

## OBSAH

Předmluva . . . . .	9
Úvod . . . . .	11
17. Způsoby výměny tepla . . . . .	13
Základní pojmy sdílení tepla . . . . .	13
18. Vedení tepla . . . . .	16
Zákon Fourierův . . . . .	16
Obecná rovnice vedení tepla . . . . .	17
Teplotní vodivost, měrné teplo a tepelná vodivost . . . . .	19
Teplotní vodivost . . . . .	19
Měrné teplo $c_p$ . . . . .	19
Základní rovnice u čistých plynů . . . . .	22
Měrné teplo plyných směsí . . . . .	24
Změna měrného tepla s teplotou . . . . .	26
Změna měrného tepla s tlakem . . . . .	26
Měrné teplo kapalin . . . . .	28
Měrné teplo tuhých látek . . . . .	30
Tepelná vodivost . . . . .	31
Tepelná vodivost plynů . . . . .	31
Tepelná vodivost plyných směsí . . . . .	33
Tepelná vodivost kapalin . . . . .	39
Tepelná vodivost směsí kapalin . . . . .	41
Tepelná vodivost tuhých látek . . . . .	42
Neustálené sdílení tepla vedením v tuhé fázi . . . . .	46
Výpočty neustáleného sdílení tepla . . . . .	48
Výpočet rozdělení teplot v závislosti na době ohřevu nebo chlazení pro uvedené základní tvary těles a některé jejich kombinace . . . . .	50
Neohraničená rovinná deska . . . . .	50
Nekonečně dlouhý válec a koule . . . . .	54
Analýza řešení . . . . .	60
Výpočet teplotního pole pro složitější tělesa . . . . .	64
Grafické řešení neustáleného vedení tepla . . . . .	66
Ustálené sdílení tepla vedením v tuhé fázi . . . . .	73
Rovnice ustáleného stavu v jednorozměrném poli . . . . .	73
Stejnorodá rovinná stěna . . . . .	73
Vrstvená různorodá rovinná stěna . . . . .	75
Jednoduchá válcová stěna . . . . .	80
Vrstvená válcová stěna . . . . .	84
Jednoduchá sférická stěna . . . . .	85
Vrstvená sférická stěna . . . . .	86
Vedení tepla tělesy nepravidelného tvaru při různých povrchových teplotách a proměnné tepelné vodivosti . . . . .	86
Vedení tepla tekutinami . . . . .	89
Symboly ke kap. 17 a 18 . . . . .	89
Literatura ke kap. 17 a 18 . . . . .	91
19. Sdílení tepla konvekceí do tekutin, jež nemění skupenství . . . . .	92
Volné a nucené proudění . . . . .	92
Newtonův zákon sdílení tepla a součinitel přestupu tepla . . . . .	92
Výpočet součinitele přestupu tepla . . . . .	94

