

66.02

М38

# **МАШИНИ ТА АПАРАТИ**

**У ХІМІЧНИХ, ХАРЧОВИХ І  
ПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВАХ**

**ХАРКІВ 2011**

МАШИНИ ТА АПАРАТИ У ХІМІЧНИХ,  
ХАРЧОВИХ І ПЕРЕРОБНИХ  
ВИРОБНИЦТВАХ

рекомендовано як підручник для студентів вищих  
навчальних закладів технічних  
спеціальностей

Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ  
В. П. ШАПОРЕВ  
В. Ф. МОІСЕЄВ  
О. Г. ТРОШИН  
С. В. МАНОЙЛО  
Ю. О. МАНОЙЛО  
І. В. ПІТАК  
Н. Г. ПОНОМАРЬОВА  
М. І. ВАСИЛЬЄВ

ХАРКІВ 2011

УДК 66.02  
ББК 65.304.17

*Гриф надано Міністерством освіти і науки України  
листом №1/11-11249 від 09.12. 2010 року*

РЕЦЕНЗЕНТИ

доктор технічних наук, професор кафедри хімічної інженерії Національного університету  
«Львівська політехніка»

***Володимир Михайлович АТАМАНЮК***

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри процеси та обладнання хімічних і  
нафтопереробних виробництв Сумського держаного університету

***Всеволод Іванович СКЛАБІНСЬКИЙ***

доктор технічних наук, професор кафедри процесів, апаратів та автоматизації харчових  
виробництв, проректор з наукової роботи Харківською державного університету харчу-  
вання та торгівлі

***Валерій Михайлович МАХАЙЛОВ***

Машини та апарати у хімічних, харчових і переробних виробництвах;

Підручник / Л. Л. Тovaжнянський, В. П. Шаповров, В Ф Моїсєєв,

О. Г. Трошин, С. В. Манойло, Ю. О Манойло, І. В. Пітак,

Н. Г. Пономарьова, М І. Васильєв. – Харків: Колегіум, 2011. – 606 с.

**ISBN 978-966-8604-64-5**

Розглянуто конструкції та принцип дії основних машин і апаратів, які застосовуються в сучасних галузях промисловості: хімічній, харчовій та переробній. Викладено теоретичні відомості про технологічні процеси, які реалізуються в обладнанні, що вивчається. Проведено аналіз переваг та недоліків даних конструкцій. Зроблено акцент на перспективи інтенсифікації технологічних процесів. Запропоновано методики обчислення найважливіших конструкційних параметрів технологічного обладнання. Наведено приклади інженерних розрахунків. Для кожного розділу розроблено контрольні питання та рекомендовано додаткову літературу для поглибленого вивчення матеріалу.

Для студентів спеціальностей 7(8) 090.220 та 7(8).090.221. Може бути корисним студентам інженерно-хімічних, хіміко-технологічних та інших споріднених машинобудівельних спеціальностей.

Лл. 511, Табл. 55

**ISBN 978-966-8604-64-5**

**УДК 66.02**

**ББК 65.304.17**

© Тovaжнянський Л. Л.

Шаповров В. П.

Моїсєєв В. Ф.

Трошин О. Г.

Манойло С. В.

Манойло Ю. О.

Пітак І. В.

Пономарьова Н. Г.

Васильєв М І.

Дизайн обкладинки та стр. 608-615 НТЦ «Екомаш»

