

OBSAH

	Předmluva k českému vydání	15
	Předmluva k ruskému vydání	16
	Seznam nejčastěji používaných symbolů	17
1	Úvod	25
1.1	Zaměření učebnice	25
1.2	Trend rozvoje procesů zpracování ropy a zemního plynu	26
1.3	Rozdělení základních (typových) procesů a zařízení v rafinérské technologii	28
1.3.1	Rozdělení podle hnací síly procesu	28
1.3.1.1	Procesy založené na sdílení látky (difúzní procesy)	28
1.3.1.2	Hydrodynamické nebo hydromechanické procesy	28
1.3.1.3	Mechanické procesy	30
1.3.1.4	Tepelné procesy	30
1.3.1.5	Chemické procesy	30
1.3.2	Rozdělení podle časové realizace	30
1.3.2.1	Periodické procesy	30
1.3.2.2	Nepřetržité procesy	30
1.4	Postup výpočtu procesů a zařízení	31
1.4.1	Technologický výpočet	31
1.4.2	Hydraulický výpočet	31
1.4.3	Mechanický výpočet	31
1.4.4	Projektové zadání	32
1.4.5	Technický projekt	32
1.4.6	Pracovní výkresy	32
1.5	Zásady hmotnostní a energetické bilance	32
1.6	Význam teorie podobnosti a modelování	36
1.6.1	Fyzikální modelování	36
1.6.2	Hydraulické modelování	36
1.6.3	Matematické modelování	36
I	Sdílení látky (difúzní procesy)	
2	Základní pojmy a zákony sdílení látky	41
2.1	Význam procesů sdílení látky při zpracování ropy	41
2.2	Obecné znaky procesů sdílení látky	41
2.3	Způsoby vyjadřování složení fází	42
2.4	Základní zákonitosti sdílení látky	45

2.4.1	Molekulární difúze	45
2.4.2	Diferenciální rovnice molekulární difúze	47
2.4.3	Diferenciální rovnice konvekční a molekulární difúze	48
2.4.4	Rovnice prostupu látky	50
2.4.5	Určení koeficientů prostupu látky pomocí koeficientů přestupu látky	52
2.5	Hmotnostní bilance procesů sdílení látky	54
2.5.1	Protiproudý styk fází	54
2.5.2	Souproudý styk fází	56
2.5.3	Křížový tok	57
2.5.4	Střední hnací síla difúzního procesu a počet převodových jednotek	59
2.5.5	Počet teoretických pater	61
2.5.6	Podobnost v procesech sdílení látky	64
2.6	Sdílení látky v systémech s touhou fází	66
3	Rovnovážné systémy	69
3.1	Užití fázového pravidla v procesech sdílení látky	69
3.2	Nasyčené a přehřáté páry	71
3.3	Tlak nasycených par čistých látek a ropných produktů	72
3.3.1	Antoineova rovnice	72
3.3.2	Kirejeva rovnice	72
3.3.3	Duhringova metoda	73
3.3.4	Tregubovova metoda	73
3.4	Klasifikace dvousložkových směsí kapalin	75
3.5	Základní zákony fázové rovnováhy	76
3.5.1	Daltonův zákon	77
3.5.2	Raoultův zákon	77
3.5.3	Henryho zákon	77
3.6	Rovnovážné složení fází	78
3.7	Rovnováha dvousložkových systémů	80
3.8	Rovnice a rovnovážná křivka binárních směsí	84
3.9	Izořarické křivky	85
3.10	Entalpické diagramy	86
3.11	Výpočet rovnovážného složení fází pomocí rovnovážné konstanty	88
3.12	Rovnováha za vysokých tlaků	88
3.13	Rovnováha dvousložkových systémů, které vykazují mírný odklon od Raoultova zákona	89
3.14	Rovnováha vzájemně rozpustných dvousložkových systémů, které tvoří azeotropické směsi	91
3.15	Rovnováha částečně rozpustných kapalin	93
3.16	Rovnováha vzájemně nerozpustných kapalin	95
3.17	Rovnováha vícesložkové směsi v přítomnosti vodní páry (inertního plynu)	97
4	Odpařování a kondenzace	99
4.1	Jednostupňové odpařování (kondenzace)	100
4.1.1	Binární směsi	100
4.1.2	Vícesložkové směsi	103
4.1.3	Složité směsi	105
4.2	Vícetupňové odpařování a kondenzace	108
4.3	Postupné odpařování (kondenzace) – diferenciální destilace	111
4.3.1	Binární směsi	111

