

L.Osipovs
KĪMIJAS
TEHNOLOĢIJAS
PAMATPROCESI
UN APARĀTI

Mācību grāmata
Latvijas Republikas augstskolu
ķīmijas un inženiertehnologu specialitāšu studentiem

SATURS

Priekšvārds	7
1. Ķīmijas tehnoloģijas procesu pamatlikumi un aparātu aprēķinu vispārīgie principi	9
1.1. Ķīmijas tehnoloģijas pamatprocesu klasifikācija	9
1.2. Pārneses teorija nepārtrauktai videi	11
1.3. Procesu un aparātu matemātisko aprakstu sastādīšanas, analīzes un aprēķinu pamatprincipi	11
1.4. Līdzības teorija un fizikālās modelēšanas principi	16
1.5. Matemātiskā modelēšana	27
4. Hidromehāniskie procesi un aparāti	32
2. Hidraulikas pamati	32
2.1. Hidrostatika	32
2.2. Hidrodinamika	41
2.3. Hidrauliskās pretestības	61
2.4. Šķidrumu iztece	74
2.5. Bernulli vienādojuma praktiskā izmantošana	80
2.6. Ķermeņa pārvietošanās šķidrumā (gāzē)	81
2.7. Suspendēta graudainā slāņa hidrodinamika	89
2.8. Divfāzu plūsmu gāze (tvaiks)—šķidrums un šķidrums—šķidrums hidrodinamikā	92
2.9. Slāņaina šķidruma plūsma	101
2.10. Plūsmu struktūras un to uzturēšanās laiks aparātos	104
3. Šķidrumu pārvietošana. Sūkņi	114
3.1. Virzuļsūkņi	114
3.2. Centrbēdzes sūkņi	128
3.3. Speciālie sūkņi	140
4. Gāzu saspiešana	147
4.1. Virzuļkompresori	147
4.2. Rotācijas kompresori un gāzpūtēji	157
4.3. Turbogāzpūtēji un turbokompresori	158
4.4. Kompresoru staciju iekārtojums	161
4.5. Vakuumsūkņi	162
4.6. Ventilatori	166
5. Neviendabīgo sistēmu sadalīšanas hidromehāniskās metodes	170
A. Gāzveida neviendabīgo sistēmu sadalīšana. Dispersās sistēmas ar gāzveida vidi	170
5.1. Sausā gāzveida neviendabīgo sistēmu sadalīšana	172
5.1.1. Mehāniskā gāzu attīrīšana	172
5.1.2. Elektriskā gāzu attīrīšana	181
5.2. Slapjā gāzveida neviendabīgo sistēmu sadalīšana	185
5.2.1. Iekārtas slapjai gāzu attīrīšanai	185
B. Šķidru neviendabīgo sistēmu sadalīšana. Dispersās sistēmas ar šķidru vidi	189
5.3. Nostādināšana	190
5.3.1. Nostādinātāju konstruktīvie izveidojumi	190
5.3.2. Nostādinātāju ražīgums un izmēri	192
5.4. Filtrēšana	194
5.4.1. Filtrēšanas procesa raksturojums	194
5.4.2. Periodiskas darbības filtri	202
5.4.3. Nepārtrauktas darbības filtri	213
5.4.4. Nepārtrauktas darbības spiedfiltri	217
5.4.5. Filtru izvēle un to salīdzinājums	218

