

# Obsah

	Předmluva .....	10
	Úvod .....	11
<b>1</b>	<b>Základní pojmy .....</b>	<b>14</b>
1.1	Obsah chemického inženýrství a vztah k chemické technologii .....	14
1.2	Realizace základních procesů .....	17
1.3	Pístoný tok a ideální míšení .....	19
1.4	Systém a okolí, hranice systému .....	21
1.5	Struktura systému .....	22
1.6	Metody chemickoinženýrského výpočtu .....	26
	<i>Kontrolní úlohy</i> .....	30
<b>2</b>	<b>Bilance .....</b>	<b>32</b>
2.1	Základní pojmy .....	32
2.2	Bilance extenzivní veličiny $B$ .....	35
2.3	Materiálové bilance .....	40
2.3.1	Koncentrační veličiny .....	41
2.3.2	Bilance hmotnosti a látkového množství .....	48
2.3.3	Fiktivní proudy a chemická reakce .....	50
2.3.4	Bilanční výpočty .....	55
	<i>Kontrolní úlohy</i> .....	61
<b>3</b>	<b>Tekutina a spojité prostředí .....</b>	<b>63</b>
3.1	Tekutina .....	63
3.2	Spojité prostředí .....	63
3.3	Místní a okamžité veličiny .....	65
3.4	Síly působící v tekutině .....	66
3.5	Proudění tekutiny .....	67
3.6	Viskozita .....	72

3.7	Nenewtonské kapaliny .....	74
3.8	Rovnice kontinuity .....	75
	<i>Kontrolní úlohy</i> .....	77
<b>4</b>	<b>Bilance celkové energie tekutiny, rovnice Bernoulliho a hydrostatiky</b> .....	<b>79</b>
4.1	Bilance energie tekutiny .....	79
4.2	Bernoulliho rovnice .....	81
4.3	Rovnice hydrostatiky .....	87
4.3.1	Diferenciální rovnice hydrostatiky .....	87
4.3.2	Integrace diferenciální rovnice hydrostatiky .....	89
	<i>Kontrolní úlohy</i> .....	96
<b>5</b>	<b>Proudění tekutiny potrubím</b> .....	<b>98</b>
5.1	Vyjádření ztráty mechanické energie při proudění tekutiny .....	98
5.1.1	Výtokový součinitel .....	100
5.1.2	Součinitel tření .....	101
5.1.3	Součinitel odporu .....	107
5.2	Výtok tekutiny z otvoru v nádobě .....	108
5.3	Proudění tekutiny jednoduchou potrubní linkou .....	113
5.4	Proudění tekutiny potrubní sítí .....	121
5.5	Optimální průměr potrubí .....	123
	<i>Kontrolní úlohy</i> .....	125
<b>6</b>	<b>Podobnost systémů a dějů</b> .....	<b>127</b>
6.1	Fyzikální rovnice rozměrové a bezrozměrové .....	127
6.1.1	Rozměrové fyzikální rovnice .....	127
6.1.2	Bezrozměrové fyzikální rovnice .....	128
6.2	Rozměrová analýza .....	131
6.3	Teorie podobnosti .....	135
6.3.1	Vyjádření podobnosti systémů a dějů .....	135
6.3.1.1	Konstanty podobnosti .....	136
6.3.1.2	Invarianty podobnosti .....	139
6.3.1.3	Kritéria podobnosti .....	140
6.3.2	Odvození kritérií podobnosti pomocí teorie podobnosti .....	141
6.4	Modelování .....	147
6.5	Teorie analogie .....	150
	<i>Kontrolní úlohy</i> .....	151

<b>7</b>	<b>Doprava tekutin</b> .....	<b>153</b>
7.1	Způsoby dopravy tekutin potrubím a typy čerpadel .....	153
7.1.1	Objemová čerpadla s přímou přeměnou práce na tlakovou energii .....	154
7.1.2	Rotační čerpadla s nepřímou přeměnou práce na tlakovou energii .....	156
7.1.3	Jiné typy čerpadel .....	157
7.2	Výkon a příkon čerpadla .....	159
7.3	Sací a dopravní výška .....	161
7.4	Charakteristika potrubí a čerpadla .....	162
7.4.1	Charakteristika potrubí .....	162
7.4.2	Charakteristika čerpadla .....	164
7.4.3	Společné řešení charakteristiky potrubí a čerpadla .....	165
7.5	Sériové a paralelní řazení čerpadel .....	167
7.6	Podobnost čerpadel .....	168
	<i>Kontrolní úlohy</i> .....	171
<b>8</b>	<b>Proudění tekutin nehybnou vrstvou zrnitého materiálu</b> .....	<b>172</b>
8.1	Technické aplikace proudění tekutin vrstvou zrnitého materiálu .....	172
8.2	Proudění jedné tekuté fáze .....	173
8.3	Proudění dvou tekutých nemísitelných fází .....	179
	<i>Kontrolní úlohy</i> .....	181
<b>9</b>	<b>Filtrace</b> .....	<b>183</b>
9.1	Základní pojmy .....	183
9.2	Typy filtračních zařízení .....	186
9.2.1	Pískový filtr .....	186
9.2.2	Filtrační nuč .....	187
9.2.4	Rukávový filtr .....	188
9.2.5	Rámový kalolis .....	189
9.2.6	Bubnový vakuový filtr .....	191
9.2.7	Pásový vakuový filtr .....	191
9.2.8	Filtrační odstředivka .....	192
9.3	Hmotnostní bilance .....	193
9.4	Rovnice rychlosti filtrace .....	194
9.4.1	Rovnice rychlosti diskontinuální filtrace .....	197
9.5	Integrální rovnice diskontinuální filtrace a promývání .....	198
9.5.1	Filtrace při konstantní rychlosti .....	199
9.5.2	Filtrace při konstantním přetlaku .....	199
9.5.3	Filtrace při použití odstředivého čerpadla .....	200
9.5.4	Promývání při konstantním přetlaku .....	200