2011

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	<b>13</b>
<b>ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МАШИНИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ</b>	
.....	<b>15</b>
Класифікація машин і апаратів.....	15
Основи теорії продуктивності устаткування.....	19
Основи методологи проектування машин і апаратів хімічної галузі.....	21
Вимоги до механічної досконалості конструкцій машин та апаратів.....	21
Прогнозування конструкцій машин і апаратів.....	22
Основні принципи раціонального конструювання.....	23
Загальні правила при конструюванні обладнання.....	24
Основні технологічні вимоги, що висуваються до машин і апаратів.....	25
Основні напрямки зниження матеріалоемності.....	27
Контрольні питання за розділом.....	27
<b>1 ФІЛЬТРУВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ</b> .....	<b>28</b>
1.1 Призначення, засоби та фізичні основи фільтрування.....	28
1.2 Класифікація фільтрів.....	29
1.3 Типові конструкції. Фільтри періодичної дії.....	30
1.3.1 Фільтр КМП.....	30
1.3.2 Листові (пластинчасті) фільтри.....	32
1.4 Типові конструкції. Фільтри безупинної дії.....	33
1.4.1 Барабанні фільтри.....	33
1.4.2 Дискові фільтри.....	35
1.4.3 Тарілчасті фільтри.....	36
1.4.4 Стрічкові фільтри.....	37
1.5 Методика розрахунків.....	38
1.5.1 Визначення основних параметрів фільтрпресів КМП.....	38
1.5.2 Визначення основних параметрів барабанних фільтрів.....	40
1.5.3 Визначення основних параметрів дискових фільтрів.....	44
1.5.4 Визначення основних параметрів стрічкових фільтрів.....	45
1.6 Приклади розрахунків.....	46
1.6.1 Розрахунок фільтрпресу типу КМП.....	46
1.6.2 Розрахунок барабанного фільтра.....	49
1.7 Контрольні питання за розділом.....	51
1.8 Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	52
<b>2 ГАЗООЧИСНЕ ОБЛАДНАННЯ</b> .....	<b>53</b>
2.1 Призначення, засоби та фізичні основи очищення речовин у газоподібному агрегатному стані.....	53
2.2 Класифікація методів та апаратів для очистки газів від аерозолів.....	54
2.3 Типові конструкції та принципи дії обладнання сухого газоочищення.....	58
2.3.1 Гравітаційні пиловловлювачі.....	58
2.3.2 Інерційні пиловловлювачі.....	59
2.3.3 Відцентрові пиловловлювачі.....	60
2.3.4 Загальні відомості про процес очищення газових середовищ на фільтрах.....	61
2.3.5 Очищення на тканинних фільтрах.....	63
2.3.6 Очищення на волокнистих фільтрах.....	64
2.3.7 Очищення на зернистих фільтрах.....	65
2.3.8 Очищення газів на електрофільтрах.....	66
2.4 Типові конструкції та принципи дії обладнання мокрого газоочищення.....	68
2.4.1 Порожристі газопромивачі.....	68
2.4.2 Насадкові газопромивачі.....	69
2.4.3 Барботажні та пінні апарати.....	70
2.4.4 Газопромивачі ударно-інерційної дії.....	71

