvky obvodového pláště dle ČSN EN 832 a ČSN EN 13 790	552

17.8.1	Přídavná tepelná ztráta a solární zisk větranou solární stěnou (Trombeho stěna)	552
17.8.2	Solární tepelné zisky nevytápěnou zimní zahradou	557
17.8.3	Solární tepelné zisky neprůsvitnými prvky s transparentní izolací	561
17.8.4	Stanovení energetické bilance zasklení	562
17.9	Akumulace tepelných zisků	563
17.9.1	Akumulace tepla do stavebních konstrukcí	564
17.9.2	Akumulace tepla do samostatných akumulčních zásobníků (akumulátorů)	565
17.10	Soustavy technických zařízení budov	568
17.10.1	Větrání	568
17.10.2	Vytápění	569
17.10.3	Ohřev teplé vody	573
17.10.4	Chlazení	574
17.11	Příklady realizovaných domů s nízkou energetickou náročností	575

18. ZKUŠEBNÍ METODY VE STAVEBNÍ TECHNICE 589

18.1	Fyzikální vlastnosti stavebních látek	590
18.1.1	Struktura materiálu	590
18.1.2	Teplo a teplota	590
18.1.3	Tepelná vodivost, teplotní vodivost a měrné teplo	591
18.2	Měření tepelně technických vlastností stavebních materiálů	592
18.2.1	Metoda chráněné teplé desky	593
18.2.2	Metoda měření tepelného toku	594
18.2.3	Metoda měření tepelné izolace na kruhovém potrubí	595
18.2.4	Kontaktní dynamické metody na měření termo-fyzikálních parametrů	597
18.2.5	Metoda topného drátu	598
18.2.6	Metoda jehlové sondy	599
18.2.7	Metoda plošné sondy	600
18.2.8	Faktory ovlivňující dynamické metody měření	601
18.3	Stanovení součinitele prostupu tepla otvorových výplní	602
18.3.1	Okna a dveře – Celkové plochy	602
18.3.1.1	Tepelné chování oken a dveří ČSN EN ISO 12567-1, část 1: Celková konstrukce oken a dveří	
	Stanovení součinitele prostupu tepla metodou teplé skříně	602
18.3.2	Rámy oken a dveří	604
18.3.2.1	Tepelné chování oken, dveří a okenic ČSN EN 12412, část 2: Rámy	604
18.3.3	Střešní okna	
	Tepelné chování oken a dveří EN ISO 12567-2:2005, část 2: Střešní okna a ostatní projektovaná okna	
	Stanovení součinitele prostupu tepla metodou teplé skříně	606

18.3.4	Roletové skříně	608
18.3.4.1	Tepelné chování oken, dveří a okenic ČSN EN 12412-4, část 2: Roletové skříně Stanovení součinitele prostupu tepla metodou teplé skříně	608
18.3.5	Lehké obvodové pláště	610
18.4	Stanovení průvzdušnosti otvorových výplní	611
18.5	Stanovení tepelných hodnot izolačních skel, stavebních materiálů a konstrukcí metodou chráněné teplé desky	615
18.5.1	Izolační skla	615
18.5.2	Sklo ve stavebnictví ČSN EN 674: Metoda chráněné teplé desky Stanovení součinitele prostupu tepla	615
18.6	Stanovení tepelných vlastností obvodových konstrukcí	617
18.6.1	Tepelná izolace ČSN EN ISO 8990: Stanovení součinitele prostupu tepla a tepelného odporu obvodových konstrukcí Stanovení vlastností prostupu tepla v ustáleném stavu – Kalibrovaná a chráněná teplá skříň	618
18.7	Stanovení difúzní vodivosti stavebních materiálů	621
18.7.1	Tepelně vlhkostní chování stavebních materiálů a výrobků ČSN EN ISO 12572: Stanovení prostupu vodní páry	621

19. LITERATURA627

20. REJSTRÍK639