9.6	Filtrace v bubnovém filtru . . . . .	203
9.7	Filtrace v odstředivce . . . . .	204
	<i>Kontrolní úlohy</i> . . . . .	205
<b>10</b>	<b>Usazování</b> . . . . .	<b>206</b>
10.1	Základní pojmy . . . . .	206
10.2	Principy činnosti některých zařízení na usazování a třídění částic . . . . .	212
10.2.1	Gravitační usazováky . . . . .	212
10.2.2	Gravitační usazováky se změnou směru proudění suspenze . . . . .	214
10.2.3	Usazováky s rotací suspenze . . . . .	215
10.2.4	Mokré odlučovače částic z plyných suspenzí . . . . .	216
10.2.5	Elektrostatické odlučovače . . . . .	218
10.2.6	Magnetické separátory . . . . .	219
10.3	Kvantitativní popis usazování izolované částice . . . . .	219
10.4	Vliv různých faktorů na průběh usazování . . . . .	230
10.4.1	Vliv stěn zařízení . . . . .	230
10.4.2	Vliv tvaru částic . . . . .	231
10.4.3	Vliv koncentrace částic v suspenzi . . . . .	232
10.4.4	Usazování polydisperzního souboru částic . . . . .	233
10.5	Výpočet usazováků . . . . .	237
10.5.1	Gravitační usazovák s horizontálním tokem suspenze . . . . .	238
10.5.2	Gravitační usazovák s vertikálním prouděním suspenze . . . . .	240
10.5.3	Usazování v cyklónových odlučovačích . . . . .	241
	<i>Kontrolní úlohy</i> . . . . .	244
<b>11</b>	<b>Fluidace</b> . . . . .	<b>246</b>
11.1	Kvalitativní popis fluidní vrstvy . . . . .	246
11.1.1	Popis jednoduchého pokusu . . . . .	247
11.1.2	Základní vlastnosti fluidní vrstvy . . . . .	250
11.1.3	Technický význam fluidní vrstvy . . . . .	254
11.2	Kvantitativní popis fluidní vrstvy . . . . .	256
11.2.1	Tlaková ztráta ve fluidní vrstvě a hydrostatický tlak fluidní vrstvy . . . . .	256
11.2.2	Prahová rychlost fluidace . . . . .	259
11.2.3	Prahová rychlost úletu . . . . .	261
11.2.4	Expanze fluidní vrstvy . . . . .	261
	<i>Kontrolní úlohy</i> . . . . .	264

<b>12</b>	<b>Míchání</b> .....	<b>266</b>
12.1	Kvalitativní popis míchání .....	266
12.1.1	Princip a účel míchání .....	266
12.1.2	Míchání rotačními míchadly .....	268
12.1.3	Míchání rotačními rychloběžnými míchadly .....	270
12.2	Kvantitativní popis míchání .....	271
12.2.1	Příkon míchadla .....	272
12.2.2	Vyrovňávání vlastností vsádky .....	275
12.2.3	Čerpací výkonnost .....	276
12.2.4	Modelování míchacích zařízení .....	276
	<i>Kontrolní úlohy</i> .....	277
<b>13</b>	<b>Rozdělení dob prodlení částic v průtočném zařízení</b> .....	<b>279</b>
13.1	Metoda vzruchu a odezvy .....	279
13.2	Distribuční funkce a hustota pravděpodobnosti dob prodlení .....	282
13.3	Diferenciální bilance pro ideální míšení .....	285
13.4	Distribuční funkce a hustota pravděpodobnosti dob prodlení pro ideální míšení a pro pístový tok .....	286
13.5	Kaskáda ideálních mísičů .....	287
13.6	Přepočtení průběhu diskontinuálního děje na děj kontinuální .....	290
	<i>Kontrolní úlohy</i> .....	291
<b>14</b>	<b>Bilance entalpie a chlazení na nízké teploty</b> .....	<b>293</b>
14.1	Bilance entalpie .....	293
14.2	Výpočet entalpie .....	295
14.3	Data pro výpočet entalpie .....	300
14.4	Chlazení na nízkou teplotu .....	302
14.5	Exergie .....	310
	<i>Kontrolní úlohy</i> .....	312
<b>15</b>	<b>Mechanismy sdílení tepla, vedení tepla</b> .....	<b>314</b>
15.1	Mechanismy sdílení tepla .....	314
15.1.1	Sdílení tepla vedením .....	315
15.1.2	Sdílení tepla prouděním .....	316
15.1.3	Sdílení tepla sáláním .....	317
15.1.4	Složené sdílení tepla .....	321