2.4.5	Ротоклон.....	71
2.4.6	Газопромивачи відцентрової дії.....	72
2.4.7	Швидкісні газопромивачи (скрубери Вентури).....	72
2.4.8	Тумановловлювачі.....	74
2.5	Методика розрахунків.....	75
2.5.1	Визначення основних параметрів пилоосаджувальних камер.....	75
2.5.2	Визначення основних параметрів відцентрових осаджувачів – циклонів.....	77
2.5.3	Визначення основних параметрів електрофільтрів.....	80
2.6	Приклади розрахунків.....	83
2.6.1	Розрахунок пилоосаджувальної камери.....	83
2.6.2	Розрахунок одиничного відцентрового пилоочишувача.....	84
2.6.3	Розрахунок батарейного циклонного апарату.....	85
2.6.4	Розрахунок електрофільтра.....	86
2.7	Контрольні питання за розділом.....	89
2.8	Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	89
<b>3</b>	<b>ЦЕНТРИФУГИ.....</b>	<b>90</b>
3.1	Призначення, засоби та фізичні основи центрифугування.....	90
3.2	Класифікація центрифуг.....	92
3.3	Конструкції осаджувальних центрифуг.....	94
3.4	Конструкції фільтруючих центрифуг.....	97
3.4.1	Фільтруючі центрифуги періодичної дії.....	97
3.4.2	Фільтруючі центрифуги безупинної дії.....	99
3.4.3	Конструкція та принцип дії колосникового сита.....	105
3.5	Методика розрахунків.....	105
3.5.1	Визначення основних параметрів осаджувальної центрифуги періодичної дії.....	106
3.5.2	Визначення основних параметрів шнекової осаджувальної центрифуги.....	108
3.5.3	Визначення основних параметрів фільтруючої центрифуги.....	111
3.6	Приклади розрахунків.....	114
3.6.1	Розрахунок осаджувальної центрифуги періодичної дії.....	114
3.6.2	Розрахунок шнекової осаджувальної центрифуги.....	116
3.7	Контрольні питання за розділом.....	118
3.8	Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	118
<b>4</b>	<b>СЕПАРАТОРИ.....</b>	<b>119</b>
4.1	Класифікація сепараторів.....	119
4.2	Рідинні сепаратори.....	120
4.3	Сепаратори для розділення паро-рідинних систем.....	127
4.4	Методика розрахунку.....	129
4.4.1	Визначення основних параметрів сепаратора з відцентровим вивантаженням осаду.....	129
4.5	Контрольні питання за розділом.....	138
4.6	Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	138
<b>5</b>	<b>ЗМІШУВАЧІ.....</b>	<b>139</b>
5.1	Призначення, засоби та фізичні основи змішування.....	139
5.2	Основи вибору конструкції агрегатів для змішування.....	140
5.3	Механічні пристрої для перемішування.....	141
5.4	Основні типи мішалок.....	143
5.5	Пневматичне перемішування.....	147
5.6	Мішалки для високов'язких та не ньютонівських середовищ.....	149
5.7	Зміщення потоків.....	149
5.8	Заміс та втирання.....	151
5.9	Зміщення твердих сипких матеріалів.....	153
5.10	Методика розрахунків.....	155
5.10.1	Визначення основних параметрів лопатевих змішувачів.....	155
5.10.2	Визначення основних параметрів пропелерних змішувачів.....	157
5.10.3	Визначення основних параметрів турбінних змішувачів.....	158

5.11 Приклади розрахунків.....	159
5.11.1 Розрахунок лопатевого змішувача.....	159
5.11.2 Розрахунок пропелерного змішувача.....	160
5.12 Контрольні питання за розділом.....	161
5.13 Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	161
<b>6 ГРАНУЛЯТОРИ.....</b>	<b>162</b>
6.1 Призначення, засоби та фізичні основи грануляції.....	162
6.2 Типові конструкції та принцип дії грануляторів.....	167
6.2.1 Валковий прес-ущільнювач.....	167
6.2.2 Таблетковий прес.....	168
6.2.3 Дисківий гранулятор.....	169
6.2.4 Шнек-гранулятори.....	171
6.2.5 Гранулятори барабанного типу.....	172
6.2.6 Амонізатори-гранулятори.....	175
6.2.7 Гранулятори баштового типу.....	180
6.2.8 Гранулятори киплячого шару.....	183
6.2.9 Черв'ячні машини.....	186
6.3 Методика розрахунку.....	187
6.3.1 Визначення основних параметрів черв'ячної машини.....	187
6.3.2 Визначення основних параметрів пневмомеханічної форсунки.....	192
6.4 Контрольні питання за розділом.....	194
6.5 Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	195
<b>7 ВАЛКОВІ МАШИНИ.....</b>	<b>196</b>
7.1 Фізичні основи переробки матеріалу між валками.....	196
7.2 Класифікація валкових машин.....	197
7.3 Конструкції валкових машин.....	198
7.3.1 Вальці для переробки гумових сумішей.....	198
7.3.2 Вальці для переробки пластичних мас.....	202
7.4 Методика розрахунків.....	204
7.4.1 Визначення продуктивності валкових машин.....	204
7.4.2 Тепловий баланс валкових машин.....	205
7.5 Контрольні питання за розділом.....	207
7.6 Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	207
<b>8 ПОДРІБНЮВАЧІ.....</b>	<b>208</b>
8.1 Способи та теоретичні основи подрібнення. Загальні положення.....	208
8.2 Подрібнювачі розколюючої та розламуючої дії.....	210
8.2.1 Щічні дробарки.....	211
8.2.2 Конусні дробарки.....	212
8.3 Подрібнювачі розтискаючої дії.....	217
8.3.1 Гладковалкові дробарки.....	217
8.3.2 Ролико-кільцеві млини.....	218
8.4 Подрібнювані стирально-розтискаючої дії.....	219
8.4.1 Бігуни.....	221
8.4.2 Кульово-кільцеві млини.....	222
8.4.3 Бісерні млини.....	224
8.5 Подрібнювачі ударної дії.....	225
8.5.1 Молоткові подрібнювачі.....	225
8.5.2 Бильні млини.....	228
8.5.3 Дезинтегратори та дисембратори.....	229
8.5.4 Відцентрові млини.....	232
8.5.5 Барабанні млини.....	234
8.5.6 Газоструміневі млини.....	236
8.6 Ударно-стираючі та колоїдні подрібнювачі.....	238
8.6.1 Вібраційні млини.....	238