5.4.6. Filtru razīgumu ietekmējošie faktori	218
5.4.7. Nogulšņu mazgāšana	220
5.5. Centrifūģšana	220
5.5.1. Centrifūģu klasifikācija un izvēle	220
5.5.2. Normālās centrifūģas	222
5.5.3. Supercentrifūģas	228
5.5.4. Centrifūģu ražīgums	230
5.5.5. Centrifūģu jaudas noteikšana	233
5.5.6. Hidrocikloni	235
6. Maisīšana	237
6.1. Maisīšana šķidrā vidē	237
6.2. Mehānisko maisītāju darbināšanas jauda	244
6.3. Pneimatiskā maisīšana	248
6.4. Maisīšana plūsmā	250
6.5. Cirkulācijas maisīšana	251
II. Siltuma procesi	252
7. Siltuma apmaiņa	252
7.1. Siltuma vadīšana	252
7.1.1. Siltuma vadīšana stacionārā režīmā	254
7.1.2. Siltuma vadīšana nestacionārā režīmā	258
7.2. Siltuma starošana	261
7.3. Siltuma apmaiņa konvekcijā (siltuma atdeve)	266
7.4. Siltumatdeves koeficienta noteikšana	271
7.4.1. Siltuma atdeve brīvā konvekcijā	271
7.4.2. Siltuma atdeve piespiedu konvekcijā	272
7.4.3. Siltuma atdeve, šķidrumam verdot	279
7.4.4. Siltuma atdeve, tvaikam kondensējoties	281
7.5. Siltuma pāreja (pārnese) nemainīgā temperatūrā	287
7.6. Siltuma pāreja mainīgā temperatūrā	292
8. Sildīšana, dzesēšana un kondensēšana	302
8.1. Sildīšana	302
8.1.1. Siltuma avoti un sildīšanas veidi	302
8.1.2. Sildīšana ar ūdens tvaiku	303
8.1.3. Siltumapmainītāji	305
8.1.4. Sildīšana ar dūmgāzēm	325
8.1.5. Sildīšana ar speciāliem siltumnesējiem	335
8.1.6. Sildīšana ar elektrisko strāvu	340
8.2. Dzesēšana	342
8.2.1. Dzesēšanas veidi	343
8.3. Kondensēšana	345
8.3.1. Tvaika kondensatori	345
9. Ietvaice	355
9.1. Virsmas ietvaicētāji	356
9.1.1. Vienpakāpes ietvaice	356
9.1.2. Vairākpakāpju ietvaice	359
9.1.3. Vairākpakāpju ietvaices iekārtas tehnisko rādītāju aprēķins	366
9.1.4. Ietvaices iekārta ar siltumsūkni	380
9.1.5. Virsmas ietvaicētāju veidi	383
9.2. Adiabātiskā ietvaice	389
9.3. Kontakta ietvaicētāji	390
9.3.1. Ietvaicētājs ar iegremdētiem degļiem	391
III. Masas apmaiņas procesi un aparāti	392
10. Masas apmaiņas teorija	392
10.1. Masas apmaiņas procesu statika	393
10.1.1. Fāžu sastāva izteikšanas veidi	393
10.1.2. Fāžu līdzsvars	395
10.1.3. Darba taisnes vienādojums un materiālā bilance	396
10.2. Masas apmaiņas procesu kinētika	399
10.2.1. Konvektīvā difūzija	399
10.2.2. Molekulārā difūzija	400
10.2.3. Masas pārejas procesu diferenciālvienādojums	401
10.2.4. Masas pārejas teorētiskie modeļi	405
10.2.5. Masas atdeves procesu vienādojums	407