15.2	Sdílení tepla vedením v nehybném prostředí . . . . .	321
15.2.1	Vedení tepla v desce . . . . .	222
15.2.2	Vedení tepla válcovou stěnou . . . . .	326
15.2.3	Vedení tepla kulovou stěnou . . . . .	328
	<i>Kontrolní úlohy</i> . . . . .	330
<b>16</b>	<b>Sdílení tepla prouděním</b> . . . . .	<b>331</b>
16.1	Součinitel přestupu tepla . . . . .	331
16.2	Kritéria podobnosti uplatňovaná při popisu sdílení tepla prouděním . . . . .	333
16.3	Popis různých případů přestupu tepla . . . . .	336
16.3.1	Přestup tepla při volném proudění bez fázové přeměny . . . . .	336
16.3.2	Přestup tepla při nuceném proudění bez fázové přeměny . . . . .	337
16.3.3	Přestup tepla při kondenzaci páry . . . . .	338
16.3.3.1	Filmová kondenzace čisté nasycené páry na svislé stěně . . . . .	339
16.3.3.2	Kapková kondenzace nasycené páry na svislé stěně . . . . .	340
16.3.3.3	Kondenzace přehřáté páry . . . . .	340
16.3.3.4	Kondenzace páry smíšené s inertem . . . . .	340
16.3.4	Přestup tepla při varu kapaliny . . . . .	341
16.4	Porovnání řádových hodnot součinitele přestupu tepla v různých případech . . . . .	343
16.5	Přístup k výpočtu součinitele přestupu tepla . . . . .	344
	<i>Kontrolní úlohy</i> . . . . .	344
<b>17</b>	<b>Výměníky tepla a prostup tepla</b> . . . . .	<b>346</b>
17.1	Výměníky tepla . . . . .	346
17.2	Prostup tepla . . . . .	350
17.2.1	Prostup tepla rovinnou stěnou . . . . .	350
17.2.2	Prostup tepla válcovou stěnou . . . . .	352
17.3	Rozdělení teplot ve výměnících tepla . . . . .	354
17.4	Výpočet parametrů výměníku tepla při ustáleném stavu . . . . .	355
17.4.1	Protiproud . . . . .	356
17.4.2	Souproud . . . . .	363
17.4.3	Fázová přeměna . . . . .	366
17.4.4	Porovnání souproudého a protiproudého výměníku tepla . . . . .	367
17.4.5	Přímý výpočet plochy tepelné výměny . . . . .	368
17.5	Výpočet neustáleného prostupu tepla ve výměnících . . . . .	370
17.5.1	Ohřev kapaliny v nádobě kondenzující párou . . . . .	371
17.5.2	Ohřev kapaliny v nádobě jinou tekutinou bez fázové přeměny . . . . .	373
	<i>Kontrolní úlohy</i> . . . . .	375

<b>18</b>	<b>Odpařování</b> .....	<b>377</b>
18.1	Úvod .....	377
18.2	Odparka, odpařovací aparáty a jejich propojení ve vícečlenné odparce .....	378
18.2.1	Jednočlenná odparka .....	378
18.2.2	Odpařovací aparáty .....	381
18.2.3	Vícečlenná odparka .....	385
18.3	Výpočet parametrů jednočlenné odparky .....	387
18.3.1	Hmotnostní a entalpické bilance .....	388
18.3.2	Rozložení teploty v odparce .....	391
18.3.3	Výpočet plochy tepelné výměny .....	393
18.3.4	Úspora topné páry .....	393
18.4	Výpočet parametrů vícečlenné odparky .....	394
18.4.1	Hmotnostní a entalpické bilance .....	395
18.4.2	Rozložení teplot v odparce a určení ploch tepelné výměny .....	399
18.4.3	Postup výpočtu parametrů vícečlenné odparky .....	401
	<i>Kontrolní úlohy</i> .....	405
	<b>Přílohy</b> .....	<b>406</b>
A1	Metodické pokyny ke studiu chemického inženýrství a k přípravě na zkoušku .....	406
A2	Fyzikální veličiny, jejich jednotky a rozměry .....	407
A3	Vzájemný přepočítání různých koncentračních veličin .....	414
A4	Tenzorové veličiny .....	421
A5	Laminární proudění reálné tekutiny potrubím .....	426
A6	Diferenciální forma rovnice kontinuity .....	433
A7	Pokusné určení filtračních konstant .....	438
A8	Vliv tvaru částice na usazování .....	442
A9	Vliv roštu na fluidní vrstvu .....	446
A10	Fourierova–Kirchhoffova a Fourierova rovnice .....	452
	<b>Literatura</b> .....	<b>457</b>
	<b>Seznam symbolů</b> .....	<b>459</b>