

Obsah

1	ÚVOD	8
1.1	Chemické inženýrství, chemicko-inženýrské operace	8
1.1.1	Systematika chemicko-inženýrských operací	8
1.1.2	Metody chemického inženýrství, chemicko-inženýrské výpočty	9
2	FYZIKÁLNÍ ZÁKLADY CHEMICKÉHO INŽENÝRSTVÍ	11
2.1	Fyzikální veličiny a rovnice.....	11
2.2	Rozměrová analýza.....	13
2.3	Podobnost, modelování a analogie	15
2.3.1	Podobnost	15
2.3.2	Modelování	17
2.3.3	Analogie.....	18
3	MATERIÁLOVÉ A ENERGETICKÉ BILANCE	20
3.1	Obecné principy bilančních výpočtů.....	20
3.2	Materiálové bilance	22
3.2.1	Vyjadřování koncentrací složek v proudech.....	22
3.2.2	Materiálová bilance systému s jedním bilančním uzlem	24
3.2.3	Materiálová bilance systému s více bilančními uzly	24
3.3	Energetické bilance.....	25
4	ZÁKLADY MECHANIKY TEKUTIN	28
4.1	Popis proudění, charakter toku.....	28
4.2	Mechanika tekutin	29
4.2.1	Základní reologické pojmy	29
4.2.2	Rovnice kontinuity.....	32
4.2.3	Bernoulliho rovnice	32
4.3	Hydrostatika.....	34
4.3.1	Tekutina v tíhovém poli.....	34
4.4	Hydrodynamika	35
4.4.1	Laminární proudění, Poiseuilleův tok.....	35
4.4.2	Turbulentní proudění	37
4.4.3	Výpočty potrubí	38
5	DOPRAVA KAPALIN, ČERPADLA.....	46
5.1	Charakteristika potrubí	46
5.2	Pracovní výška čerpadla	47
5.3	Příkon čerpadla, účinnost	48
5.4	Sací výška čerpadla.....	48
5.5	Druhy čerpadel.....	49
5.5.1	Čerpadla objemová	50
5.5.2	Odstředivá čerpadla	53
5.5.3	Jiné druhy čerpadel	57
6	MÍCHÁNÍ.....	60
6.1	Typy míchadel.....	61
6.1.1	Zařízení s rotačními míchadly	61
6.1.2	Statické směšovače	62
6.2	Volba míchadla	63
6.2.1	Příkon míchadla	63
6.2.2	Doba míchání.....	66

7	TOK PÓROVITOU VRSTVOU, FILTRACE, TLAKOVÉ MEMBRÁNOVÉ PROCESY.....	68
7.1	Tok tekutiny pórovitou vrstvou.....	68
7.1.1	Plouživý tok nestlačitelných tekutin vrstvou částic	69
7.2	Filtrace	73
7.2.1	Koláčová filtrace.....	74
7.2.2	Hlubková filtrace	81
7.3	Tlakové membránové procesy	83
7.3.1	Princip membránových procesů.....	84
7.3.2	Membrány a membránové moduly	84
7.3.3	Uspořádání toku.....	87
7.3.4	Membránová zařízení	88
7.3.5	Hnací síla procesu	89
7.3.6	Rozdělení tlakových membránových procesů	90
7.3.7	Retence membrány	95
7.3.8	Intenzita toku permeátu	96
7.3.9	Ustálená hodnota intenzity toku permeátu.....	96
7.3.10	Koncentrační polarizace, zanášení membrány	97
7.3.11	Hydrodynamický odpor membrány	97
7.3.12	Základní procesní charakteristiky	98
7.3.13	Konverzní poměr	101
7.3.14	Souhrnné údaje o tlakových membránových procesech	101
8	USAZOVÁNÍ V GRAVITAČNÍM A Odstředivém poli.....	105
8.1	Usazování osamocených částic	105
8.1.1	Usazování osamocených částic v tíhovém poli.....	106
8.1.2	Usazování osamocených částic v odstředivém poli	109
8.2	Další faktory ovlivňující rychlost usazování.....	110
8.2.1	Rušené usazování.....	111
8.2.2	Rušené usazování jemných suspenzí (zónové usazování)	111
8.3	Zařízení pro usazování	112
8.3.1	Základní vztahy pro periodicky pracující usazovák	112
8.3.2	Základní vztahy pro průtočné usazováky.....	112
8.3.3	Průmyslové usazováky	113
8.3.4	Zařízení pro usazování v odstředivém poli	115
8.4	Hydraulické třídění a rozdružování.....	116
9	FLUIDACE.....	119
9.1	Vznik fluidní vrstvy, základní pojmy.....	119
9.2	Rovnoměrná a nerovnoměrná fluidní vrstva	121
9.2.1	Rovnoměrná vrstva kulových částic	122
10	ZÁKLADY TEPELNÝCH OPERACÍ	124
10.1	Způsoby sdílení tepla a základní pojmy.....	124
10.1.1	Základní pojmy sdílení tepla.....	124
10.2	Vedení tepla	125
10.2.1	Fourierův zákon	126
10.2.2	Ustálené vedení tepla rovinnou stěnou	126
10.2.3	Ustálené vedení tepla složenou rovinnou stěnou	127
10.2.4	Ustálené vedení tepla válcovou stěnou	128
10.2.5	Ustálené vedení tepla složenou válcovou stěnou.....	129
10.3	Sdílení tepla prouděním	129