8.6.2 Планетарні млини.....	241
8.6.3 Гіроскопічні млини.....	241
8.6.4 Бильні млини.....	242
8.6.5 Млини :з гратчастим ротором.....	243
8.6.6 Вібраційний кавітацій млин.....	243
8.7 Методика розрахунків.....	244
8.7.1 Визначення основних параметрів щічних дробарок.....	244
8.7.2 Визначення основних параметрів дробарок із гладкими валками.....	245
8.7.3 Визначення основних параметрів бігунів.....	246
8.7.3 Визначення основних параметрів кульових млинів.....	247
8.8 Приклад розрахунку молоткової дробарки.....	251
8.9 Контрольні питання за розділом.....	254
8.10 Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	255
<b>9 ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ.....</b>	<b>256</b>
9.1 Процес класифікації, характеристики та критерії ефективності.....	256
9.2 Механічні та гідравлічні класифікатори.....	257
9.3 Пневматичні класифікатори.....	267
9.4 Магнітні класифікатори.....	272
9.5 Електростатичні класифікатори.....	274
9.6 Методика розрахунків.....	278
9.6.1 Визначення основних параметрів плоских грохотів, які коливаються.....	278
9.6.2 Визначення основних параметрів гiраційних плоских грохотів.....	280
9.6.3 Визначення основних параметрів вібраційних грохотів.....	282
9.6.4 Визначення основних параметрів барабанних грохотів.....	283
9.7 Контрольні питання за розділом.....	285
9.8 Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	285
<b>10 ТЕПЛОБІМНІ АПАРАТИ.....</b>	<b>287</b>
10.1 Загальні положення про теплопередачу.....	287
10.2 Класифікація теплообмінного устаткування.....	286
10.3 Основні конструкції кожухотрубчастих теплообмінників.....	290
10.3.1 Теплообмінники з нерухомими трубними решітками (тип Н).....	291
10.3.2 Апарати з температурним компенсатором на кожусі (тип К).....	293
10.3.3 Теплообмінники з U-подібними трубами (тип У).....	295
10.3.4 Теплообмінні апарати з плаваючою голівкою (тип П).....	296
10.3.5 Теплообмінники з плаваючою голівкою та компенсатором (тип ПК).....	299
10.3.6 Основні конструкційні елементи кожухотрубчастих теплообмінників.....	300
10.3.7 Інтенсифікація теплообміну в кожухотрубчастих теплообмінниках.....	305
10.4 Основні конструкції апаратів із поверхнею теплообміну, яку виготовлено з листового матеріалу.....	307
10.4.1 Пластинчасті теплообмінні апарати.....	308
10.4.2 Спіральні теплообмінники.....	311
10.5 Теплообмінники повітряного охолодження, «труба у трубі», зрошувальні, заглибні змієвикові та блокові апарати.....	313
10.5.1 Апарати повітряного охолодження.....	313
10.5.2 Теплообмінні апарати «труба у трубі».....	315
10.5.3 Зрошувальні теплообмінники.....	316
10.5.4 Заглибні змієвикові теплообмінники.....	317
10.5.5 Блокові теплообмінні.....	318
10.6 Приклади розрахунків.....	319
10.6.1 Розрахунок кожухотрубчастого теплообмінника.....	319
10.6.2 Розрахунок спірального теплообмінника.....	332
10.6.3 Розрахунок зрошувального теплообмінника.....	336
10.7 Контрольні питання за розділом.....	340
10.8 Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	340

