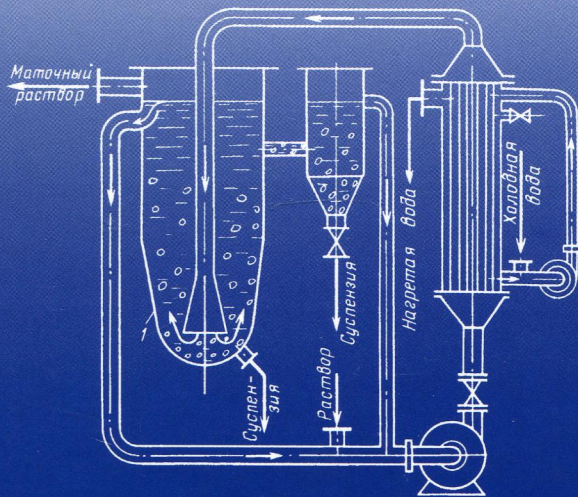


Ю. И. Дытнерский

Процессы и аппараты химической технологии

Часть 2

Учебник для вузов



Ю. И. Дытнерский

Процессы и аппараты химической технологии

Часть 2

**Массообменные процессы
и аппараты**

*Допущено Государственным комитетом РФ по высшему образованию
в качестве учебника для студентов химико-технологических специальностей
высших учебных заведений*

Стереотипное издание

**МОСКВА
Альянс
2015**

УДК 66-93 (075.8)
ББК 35.11
Д 90

Рецензенты: кафедра «Процессы и аппараты химической технологии» МИТХТ им. М. В. Ломоносова (зав. кафедрой проф. Б. Г. Варфоломеев); академик ВАСХНИЛ, заслуженный деятель науки и техники РСФСР Н. Н. Липатов

Дытнерский Ю. И.
Д 90 Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 3-е. В 2-х кн.: Часть 2. Массообменные процессы и аппараты. Стереотипное издание. Перепечатка с издания 2002 г. – М.: Альянс, 2015. – 368 с.: ил.

ISBN 978-5-91872-076-9 (Кн. 2)

Во 2-й части учебника изложены теоретические основы массообменных процессов химической технологии (абсорбция, адсорбция, кристаллизация, сушка, экстракция и др.). Рассмотрены устройство и принцип действия аппаратов для их проведения. Показаны методы расчета типовых процессов и аппаратов. В каждой главе приведены вопросы для самоконтроля студентов.

Для студентов химико-технологических вузов. Может быть полезен студентам других специальностей, а также инженерно-техническим работникам химической и смежных отраслей промышленности.

УДК 66-93 (075.8)
ББК 35.11

Учебное издание

ДЫТНЕРСКИЙ Юрий Иосифович

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Часть 2

Массообменные процессы и аппараты

Учебник для вузов

Подписано в печать 23.10.2014. Формат 60х90/16. Усл. печ. л. 23,0.
Печать офсетная. Тираж 200 экз. Заказ № К-2097.

ООО «Издательство Альянс»
125319, Москва, ул. Черняховского, д. 16
Тел./факс (495) 221-21-95
izdat@aliansbooks.ru www.aliansbooks.ru

Отпечатано в ОАО «ИПК «Чувашия». 428019, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, 13.
ISBN 978-5-91872-076-9



9 785918 720769 >

ISBN 978-5-91872-076-9 (Кн. 2)

© Ю. И. Дытнерский, 2002

© Оформление. Издательство Альянс, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	6
Глава 15. Основы массопередачи в системах со свободной границей раздела фаз	10
15.1. Материальный баланс массообменных процессов	12
15.2. Молекулярная диффузия	14
15.3. Конвекция и массоотдача	16
15.4. Дифференциальные уравнения переноса массы	20
15.5. Подобие массообменных процессов	22
15.6. Движущая сила массообменных процессов	24
15.7. Основы расчета массообменных аппаратов	26
15.7.1. Расчет диаметра аппарата	26
15.7.2. Расчет высоты аппарата	27
Вопросы для самоконтроля	42
Глава 16. Абсорбция	43
16.1. Равновесие при абсорбции	44
16.2. Материальный и тепловой балансы абсорбции	47
16.3. Абсорбция многокомпонентных смесей	50
16.4. Кинетика абсорбции	51
16.5. Устройство и принцип действия абсорберов	54
16.5.1. Пленочные абсорберы	54
16.5.2. Насадочные абсорберы	58
16.5.3. Тарельчатые абсорберы	69
16.5.4. Распыливающие абсорберы	79
16.6. Сравнение абсорбционных аппаратов	82
16.7. Расчет абсорберов	83
16.7.1. Расчет пленочных абсорберов	86
16.7.2. Расчет насадочных абсорберов	88
16.7.3. Расчет тарельчатых абсорберов	90
16.8. Десорбция	93
16.9. Схемы абсорбционных установок	96
Вопросы для самоконтроля	97
Глава 17. Перегонка жидкостей	99
17.1. Равновесие в системах жидкость-пар	101
17.2. Простая перегонка	108
17.3. Непрерывная бинарная ректификация	113
17.3.1. Ректификационные установки	114
17.3.2. Анализ работы ректификационных колонн и их расчет	117
17.4. Периодическая ректификация	126
17.5. Экстрактивная и азеотропная ректификация	131
17.6. Особенности расчета ректификационных аппаратов	133
17.7. Расчет ректификации многокомпонентных смесей	134
17.7.1. Расчет ректификации в режиме полного орошения ($R \rightarrow \infty$)	136
17.7.2. Расчет ректификации методом последовательных приближений («от тарелки к тарелке»)	140
Вопросы для самоконтроля	141