4.3.2	Vicesložkové směsi	113
5	Rektifikace	115
5.1	Princip rektifikace dvousložkové směsi	115
5.2	Schéma rektifikační kolony	116
5.3	Hmotnostní bilance rektifikační kolony	118
5.4	Tepelná bilance kolony	118
5.5	Rovnice pracovní čáry	121
5.5.1	Rovnice pracovní čáry horní části kolony	122
5.5.2	Rovnice pracovní čáry spodní části kolony	124
5.5.3	Obečný tvar rovnice pracovní čáry horní a spodní části kolony	126
5.6	Výpočet složení proudů na nástřikovém patře	127
5.7	Konstrukce pracovní čáry na entalpickém diagramu	129
5.8	Minimální toky kapaliny a páry	132
5.9	Vliv změny toků páry a kapaliny s výškou kolony na pracovní čáru	134
5.10	Konstrukce pracovní čáry na diagramu $w-u$ pomocí entalpického diagramu	136
5.11	Grafické stanovení počtu teoretických pater na diagramu $w-u$	137
5.12	Grafické stanovení počtu teoretických pater na entalpickém diagramu	141
5.13	Analytické metody výpočtu počtu teoretických pater	143
5.13.1	Výpočet při nekonečných poměrech zpětného toku a toku páry	143
5.13.2	Výpočet při reálném poměru zpětného toku	145
5.14	Stanovení počtu teoretických pater metodou „od patra k patru“	148
5.15	Účinnost patra	150
5.16	Stanovení poměru zpětného toku (poměru toku páry)	152
5.17	Vliv teploty přiváděné suroviny na práci rektifikační kolony	154
5.18	Způsoby vytváření zpětného toku v koloně	156
5.18.1	Parciální kondenzátor	157
5.18.2	Studený odpařující se zpětný tok	157
5.18.3	Cirkulační neodpařující se zpětný tok	159
5.19	Způsoby přivodu tepla do spodní části kolony	160
5.19.1	Ohřivač s parním prostorem	161
5.19.2	Horký proud	161
5.20	Vliv tlaku na rektifikaci	162
5.21	Výpočet teploty v různých řezech kolonou	163
5.22	Zvláštnosti práce rektifikační kolony s přívodem vodní páry	166
5.23	Rektifikace vicesložkových směsí	169
5.23.1	Seriově uspořádání kolon	170
5.23.2	Seriově-paralelní uspořádání kolon	170
5.24	Zvláštnosti při výpočtu rektifikace vicesložkových směsí	172
5.25	Výpočet rektifikace vicesložkových směsí při totálním zpětném toku	176
5.26	Přibližný postup výpočtu rektifikace vicesložkové směsí při reálném poměru zpětného toku	179
5.27	Analytický výpočet počtu pater v koloně při rektifikaci vicesložkové směsí	181
5.28	Zvláštnosti při výpočtu kombinované kolony při rektifikaci vicesložkové směsí	184
5.29	Zvláštnosti práce kombinovaných kolon s přechodným zpětným tokem	187
6	Azeotropická a extrakční rektifikace	189
6.1	Zvláštnosti rektifikace blízkovroucích složek a azeotropických směsí	189
6.2	Vliv koncentrace rozdělujícího činidla a teploty systému na koeficient relativní těkavosti	192
6.3	Základní schémata azeotropické a extrakční rektifikace	194
6.3.1	Rozdělování binárních azeotropických směsí vlivem změny tlaku	195