Teoretické podklady . . . . .	94
Teorie mezní vrstvy a podvrstvy . . . . .	94
Teplná mezní vrstva . . . . .	96
Odvození kritériálních rovnic přestupu tepla . . . . .	97
Diferenciální rovnice pro sdílení tepla prouděním . . . . .	97
Odvození základních kritérií sdílení tepla analýzou diferenciálních rovnic	99
Změna hybnosti a tepelné energie v proudícím prostředí . . . . .	103
Odvození kritériálních rovnic přestupu tepla analýzou rozměrů . . . . .	104
Teoretická podstata kritérií <i>Nu</i> , <i>Pe</i> , <i>Pr</i> , <i>St</i> a <i>Gr</i> . . . . .	108
Kritériální rovnice při různých podmínkách sdílení tepla prouděním	109
Experimentální zjišťování konstant v kritériálních rovnicích . . . . .	111
Analogie převodu hybnosti a tepla v proudící tekutině . . . . .	112
Reynoldsova analogie . . . . .	112
Prandtlůva-Taylorova analogie . . . . .	114
Colburnova analogie a faktor $j_H$ . . . . .	117
Praktické výpočty součinitele přestupu tepla . . . . .	117
Druhy tepelných výměníků . . . . .	118
Obecné rozdělení . . . . .	118
Konstrukční uspořádání . . . . .	119
Tvary kritériálních rovnic pro výpočet součinitele přestupu tepla se	
zřetelem na různé podmínky . . . . .	133
Nucená konvekce . . . . .	133
Turbulentní proudění v přímé trubce při poměru $l/d > 50$ . . . . .	133
Průtok potrubím nekruhového průřezu . . . . .	136
Turbulentní průtok mezikružím . . . . .	136
Nucená konvekce vně trubky, tok kolmo na trubku . . . . .	137
Vliv úhlu náběhu . . . . .	138
Součinitel přestupu při obtékání svazku trubek s přepážkami . . . . .	139
Uspořádání trubek . . . . .	139
Rychlost průtoku . . . . .	140
Rozložení hodnot součinitele $\alpha$ v řadách trubek . . . . .	142
Turbulentní proudění trubkou při poměru $l/d < 50$ . . . . .	143
Přechodná oblast . . . . .	145
Součinitel přestupu tepla při míchání . . . . .	145
Přestup tepla při nuceném proudění podél rovinné desky . . . . .	147
Nucené laminární proudění trubkou . . . . .	148
Přestup tepla do stékajícího filmu . . . . .	154
Volná konvekce . . . . .	155
Přestup tepla při přirozeném proudění v neomezeném prostoru . . . . .	156
Přestup tepla do omezeného prostoru při volné konvekci . . . . .	159
Zvláštní případy převodu tepla . . . . .	161
Některé speciální konstrukce výměníků tepla . . . . .	161
Přestup tepla ve složitějších soustavách . . . . .	167
Symbole . . . . .	178
<b>20. Přestup tepla při změně skupenství — kondenzace par . . . . .</b>	<b>181</b>
Kapková a blánová kondenzace syté páry . . . . .	181
Nusseltova teorie kondenzace . . . . .	182
Nusseltova rovnice pro přestup tepla při kondenzaci na svislém	
povrchu . . . . .	182
Kondenzace par na skloněném povrchu . . . . .	185
Kondenzace par na horizontální trubce . . . . .	185
Kritériální tvary Nusseltovy rovnice . . . . .	186
Vliv turbulence stékajícího filmu . . . . .	188
Srovnání vertikálních a horizontálních trubek při kondenzaci . . . . .	190
Srovnání výsledků experimentálních měření a teoretických výpočtů	
součinitele přestupu $\alpha$ při kondenzaci par různých látek . . . . .	191
Vlivy, jimiž je nutno korigovat Nusseltovu rovnici . . . . .	191
Teplota kondenzátu . . . . .	191
Proměnná teplota stěny . . . . .	192
Vliv přítomnosti nekondenzujícího plynu . . . . .	192
Vliv rychlosti a směru proudění páry . . . . .	193
Vliv délky trubky . . . . .	193

Vliv počtu řad trubek a jejich uspořádání . . . . .	194
Kondenzace a chlazení čisté přehřáté páry . . . . .	195
Směšovací kondenzátory . . . . .	196
Symboly . . . . .	199
21. Přestup tepla při změně skupenství — var kapalin . . . . .	201
Var kapalin na ponořených varných plochách ve velkých objemech . . . . .	201
Průběh varu kapalin . . . . .	201
Kritické tepelné zatížení a $\alpha$ kritické . . . . .	205
Obecná závislost kritických poměrů při varu . . . . .	206
Obecné rovnice pro přestup tepla při bublinovém varu kapalin . . . . .	208
Kritériální rovnice pro výpočet $\alpha$ při varu pomocí $Nu_x$ . . . . .	211
Vlastnosti soustavy uplatňující se při varu . . . . .	213
Vliv druhu kapaliny . . . . .	213
Závislost $\alpha$ na $\Delta t$ u různých látek . . . . .	214
Závislost hustoty tepelného toku $q$ na $\Delta t$ u různých látek . . . . .	215
Vliv tvaru a velikosti výhřevné plochy . . . . .	216
Vliv materiálu výhřevné plochy . . . . .	216
Vliv adsorbovaných plynů . . . . .	216
Vliv povrchu varné stěny . . . . .	216
Vliv činidel působících chemicky nebo fyzikálně . . . . .	217
Vliv nuceného proudění na rychlost odpařování . . . . .	218
Místní (povrchový) var kapalin o teplotách pod bodem varu . . . . .	218
Var kapalin uvnitř trubek . . . . .	220
Výparné teplo kapalin . . . . .	222
Symboly . . . . .	225
22. Prostup tepla a tepelné výměníky . . . . .	227
Nepřímé sdílení tepla mezi dvěma prostředími . . . . .	227
Výpočet součinitele prostupu tepla $k$ . . . . .	228
Teplo prochází mezi dvěma prostředími, oddělenými jednoduchou homogenní rovinnou stěnou . . . . .	228
Teplo prochází mezi dvěma prostředími vrstvenou rovinnou stěnou . . . . .	230
Teplo prochází mezi dvěma prostředími oddělenými válcovou jednoduchou stěnou . . . . .	230
Vyjádření součinitele $k$ se zřetelem k vnitřnímu a vnějšímu povrchu trubky . . . . .	232
Teplo prochází válcovou vrstvenou stěnou . . . . .	233
Faktor znečištění . . . . .	234
Možnosti zesílení prostupu tepla . . . . .	235
Základ výpočtu tepelného výměníku na nepřímou výměnu tepla . . . . .	237
Úplná integrace rychlostní rovnice prostupu tepla . . . . .	238
Výpočet pomocí střední hodnoty součinitele prostupu tepla . . . . .	238
Základní tepelné bilance výměníku . . . . .	240
Střední rozdíl teplot . . . . .	242
Výpočet středního teplotního rozdílu u výměníku se smíšeným vedením proudů . . . . .	246
Výpočet koncové teploty prostředí při neměnicím se skupenství . . . . .	250
Výpočet koncové teploty při změně skupenství . . . . .	254
Přesný výpočet střední teploty prostředí . . . . .	255
Výpočet teploty stěny . . . . .	257
Navrhování tepelných výměníků . . . . .	258
Technickoekonomické otázky . . . . .	267
Ekonomicky nejvýhodnější výstupní teplota chladicí vody . . . . .	269
Energetická dokonalost a účinnost tepelného výměníku . . . . .	270
Vliv tepelných ztrát a netěsností . . . . .	272
Směšovací výměníky tepla . . . . .	272
Nositelé tepla a chladiva v průmyslu . . . . .	273
Symboly . . . . .	275
23. Odpařování . . . . .	278
Základní pojmy . . . . .	278
Průběh odpařování . . . . .	279