Глава 18. Жидкостная экстракция	142
18.1. Равновесие в системе жидкость–жидкость	145
18.2. Выбор растворителя (экстрагента)	149
18.3. Материальный баланс процесса жидкостной экстракции	150
18.4. Кинетика жидкостной экстракции	152
18.5. Основные способы проведения экстракции	153
18.6. Устройство и принцип действия экстракторов	157
18.7. Расчет экстракторов	166
18.7.1. Расчет ступенчатых экстракторов	167
18.7.2. Расчет дифференциально-контактных экстракторов	172
18.8. Схемы экстракционных установок	176
Вопросы для самоконтроля	177
Глава 19. Массообмен между жидкостью (газом или паром) и твердым телом	178
19.1. Массоперенос во внешней фазе	178
19.2. Массоперенос в твердой фазе	180
Вопросы для самоконтроля	188
Глава 20. Адсорбция и ионный обмен	188
20.1. Адсорбция	190
20.1.1. Основные промышленные адсорбенты и их свойства	190
20.1.2. Равновесие при адсорбции	192
20.1.3. Материальный баланс адсорбции	196
20.1.4. Кинетика адсорбции	198
20.2. Адсорберы	203
20.2.1. Устройство и принцип действия адсорберов	203
20.2.2. Расчет адсорберов	206
20.3. Десорбция	208
20.4. Ионный обмен	209
Вопросы для самоконтроля	212
Глава 21. Сушка	213
21.1. Основные физические свойства влажного газа	214
21.2. Твердое тело как объект сушки	217
21.3. Равновесие фаз при сушке	219
21.4. Диаграмма энтальпия–влажность воздуха $H - x$	222
21.5. Материальный баланс конвективной сушки	226
21.6. Тепловой баланс сушки	226
21.7. Построение процесса сушки на диаграмме $H - x$	229
21.8. Принципиальные схемы процессов сушки	230
21.9. Кинетика сушки	233
21.10. Массоперенос при сушке	237
21.11. Продолжительность сушки	243
21.12. Расчет сушильных установок	246
21.12.1. Материальный баланс	246
21.12.2. Тепловой баланс	247
21.12.3. Расчет количества теплоносителя	248
21.12.4. Расчет поверхности тепло- и массообмена и габаритных размеров сушильной камеры	249
21.13. Устройство и принцип действия сушилок	258
21.13.1. Конвективные сушилки	258
21.13.2. Контактные сушилки	269
21.13.3. Сушка топочными газами	272
21.13.4. Специальные виды сушки	272
21.13.5. Возможности интенсификации процессов сушки	274
Вопросы для самоконтроля	275

Глава 22. Растворение и экстрагирование в системе твердое тело–жидкость	276
22.1. Растворение	277
22.2. Экстрагирование растворенного вещества	280
22.3. Экстрагирование твердого вещества	284
22.4. Способы экстрагирования и растворения	286
22.5. Устройство и принцип действия экстракторов и аппаратов для растворения	288
Вопросы для самоконтроля	290
Глава 23. Кристаллизация	290
23.1. Равновесие при кристаллизации	292
23.2. Материальный и тепловой балансы кристаллизации	295
23.3. Кинетика кристаллизации	296
23.4. Разделение смесей кристаллизацией	299
23.5. Устройство и принцип действия кристаллизаторов	304
23.6. Кристаллизация расплавов	309
Вопросы для самоконтроля	312
Глава 24. Массообмен через полупроницаемые перегородки (мембраны)	313
24.1. Мембраны	314
24.1.1. Уплотняющиеся (полимерные) мембраны	316
24.1.2. Мембраны с жесткой структурой	319
24.1.3. Жидкие мембраны	322
24.2. Физико-химические основы мембранных процессов	323
24.2.1. Баромембранные процессы	324
24.2.2. Диффузионно-мембранные процессы	331
24.2.3. Электромембранные процессы	336
24.2.4. Термомембранные процессы	338
24.3. Расчет мембранных процессов и аппаратов	338
24.4. Мембранные аппараты	346
24.5. Методы очистки мембран	354
Вопросы для самоконтроля	356
Рекомендательный библиографический список	357