7	Absorpce a desorpce	198
7.1	Fyzikální princip absorpce a desorpce	198
7.2	Základní rovnice sdílení látky při absorpci	199
7.3	Látková bilance absorbérů	201
7.4	Výpočet absorpce suchých plynů	204
7.5	Výpočet absorpce mokřých plynů	206
7.6	Grafický výpočet počtu teoretických pater v absorbérů	208
7.7	Tepelná bilance absorbérů	209
7.8	Výpočet desorpce	211
7.9	Grafický výpočet počtu teoretických pater v desorbérů	212
7.10	Tepelná bilance desorbérů	214
7.11	Hlavní faktory ovlivňující absorpci a desorpci	214
8	Základní typy a výpočet rektifikačních a absorpčních kolon	216
8.1	Základy třídění zařízení kolonového typu	216
8.1.1	Atmosférické kolony	216
8.1.2	Vakuové kolony	216
8.1.3	Tlakové kolony	216
8.2	Náplňové a výplňové kolony	217
8.2.1	Hlavní typy náplní a výplní	219
8.2.2	Hydraulické podmínky činnosti náplňových a výplňových kolon	224
8.2.3	Odpor náplňových a výplňových kolon	226
8.2.4	Účinnost náplňových a výplňových kolon	227
8.3	Patrové kolony	228
8.3.1	Základní principy třídění pater	229
8.3.2	Vestavba a činnost probublávaných pater	234
8.3.3	Stanovení základních rozměrů patrových kolon	239
8.3.4	Hydraulický výpočet pater s přepadovou vestavbou	239
8.3.5	Výpočet odporu patra	243
8.3.6	Výpočet otevření výřezu kloboučku	244
8.3.7	Vliv výšky hladiny kapaliny na rozdělení páry	246
8.3.8	Výpočet minimální rychlosti páry v otvorech patra	247
8.3.9	Výpočet přepadové vestavby	248
8.4	Hydraulický výpočet propadových pater	251
9	Adsorpce	255
9.1	Princip adsorpce	255
9.2	Charakteristika adsorbentů	256
9.2.1	Zeolity (molekulová síta)	257
9.3	Adsorpční izoterma	259
9.4	Desorpce	261
9.5	Způsoby provedení adsorpce	263
9.5.1	Adsorpce v nepohyblivé vrstvě adsorbentu	264
9.5.2	Adsorpce v pohyblivé vrstvě adsorbentu	265
9.5.3	Adsorbéry s fluidní vrstvou adsorbentu	266
9.6	Výpočet adsorpce (desorpce)	266
9.7	Výpočet základních rozměrů adsorbérů (desorbérů)	269

10	Extrakce	271
10.1	Princip extrakce	271
10.2	Trojúhelníkové diagramy	273
10.3	Základní vlastnosti trojúhelníkového diagramu	275
10.4	Rovnovážná křivka v trojúhelníkovém diagramu	278
10.5	Základní způsoby provedení extrakce	280
10.5.1	Jednostupňová extrakce	281
10.5.2	Vicestupňová extrakce	281
10.5.3	Protiproudá extrakce	281
10.5.4	Vicestupňová protiproudá extrakce se zpětným tokem /	283
10.5.5	Vicestupňové extrakce s dvěma rozpouštědly	283
10.6	Výpočet jednostupňové extrakce	283
10.7	Výpočet vicestupňové extrakce	286
10.8	Výpočet protiproudé extrakce	287
10.9	Výpočet protiproudé extrakce na diagramu $w-u$	290
10.10	Extraktory	292
10.10.1	Extraktory typu mísič-usazovák	293
10.10.2	Extraktory kolonového typu	293
10.10.3	Extraktory rotačního typu	295
10.11	Výpočet základních rozměrů extrakčního zařízení	296
11	Sušení	300
11.1	Základní představy o procesu sušení	300
11.2	Fyzikální vlastnosti vlhkého vzduchu	301
11.3	Rovnovážná vlhkost a druhy vazby vlhkosti s materiálem	303
11.4	Látková a tepelná bilance procesu sušení	303
11.5	Diagram $H-U$ pro vlhký vzduch	307
11.6	Stanovení spotřeby vzduchu a tepla na sušení z $H-U$ diagramu	310
11.7	Kinetika konvekčního sušení	313
11.8	Konstrukce konvekčních sušáren	314
11.8.1	Pásové sušárny	314
11.8.2	Bubnové sušárny	315
11.8.3	Pneumatické sušárny	318
11.8.4	Šachtové sušárny	318
11.8.5	Fluidní sušárny	319
11.9	Kontaktní sušárny	320
11.9.1	Vakuové skříňové sušárny	320
11.9.2	Hřeblové sušárny	321
11.9.3	Jednoválcové vakuové sušárny	322
11.9.4	Parní trubkové sušárny	322
11.9.5	Výpočet kontaktních sušáren	323
II	Hydrodynamické procesy	
12	Charakteristika heterogenních systémů	327
13	Usazování vlivem gravitace	330