<b>11 ВИПАРНІ ТА РОТОРНО-ПЛІВКОВІ АПАРАТИ.....</b>	<b>341</b>
11.1 Призначення, засоби та фізичні основи випарювання.....	341
11.2 Класифікація випарних апаратів.....	342
11.3 Типові конструкції та принцип дії випарного обладнання.....	345
11.3.1 Випарний апарат з центральною циркуляційною трубою.....	347
11.3.2 Випарний апарат зі співвісно-розташованою циркуляційною трубою.....	348
11.3.3 Випарний апарат із винесеною нагрівальною камерою.....	348
11.3.4 Випарні апарати з примусовою циркуляцією.....	349
11.3.5 Плівкові випарні апарати.....	351
11.3.6 Роторно-плівкові агрегати.....	352
11.3.7 Випарні установки з тепловим насосом.....	355
11.4 Приклад розрахунку трьохкорпусної випарної установки.....	356
11.5 Контрольні питання за розділом.....	363
11.6 Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	363
<b>12 ХІМІЧНІ РЕАКТОРИ.....</b>	<b>364</b>
12.1 Молекулярність і порядок реакції.....	364
12.2 Фактори, що обумовлюють швидкість хімічних реакцій.....	366
12.3 Залежність швидкості реакції від каталізаторів.....	367
12.4 Кінетика гетерогенних процесів.....	368
12.5 Конструкції рідинних хімічних реакторів.....	369
12.5.1 Реактори повного витиснення.....	371
12.5.2 Реактори повного перемішування.....	371
12.5.3 Реактори з проміжним гідродинамічним режимом.....	372
12.5.4 Реактори з герметичним приводом і пристроєм, який перемішує.....	374
12.6 Конструкції газових хімічних реакторів.....	375
12.6.1 Реактори-пальники.....	375
12.6.2 Реактори проведення ендотермічних процесів.....	380
12.7 Конструкції твердо-фазових хімічних реакторів.....	383
12.7.1 Реактори простого твердо-фазового синтезу.....	385
12.8 Конструкції хімічних реакторів системи газ-рідина.....	386
12.8.1 Барботажні колонні апарати.....	387
12.8.2 Плівкові апарати.....	393
12.9 Конструкції хімічних реакторів гетерофазових процесів системи газ-тверде тіло.....	395
12.9.1 Пальникові печі.....	397
12.9.2 Реактори із шаром твердої фази, який рухається.....	398
12.9.3 Реактори із псевдо-зрідженим шаром твердого матеріалу.....	399
12.10 Конструкції хімічних реакторів систем рідина-тверде тіло.....	401
12.10.1 Реактори безупинної дії.....	401
12.10.2 Реактори іонного обміну.....	402
12.10.3 Реактори з механічними пристроями, які перемішують.....	403
12.11 Методика розрахунку реакторів.....	405
12.11.1 Реактор безперервної дії ідеального змішування.....	405
12.11.2 Каскад реакторів змішування.....	406
12.11.3 Реактор напівперіодичної дії.....	408
12.12 Контрольні питання за розділом.....	409
12.13 Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	409
<b>13 ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КРИСТАЛІЗАЦІЇ.....</b>	<b>410</b>
13.1 Класифікація методів та обладнання для проведення кристалізації.....	410
13.2 Кристалізатори для ствердіння розплавів.....	412
13.2.1 Секційні та блокові охолоджувачі.....	412
13.2.2 Трубчасті охолоджувачі.....	413
13.2.3 Конструкції кристалізаторів для ствердіння розплавів у шарі.....	414
13.3 Кристалізатори з відводом теплоти через поверхні охолодження.....	417
13.3.1 Ємнісні кристалізатори.....	418
13.3.2 Механічні кристалізатори.....	419