Technologické důvody použití odparek . . . . .	280
Druhy odparek . . . . .	280
Konstrukce odparek . . . . .	282
Odparky s přímým otápěním . . . . .	282
Odparky s nepřímým otápěním . . . . .	282
Odparky s přirozenou konvekcí . . . . .	282
Odparky s nucenou cirkulací . . . . .	286
Odparky se vztlínající blánou kapaliny . . . . .	287
Zákonitosti a vlivy uplatňující se při provozu odparek . . . . .	289
Výpočet součinitele přestupu tepla ve speciálních odparkách . . . . .	292
Výpočty odparek . . . . .	293
Jednočlenná odparka . . . . .	293
Látková bilance . . . . .	293
Tepelná bilance . . . . .	294
Odpárování ve vícečlenech . . . . .	296
Volba počtu členů odparky . . . . .	297
Výpočet vícečlenu . . . . .	298
Látková bilance členů baterie . . . . .	299
Tepelná bilance vícečlenu . . . . .	300
Spotřeba páry u vícečlenné odparky . . . . .	302
Průběh teplot ve vícečlenu . . . . .	305
Odparky s kompresí brýdových par . . . . .	318
Symbody . . . . .	321
24. Sdílení tepla sáláním . . . . .	323
Základní pojmy . . . . .	323
Záření černého tělesa . . . . .	324
Záření šedého tělesa . . . . .	324
Výpočty výměny tepla sáláním mezi dvěma povrchy . . . . .	324
Sálání mezi dokonale černými povrchy . . . . .	326
Sálání mezi dvěma rovnoběžnými černými stěnami . . . . .	326
Sálání mezi stejně velkými protilehlými rovnoběžnými černými stěnami tvaru čtverce nebo kruhového kotouče . . . . .	326
Sálání mezi černými rovnoběžnými stěnami tvaru pravouhelníku . . . . .	327
Sálání mezi černými rovinnými stěnami tvaru obdélníku, umístěnými kolmo na sebe se společnou hranou . . . . .	328
Sálání mezi dvěma černými rovinnými stěnami v přítomnosti povrchů dokonale odrážejících sálané teplo . . . . .	329
Sálání mezi šedými tělesy . . . . .	330
Výměna tepla sáláním z šedého povrchu do okolí . . . . .	330
Výměna tepla sáláním mezi dvěma stejně velkými povrchy šedých těles o pohltivosti $a_1$ a $a_2$ a teplotě $T_1$ a $T_2$ , jejichž vzdálenost je malá proti jejich rozměrům . . . . .	330
Sálání mezi dvěma šedými plochami v přítomnosti stěn odrážejících záření . . . . .	332
Sálání mezi dvěma různě velkými rovnoběžnými šedými povrchy různé poměrné pohltivosti . . . . .	332
Sálání tělesa v uzavřeném prostoru . . . . .	333
Sluneční sálání . . . . .	334
Zmenšení intenzity sálání . . . . .	336
Sálání plynů . . . . .	337
Sálání plamene . . . . .	338
Sdílení tepla prouděním a sáláním současně . . . . .	338
Určení ekonomické tloušťky izolace . . . . .	340
Symbody . . . . .	341
Seznam použité a doporučené literatury . . . . .	343
Tabulky . . . . .	345
Rejstřík . . . . .	345