13.1	Rychlost usazování	330
13.2	Výkonnost usazováků	335
13.3	Zařízení pro usazování	336
14	Filtrace	340
14.1	Druhy filtračních přepážek a filtračních koláčů	340
14.2	Teoretické základy filtrace	341
14.3	Filtrace při konstantním rozdílu tlaků	343
14.4	Filtrace při konstantní rychlosti	344
14.5	Promývání koláče na filtru	346
14.6	Filtry	347
14.6.1	Nuč	347
14.6.2	Rámový kalolis	348
14.6.3	Listový filtr	351
14.6.4	Bubnový vakuový filtr	352
14.7	Schéma výpočtu filtrů	354
14.7.1	Periodicky pracující filtry	354
14.7.1.1	Filtrace za konstantního tlaku	354
14.7.1.2	Filtrace za konstantní rychlosti	355
14.7.2	Kontinuálně pracující filtry	356
14.8	Filtrace plynů	357
15	Odstředivé usazování a odstředivá filtrace	359
15.1	Odstředivá síla a faktor oddělování	359
15.2	Usazovací odstředování	360
15.3	Odstředivá filtrace	364
15.4	Konstrukce odstředivek	366
15.4.1	Třibodová periodicky pracující odstředivka se spodní podpěrou	367
15.4.2	Závěsná periodicky pracující odstředivka s ručním odstraňováním usazeniny	367
15.4.3	Horizontální odstředivka s noži k odstraňování usazeniny	368
15.4.4	Diskové odstředivky	369
15.4.5	Trubkové ultracentrifugy	369
15.5	Dělení heterogenních systémů v cyklónech	370
15.5.1	Hydrocyklóny	370
15.5.2	Cyklóny	371
15.5.2.1	Bateriové cyklóny	373
16	Elektrické dělení směsí	376
16.1	Elektrické způsoby dělení ropných emulzí	376
16.2	Elektrické čištění plynů	378
17	Dělení plyných disperzních systémů	382
17.1	Čištění plynů změnou hybnosti	382
17.2	Mokrě čištění plynů	383

18	Míchání kapalin	385
18.1	Účel a způsoby míchání	385
18.2	Mechanické míchání	385
18.3	Aerační míchání	390
18.4	Hydraulické způsoby míchání	391
18.4.1	Clonové přepážkové směšovače	391
18.4.2	Injektorové směšovače	392
18.4.3	Směšovače cirkulačního typu	392
19	Hydrodynamika vrstvy zrnitých materiálů	393
19.1	Pohyb plynu nehybnou vrstvou zrnitého materiálu	394
19.2	Pohyb plynu fluidní vrstvou zrnitého materiálu	398
19.3	Režim vrstvy ve stavu úletu — pneumatická doprava	403
19.4	Hydrodynamika stoupaček, uzávěrů a rozdělovacích roštů	406
19.4.1	Propadová zařízení	409
19.4.2	Nepropadová zařízení	410
III	Mechanické procesy	
20	Mechanické zdobňování tuhých materiálů	413
20.1	Fyzikální základy tuhých materiálů	415
20.2	Stroje pro hrubé drcení	415
20.2.1	Čelistové drtiče	416
20.2.2	Kuželové drtiče	416
20.3	Zařízení pro střední a jemné drcení	417
20.3.1	Válcové drtiče	418
20.3.2	Kladivové mlýny	418
20.3.3	Dezintegrátory	419
20.4	Zařízení pro jemné zdobňování	419
20.4.1	Trubkové mlýny	422
20.4.2	Prstencové mlýny	422
20.4.3	Odstředivé kyvadlové mlýny	423
20.4.4	Kolové mlýny	423
20.4.5	Vibrační mlýny	423
21	Třídění a dávkování tuhých materiálů	425
21.1	Základní druhy třídění zrnitého materiálu	425
21.1.1	Třídění pomocí sít	425
21.1.2	Hydraulický způsob třídění	425
21.1.3	Třídění plynovými (vzdušnými) třidiči	425
21.2	Třidiče	426
21.2.1	Třidicí síta	427
21.2.1.1	Nepohyblivé třidiče	427
21.2.1.2	Pohyblivé třidiče	427
21.2.1.3	Třasadlové třidiče	428
21.2.1.4	Vibrační třidiče	428