13.3.3	Циркуляційні кристалізатори.....	422
13.4	Випарні кристалізатори.....	423
13.4.1	Випарний кристалізатор із природньою циркуляцією маткового розчину.....	423
13.4.2	Випарний кристалізатор із примусовою циркуляцією маткового розчину.....	424
13.5	Вакуумні кристалізатори.....	426
13.5.1	Вакуум-кристалізатор безперервної дії з гідравлічним затвором.....	427
13.5.2	Вакуум-кристалізатор зі зваженим шаром.....	428
13.5.3	Циркуляційні вакуум-кристалізатори.....	428
13.5.4	Багатокорпусні вакуум-кристалізатори.....	429
13.6	Методика розрахунків.....	432
13.6.1	Визначення основних параметрів обладнання для ствердіння розплавів.....	432
13.6.2	Визначення основних параметрів кристалізаторів з відведенням теплоти через поверхні охолодження.....	433
13.6.3	Визначення основних параметрів випарних кристалізаторів.....	435
13.6.4	Визначення основних параметрів вакуум кристалізаторів.....	437
13.7	Контрольні питання за розділом.....	437
13.8	Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	438
<b>14</b>	<b>СУШИЛЬНЕ УСТАТКУВАННЯ.....</b>	<b>439</b>
14.1	Призначення, засоби та фізичні основи сушки.....	439
14.2	Класифікація та вибір сушильного обладнання.....	440
14.3	Типові конструкції обладнання для проведення сушіння.....	444
14.3.1	Конвекційні сушарки.....	444
14.3.2	Сушильне обладнання для процесів у псевдо-зрідженому (киплячому) шарі.....	449
14.3.3	Апарати для сушки матеріалів в режимі пневмотранспорту.....	453
14.3.4	Комбіновані сушарки.....	454
14.3.5	Розпилювальні сушарки.....	455
14.3.6	Контактні сушарки.....	457
14.3.7	Спеціальні види сушарок.....	458
14.4	Приклад розрахунку.....	461
14.4.1	Матеріальний та тепловий баланси сушки.....	462
14.4.2	Характеристика апаратурного оформлення процесу.....	463
14.4.3	Технологічний розрахунок сушарки.....	448
14.4.4	Розрахунок розмірів барабану та потужності, яка споживається на його обертання.....	467
14.5	Контрольні питання за розділом.....	469
14.6	Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	469
<b>15</b>	<b>ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕКСТРАКЦІЇ.....</b>	<b>470</b>
15.1	Обладнання для рідинної екстракції.....	470
15.1.1	Класифікація екстракторів.....	470
15.2	Конструкції агрегатів рідинної екстракції.....	471
15.2.1	Гравітаційні екстрактори.....	471
15.2.2	Колонні екстрактори з підведенням енергії.....	473
15.2.3	Змішувально-відстійні екстрактори.....	476
15.2.4	Відцентрові диференційно-контактні екстрактори.....	479
15.3	Відцентрові ступінчасті екстрактори.....	481
15.3.1	Класифікація екстракторів, які призначено для твердої фази.....	484
15.4	Конструкції агрегатів екстракції з твердої фази.....	486
15.4.1	Машини з механічними транспортуючими пристроями.....	486
15.4.2	Обладнання з транспортуванням взаємодіючих фаз за рахунок енергії рідини або газу.....	490
15.5	Рекомендації до розрахунку екстракторів.....	493
15.6	Методика розрахунків.....	494
15.6.1	Визначення основних параметрів екстракторів для твердих речовин.....	494
15.6.2	Визначення основних параметрів рідинних екстракторів.....	496
15.7	Приклади розрахунків.....	497
15.7.1	Розрахунок екстрактора для твердих речовин.....	497
15.7.2	Розрахунок рідинного екстрактору.....	498
15.8	Контрольні питання за розділом.....	500

