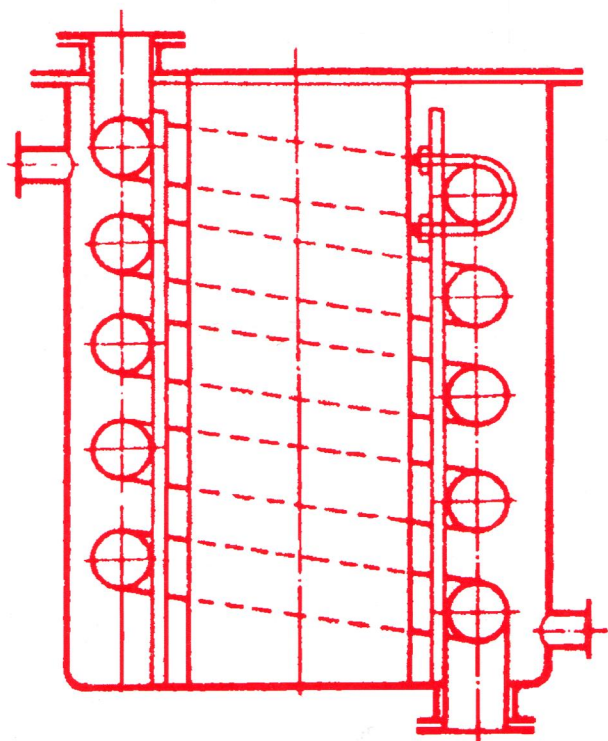


А.Г.Касаткин

Основные процессы и аппараты химической технологии



Альянс

А. Г. Касаткин

Основные процессы и аппараты химической технологии

УЧЕБНИК ДЛЯ ВУЗОВ

*Девятое издание допущено Министерством высшего и среднего
специального образования СССР в качестве учебника
для студентов химико-технологических специальностей вузов*

Стереотипное издание

**Москва
Альянс
2014**

УДК 66 (075.8)

ББК 35.11

К 28

К 28 **Касаткин А. Г. ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ:** Учебник для вузов. – Стереотипное издание. Перепечатка с девятого издания 1973 г. – М.: Альянс, 2014. – 752 с.

ISBN 978-5-903034-62-8

В книге рассмотрены теоретические основы процессов химической технологии, методы их расчета и описаны конструкции типовых аппаратов.

Книга является учебником для химико-технологических вузов. Она может быть использована также в качестве пособия для инженерно-технических работников химической и родственных ей отраслей промышленности.

Касаткин Андрей Георгиевич

Основные процессы и аппараты химической технологии

Подписано в печать 26.06.2014. Формат 70x100/16. Печать офсетная.
Тираж 200 экз. Заказ № К-1195.

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

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных диапозитивов
в ОАО «ИПК «Чувашия».
428019, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, 13.

ISBN 978-5-903034-62-8



ISBN 978-5-903034-62-8

© Касаткин А. Г., 1973
© Оформление. ООО «Издательство
Альянс», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие к восьмому изданию	7
Предисловие к девятому изданию	8
Глава I. Общие сведения	9
1. Предмет курса «Процессы и аппараты»	9
2. Возникновение и развитие науки о процессах и аппаратах	11
3. Классификация основных процессов	13
4. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов	15
5. Различные системы единиц измерения физических величин	20
ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	
Глава II. Основы гидравлики. Общие вопросы прикладной гидравлики в химической аппаратуре	23
1. Основные определения	23
2. Некоторые физические свойства жидкостей	24
А. Гидростатика	29
3. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера	30
4. Основное уравнение гидростатики	31
5. Некоторые практические приложения основного уравнения гидростатики	33
Б. Гидродинамика	36
6. Основные характеристики движения жидкостей	37
7. Уравнение неразрывности (сплошности) потока	48
8. Дифференциальные уравнения движения Эйлера	50
9. Дифференциальные уравнения движения Навье—Стокса	52
10. Уравнение Бернулли	54
11. Некоторые практические приложения уравнения Бернулли	59
12. Основы теории подобия и анализа размерностей. Принципы моделирования	64
13. Гидродинамическое подобие	78
14. Гидравлические сопротивления в трубопроводах	84
15. Течение ньютоновских жидкостей	92
16. Расчет диаметра трубопроводов	94
17. Движение тел в жидкостях	95
18. Движение жидкостей через неподвижные зернистые и пористые слои	101
19. Гидродинамика кипящих (псевдооживленных) зернистых слоев	106
20. Элементы гидродинамики двухфазных потоков	111
21. Структура потоков и распределение времени пребывания жидкости в аппаратах	117
Глава III. Перемещение жидкостей (насосы)	127
1. Общие сведения	127
2. Основные параметры насосов	128
3. Напор насоса. Высота всасывания	129
4. Центробежные насосы	132
5. Поршневые насосы	140
6. Специальные типы поршневых и центробежных насосов	144
7. Насосы других типов	146
8. Сравнение и области применения насосов различных типов	150
Глава IV. Перемещение и сжатие газов (компрессорные машины)	152
1. Общие сведения	152
2. Термодинамические основы процесса сжатия газов	153
3. Поршневые компрессоры	157