21.2.2	Hydraulické třídíče	429
21.2.3	Pneumatické třídíče	429
21.3	Dávkování tuhých materiálů	430
21.3.1	Šnekové dávkovače	430
21.3.2	Turniketové dávkovače	430
21.3.3	Talířové dávkovače	431
21.3.4	Plunžrové dávkovače	431
IV	Tepelné procesy	
22	Trubkové pece	435
22.1	Použití a základní charakteristiky hořáků	435
22.2	Sdílení tepla v trubkové peci	435
22.3	Základní ukazatele práce trubkových pecí	439
22.4	Výpočet procesu spalování paliva	440
22.5	Tepelná bilance	443
22.5.1	Bilance vstupních veličin	443
22.5.2	Bilance výstupních veličin	443
22.6	Užitečné tepelné zatížení pece a spotřeba paliva	445
22.7	Sdílení tepla svazkem radiačních trubek	445
22.8	Základní typy pecí	449
22.9	Výpočet teplosměnné plochy	459
22.9.1	Výpočet teplosměnné radiační plochy	459
22.9.2	Výpočet konvekční teplosměnné plochy	469
22.10	Využití tepla spalin	472
22.11	Hydraulický režim a výpočet ztrát tlaku v trubce	475
22.12	Odpor a tah plynů	483
23	Výměníky tepla	486
23.1	Rozdělení výměníků tepla	486
23.2	Povrchové výměníky tepla	487
23.2.1	Plášťové výměníky tepla	487
23.2.2	Výměníky tepla trubka v trubce	490
23.2.3	Spirálové výměníky tepla	492
23.2.4	Ponorné výměníky tepla	493
23.2.5	Skrápné výměníky tepla	494
23.2.6	Vzdušné chladiče	494
23.3	Směšovací výměníky tepla	496
23.3.1	Barometrický kondenzátor	496
23.3.2	Ostatní směšovací výměníky tepla	498
23.4	Přenašeče tepla a chladu	500
23.4.1	Přenašeče tepla	500
23.4.2	Přenašeče chladu	501
23.5	Výpočet povrchových výměníků tepla	503
23.5.1	Rovnice tepelné bilance	504
23.5.2	Koeficient přestupu tepla	505
23.5.3	Koeficient prostupu tepla	507
23.5.4	Teplosměnná plocha výměníků	510

23.5.5	Teplota povrchu stěny trubky	511
23.5.6	Střední teplotní rozdíl	511
23.6	Volba a výpočet systému regenerace tepla v rafinériích	513
23.7	Zvláštnosti výpočtu kondenzátorů–chladičů, parních regenerátorů a krystalizátorů	514
23.8	Zvláštnosti výpočtu vzdušných chladičů	519
23.9	Hydraulický výpočet výměníků tepla	522
V	Procesy chemického zpracování ropy	
24	Základy petrochemických procesů	527
24.1	Stručný přehled nejdůležitějších petrochemických procesů	527
24.2	Základní rozdělení chemických procesů a reaktorů	529
24.3	Tepelné zabarvení chemických reakcí	531
24.4	Základy kinetiky petrochemických reakcí. Určení reakčního objemu	533
24.4.1	Aktivační energie	535
24.4.2	Heterogenní katalytické reakce	536
24.5	Zvláštnosti látkové bilance chemického procesu	537
25	Reaktory	540
25.1	Hlavní typy reaktorů	540
25.1.1	Reaktory s katalyzátorem jako přenašečem tepla	545
25.1.2	Reaktory s cirkulujícím katalyzátorem	545
25.1.3	Reaktory a regenerátory šachtového typu	547
25.1.4	Fluidní reaktory a regenerátory	550
25.2	Výpočet reaktoru	556
25.2.1	Reaktor a regenerátor šachtového typu	560
25.2.2	Reaktor a regenerátor s fluidní vrstvou	560
25.2.3	Doprava katalyzátoru	560
	Doporučená literatura k českému vydání	560
	Rejstřík	563