15.9	Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	500
<b>16</b>	<b>РЕКТИФІКАЦІЙНІ ТА АБСОРБЦІЙНІ КОЛОННИ АПАРАТИ.....</b>	<b>501</b>
16.1	Класифікація колонних апаратів.....	501
16.2	Тарілчасті колони.....	502
16.2.1	Ковпачкові, клапанні, S-подібні, лускаті та пластинчаті тарілки.....	504
16.2.2	Тарілки провального типу.....	505
16.2.3	Каскадні промивні тарілки.....	507
16.3	Насадкові колони.....	508
16.4	Колонне обладнання у якому відбувається розпилювання матеріалів.....	511
16.5	Відбійні пристрої.....	512
16.6	Вузли введення сировини та розподілу потоків.....	514
16.7	Методика розрахунку.....	516
16.7.1	Визначення основних параметрів тарілчастих ректифікаційних колон безперервної дії.....	516
16.7.2	Визначення основних параметрів насадкових ректифікаційних колон безперервної дії.....	526
16.8	Приклади розрахунків.....	530
16.8.1	Розрахунок тарілчастої ректифікаційної колони безперервної дії.....	530
16.8.2	Розрахунок насадкової ректифікаційної колони безперервної дії.....	541
16.9	Контрольні питання за розділом.....	545
16.10	Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	546
<b>17</b>	<b>ХОЛОДИЛЬНЕ УСТАТКУВАННЯ.....</b>	<b>547</b>
17.1	Призначення, способи та фізичні основи виробництва штучного холоду.....	547
17.2	Класифікація холодильних установок.....	551
17.3	Типові конструкції та принцип дії холодильних машин.....	553
17.3.1	Компресійні холодильні машини.....	553
17.3.2	Абсорбційна холодильна машина.....	557
17.3.3	Схема пароводяної холодильної машини.....	558
17.4	Методика розрахунку.....	559
17.4.1	Визначення основних параметрів циклу одноступінчастої паро-компресійної холодильної машини.....	559
17.5	Контрольні питання за розділом.....	560
17.6	Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	560
<b>18</b>	<b>ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ГАЗІВ ТА РІДИН.....</b>	<b>561</b>
18.1	Фізичні основи та засоби переміщення рідин.....	561
18.2	Насоси.....	561
18.2.1	Поршневі насоси.....	561
18.2.2	Відцентрові насоси.....	563
18.2.3	Роторні насоси.....	566
18.2.4	Вихрові насоси.....	567
18.2.5	Струминні насоси.....	568
18.2.6	Газліфт.....	569
18.3	Трубопровідні системи.....	571
18.4	Запірні арматури.....	572
18.4.1	Крани.....	572
18.4.2	Вентилі.....	575
18.4.3	Засувки.....	577
18.4.4	Автоматична арматура.....	579
18.4.5	Запобіжні клапани.....	579
18.4.6	Водяні відокремлювачі.....	581
18.4.7	Відвідники конденсату.....	582
18.5	Методика розрахунків.....	583
18.5.1	Визначенням основних параметрів поршневих насосів.....	583
18.5.2	Визначення основних параметрів відцентрових насосів.....	587
18.6	Контрольні питання за розділом.....	589

18.7 Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	589
<b>19 УЩІЛЬНЕННЯ.....</b>	<b>590</b>
19.1 Торцеві ущільнення.....	593
19.2 Ущільнення із сальниковим набиванням.....	594
19.3 Щілинні ущільнення.....	598
19.4 Гідродинамічні, імпелерні та стоянкові ущільнення.....	600
19.5 Методика розрахунку основних параметрів ущільнень.....	602
19.5.1 Визначення основних параметрів торцевого ущільнення.....	602
19.5.2 Визначення основних параметрів сальникового ущільнення.....	604
19.6 Контрольні питання за розділом.....	606
19.7 Список додаткової літератури для вивчення розділу.....	606