10.2.6.	Masas pāreja (pārnese)	410
10.2.7.	Masas apmaiņas aparātu aprēķinu pamati	419
10.2.8.	Masas pāreja sistēmās ar cietu fāzi	427
11.	Absorbcija	431
11.1.	Sorbcijas procesu vispārīgs raksturojums	431
11.2.	Absorbcijas materiālā bilance un īpatnējais absorbenta patēriņš	433
11.3.	Neizotermiskā absorbcija	435
11.4.	Absorberu veidi un konstrukcija	436
11.4.1.	Virsmas absorberi	436
11.4.2.	Pildījuma veidi	439
11.4.3.	Barbotāžas absorberi	449
11.4.4.	Barbotāžas absorberu aprēķins	455
11.4.5.	Absorberi ar peldošu pildījumu	463
11.4.6.	Absorberi ar maisītājiem	464
11.4.7.	Izsmidzināšanas absorberi	465
11.5.	Dažādas konstrukcijas absorberu salīdzinošs raksturojums un to lietošana	466
11.6.	Absorbcijas iekārtu tehnoloģiskās shēmas	467
11.7.	Desorbcija un tās realizācijas veidi	469
11.8.	Daudzkomponentu gāzu maisījumu absorbcija	472
11.9.	Absorbcija ķīmisku reakciju rezultātā (hemosorbcija)	474
12.	Šķidrumu pārtvaice	476
12.1.	Šķidro sistēmu fāžu līdzsvars	476
12.2.	Siltuma (entalpijas) diagramma	485
12.3.	Destilācija	486
12.4.	Rektifikācija	490
12.5.	Pārtvaices iekārtu pamataparātūra	494
12.6.	Darba koncentrāciju līknes vienādojumi	495
12.7.	Rektifikācijas kolonnas pamatizmēru noteikšana	499
12.7.1.	Šķīvu rektifikācijas kolonnu pamatizmēru noteikšana	499
12.7.2.	Pamatizmēru noteikšana rektifikācijas kolonnām ar pildījumu	511
12.8.	Rektifikācijas kolonnas siltuma bilance	514
12.9.	Bināro maisījumu periodiskā rektifikācija	516
12.10.	Speciālās pārtvaices metodes	518
12.11.	Gāzu maisījumu sadalīšana, lietojot dziļo dzesēšanu	522
13.	Ekstrakcija	525
13.1.	Procesa vispārīgs raksturojums un lietošana	525
13.2.	Šķidrumu ekstrakcija	526
13.3.	Ekstrakcijas metodes	532
13.4.	Ekstraktorū veidi sistēmām šķidrums—šķidrums	542
14.	Adsorbcija	548
14.1.	Adsorbcijas procesa raksturojums un lietošana	548
14.2.	Adsorbenti	549
14.3.	Adsorbcijas procesa materiālā bilance	555
14.4.	Desorbcija	557
14.5.	Absorberi un adsorbcijas iekārtu tehnoloģiskās shēmas	558
14.6.	Absorberu aprēķinu metodes	562
15.	Jonu apmaiņa	570
15.1.	Jonu apmaiņas procesa raksturojums un lietošana	570
15.2.	Jonu apmaiņas materiāli, to klasifikācija un īpašības	570
15.3.	Jonu apmaiņas procesu teorētiskie pamati	572
15.4.	Jonu apmaiņas iekārtu tehnoloģiskās shēmas	575
16.	Zāvēšana	578
16.1.	Zāvēšanas procesa vispārīgs raksturojums	578
16.2.	Zāvēšanas statika	581
16.2.1.	Mitruma apmaiņa starp materiālu un apkārtējo vidi	581
16.2.2.	Zāvēšanas procesa materiālā bilance	592
16.2.3.	Zāvēšanai nepieciešamā siltuma noteikšana	595
16.2.4.	Zāvēšanas varianti	601
16.3.	Zāvēšanas kinētika	607
16.4.	Zāvētavu veidi	613
16.4.1.	Konvektīvās zāvētavas	614
16.4.2.	Kontakta zāvētavas	623

16.4.3. Periodiskās darbības žāvētavas .	625
16.4.4. Vakuumžāvētavas	626
16.5. Speciālie žāvēšanas paņēmieni	628
17. Cietu vielu ekstrahēšana un šķīdināšana	632
17.1. Procesa vispārīgs raksturojums un lietošana	632
17.2. Ekstrahenta izvēle	632
17.3. Ekstrakcijas procesa virzošais spēks	634
17.4. Ekstrakcijas kinētika	634
17.5. Ekstrakcijas iekārtu tehnoloģiskās shēmas	636
17.6. Ekstraktori cietu vielu ekstrahēšanai	638
17.7. Ekstrakcijas procesa intensificēšana	644
18. Kristalizācija no šķīdumiem un kausējumiem	645
18.1. Kristalizācijas procesa vispārīgs raksturojums	645
18.2. Kristalizācijas statika	646
18.3. Kristalizācijas metodes	646
18.4. Kristalizācijas procesa materiālā bilance un siltuma bilance	647
18.5. Kristalizācijas kinētikas pamati	649
18.6. Kristalizatoru veidi un lietošana	651
19. Membrānu procesi	657
19.1. Membrānu procesu klasifikācija	657
19.2. Membrānu veidi un to raksturojums	659
19.3. Membrānu procesi zinātnē un tehnikā	661
19.4. Membrānu procesu mehānisms	661
19.5. Membrānu procesu kinētika	663
19.6. Membrānu procesu un aparātu aprēķinu metodika	663
19.7. Membrānu aparāti	667
20. Ķīmijas tehnoloģijas attīstības tendences	671
Literatūra	674
Alfabētiskais rādītājs	676