10.3.1	Přestup tepla.....	129
10.3.2	Rovnice energie	129
10.3.3	Newtonův ochlazovací zákon	130
10.3.4	Kriteriální rovnice pro výpočet součinitele přestupu tepla	131
10.3.5	Přestup tepla při volné konvekci.....	132
10.3.6	Přestup tepla při nucené konvekci	133
10.4	Prostup tepla	134
10.4.1	Prostup tepla rovinnou stěnou	134
10.4.2	Prostup tepla válcovou stěnou	135
11	ZAŘÍZENÍ NA VÝMĚNU TEPLA.....	138
11.1	Výpočty rekuperačních výměníků	138
11.1.1	Výpočet teplosměnné plochy	138
11.1.2	Stanovení středního rozdílu teplot mezi proudy	140
11.2	Výměníky pro nepřímou výměnu tepla mezi tekutinami.....	143
11.2.1	Nádoby s topným pláštěm	143
11.2.2	Trubkové výměníky	144
12	ODPAŘOVÁNÍ.....	147
12.1	Teplotní poměry při varu roztoků	147
12.2	Některé typy odparek.....	147
12.3	Výpočet jednočlenné odparky.....	151
13	DIFUZNÍ OPERACE, ZÁKLADNÍ POJMY	154
13.1	Rozdělení difuzních operací.....	154
13.2	Charakteristika zařízení pro výměnu hmoty	155
13.3	Uspořádání toku fází	156
13.4	Rovnováha mezi fázemi.....	157
13.5	Rovnovážný stupeň.....	157
14	ABSORPCE.....	158
14.1	Základní pojmy	158
14.2	Rozdělení absorpce	158
14.3	Použití a cíle absorpce	159
14.4	Návrh absorbérů, obecný postup	160
14.4.1	Volba rozpouštědla	160
14.4.2	Rovnováha v systému plyn-kapalina	161
14.4.3	Bilanční výpočty	164
14.4.4	Volba typu zařízení.....	172
14.4.5	Stanovení základních rozměrů absorbérů se stupňovým kontaktem fází	172
14.5	Desorpce.....	177
15	DESTILACE A REKTIFIKACE.....	180
15.1	Úvod	180
15.2	Rovnovážné diagramy binárních směsí	180
15.3	Klasifikace systémů kapalina–pára.....	181
15.3.1	Ideální systémy	181
15.3.2	Reálné systémy	185
15.4	Další základní pojmy	188
15.5	Rovnovážná destilace.....	190
15.6	Rektifikace.....	193
15.6.1	Bilanční výpočty	195
15.6.2	Návrh rektifikační kolony	195

15.6.3	McCabeova–Thieleova metoda	196
15.6.4	Ovlivnění polohy q-přímky entalpickým stavem nástřiku.....	203
15.6.5	Toky kapaliny a páry v blízkosti nástřikového patra	204
15.6.6	Stanovení počtu rovnovážných stupňů rektifikační kolony	206
15.6.7	Mezní polohy pracovních přímek	207
15.6.8	Optimální refluxní poměr	210
15.6.9	Pracovní tlak	212
15.6.10	Účinnost pater	212
16	EXTRAKCE.....	215
16.1	Úvod	215
16.2	Volba extrahovadla.....	217
16.3	Rovnováha při extrakci	217
16.4	Násobná extrakce.....	218
16.4.1	Koncentrace spojeného extraktu	220
16.4.2	Analytický výpočet počtu rovnovážných stupňů násobné extrakce	221
16.5	Kontinuální extrakce	222
16.5.1	Analytický výpočet počtu rovnovážných stupňů protiproudého extraktoru	225
17	SUŠENÍ TUHÝCH MATERIÁLŮ.....	227
17.1	Úvod	227
17.2	Parametry sušicího plynu.....	227
17.3	Veličiny charakterizující sušený materiál	230
17.4	Rovnováha v systému vlhký materiál – vlhký plyn	231
17.5	Periodické sušení.....	232
17.5.1	Hmotnostní bilance vlhkosti	233
17.5.2	Entalpická bilance.....	234
17.6	Kontinuální sušení	236
17.6.1	Množství vysušeného materiálu.....	237
17.6.2	Množství odstraněné vlhkosti	237
17.6.3	Spotřeba sušicího plynu	238
17.6.4	Spotřeba tepla	239
17.7	Sušárna s postupným ohřevem vzduchu.....	239
17.8	Sušení s recirkulací sušicího plynu	240
17.9	Rychlost sušení	240
17.9.1	Křivka rychlosti sušení	241
18	VÝMĚNÍKY HMOTY	244
18.1	Úvod	244
18.2	Absorbéry a rektifikační kolony.....	244
18.2.1	Typy pater	245
18.3	Extraktory	248
18.3.1	Zařízení pro násobnou extrakci.....	248
18.3.2	Zařízení pro kontinuální extrakci.....	250
18.4	Sušárny	252
18.4.1	Komorové sušárny	252
18.4.2	Tunelové sušárny	252
18.4.3	Proudové sušárny	253
18.4.4	Fluidní sušárny.....	253
18.4.5	Rozprašovací sušárny	254