4. Ротационные компрессоры и газодувки	165
5. Центробежные машины	168
6. Осевые вентиляторы и компрессоры	171
7. Винтовые компрессоры	171
8. Вакуум-насосы	172
9. Сравнение и области применения компрессорных машин различных типов	174
Глава V. Разделение неоднородных систем	176
1. Неоднородные системы и методы их разделения	176
<i>Разделение жидких систем</i>	178
2. Материальный баланс процесса разделения	178
А. Отстаивание	178
3. Скорость стесненного осаждения (отстаивания)	178
4. Коагуляция частиц дисперсной фазы	181
5. Отстойники	182
Б. Фильтрование	186
6. Общие сведения	186
7. Уравнение фильтрования	191
8. Фильтровальные перегородки	197
9. Устройство фильтров	198
10. Расчет фильтров	210
В. Центрифугирование	212
11. Основные положения	212
12. Центробежная сила и фактор разделения	213
13. Процессы в отстойных центрифугах	214
14. Процессы в фильтрующих центрифугах	216
15. Устройство центрифуг	217
16. Расчет центрифуг	224
<i>Разделение газовых систем (очистка газов)</i>	227
17. Общие сведения	227
18. Гравитационная очистка газов	228
19. Очистка газов под действием инерционных и центробежных сил	229
20. Очистка газов фильтрованием	233
21. Мокрая очистка газов	236
22. Электрическая очистка газов	238
23. Коагуляция и укрупнение частиц, отделяемых при газоочистке	243
24. Сравнительные характеристики и выбор газоочистительной аппаратуры	244
Глава VI. Перемешивание в жидких средах	246
1. Общие сведения	246
2. Механическое перемешивание	247
3. Механические перемешивающие устройства	253
4. Пневматическое перемешивание	258
5. Перемешивание в трубопроводах	259
6. Перемешивание с помощью сопел и насосов	259
ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ	
Глава VII. Основы теплопередачи в химической аппаратуре	260
1. Общие сведения	260
2. Тепловые балансы	261
3. Основное уравнение теплопередачи	262
4. Температурное поле и температурный градиент	263
5. Передача тепла теплопроводностью	264
6. Тепловое излучение	270
7. Передача тепла конвекцией (конвективный теплообмен)	275
8. Опытные данные по теплоотдаче	283
9. Численные значения коэффициентов теплоотдачи	295
10. Сложная теплоотдача	295
11. Теплопередача	296
12. Нестационарный теплообмен	306
Глава VIII. Нагревание, охлаждение и конденсация	310
1. Общие сведения	310
А. Нагревающие агенты и способы нагревания	310
2. Нагревание водяным паром	310
3. Нагревание горячей водой	313
4. Нагревание топочными газами	313
5. Нагревание высокотемпературными теплоносителями	315
6. Нагревание газообразными высокотемпературными теплоносителями в слое неподвижной и движущейся твердой насадки	321
7. Нагревание электрическим током	321

Б. Охлаждающие агенты, способы охлаждения и конденсации	324
8. Охлаждение до обыкновенных температур	324
9. Охлаждение до низких температур	325
10. Конденсация паров	325
В. Конструкции теплообменных аппаратов	326
11. Трубчатые теплообменники	327
12. Змеевиковые теплообменники	331
13. Пластинчатые теплообменники	333
14. Оребренные теплообменники	334
15. Спиральные теплообменники	334
16. Теплообменные устройства реакционных аппаратов	335
17. Теплообменники других типов	336
18. Сравнительная характеристика теплообменных аппаратов	337
19. Конденсаторы смешения	338
20. Расчет теплообменных аппаратов	340
21. Расчет конденсаторов паров	343
Глава IX. Выпаривание	347
1. Общие сведения	347
2. Однокорпусные выпарные установки	349
3. Многокорпусные выпарные установки	354
4. Устройство выпарных аппаратов	364
5. Расчет многокорпусных выпарных аппаратов	377
МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ	
Глава X. Основы массопередачи	382
1. Общие сведения	382
2. Равновесие при массопередаче	385
3. Скорость массопередачи	393
4. Движущая сила процессов массопередачи	410
5. Расчет основных размеров массообменных аппаратов	423
6. Массопередача с твердой фазой	430
Глава XI. Абсорбция	434
1. Общие сведения	434
2. Равновесие при абсорбции	434
3. Материальный и тепловой балансы процесса	437
4. Скорость процесса	440
5. Устройство абсорбционных аппаратов	442
6. Расчет абсорберов	458
7. Десорбция	467
8. Схемы абсорбционных установок	467
Глава XII. Перегонка жидкостей	471
1. Общие сведения	471
2. Характеристики двухфазных систем жидкость—пар	472
3. Простая перегонка	479
4. Ректификация	482
5. Специальные виды перегонки	512
Глава XIII. Экстракция	520
А. Процессы экстракции в системах жидкость—жидкость	520
1. Общие сведения	520
2. Равновесие в системах жидкость—жидкость	520
3. Методы экстракции	529
4. Устройство экстракционных аппаратов	538
5. Расчет экстракционных аппаратов	547
Б. Процессы экстракции и растворения в системах твердое тело—жидкость	550
6. Общие сведения	550
7. Равновесие и скорость процессов экстракции и растворения	551
8. Способы экстракции и растворения	553
9. Устройство экстракционных аппаратов	556
10. Расчет экстракционных аппаратов	560
Глава XIV. Адсорбция	563
1. Общие сведения	563
2. Характеристики адсорбентов и их виды	564
3. Равновесия при адсорбции	566
4. Скорость адсорбции	568

5. Десорбция	572
6. Устройство адсорберов и схемы адсорбционных установок	574
7. Расчет адсорберов	578
8. Ионобменные процессы	580
Глава XV. Сушка	583
1. Общие сведения	583
2. Основные параметры влажного газа	584
3. $I - x$ диаграмма влажного воздуха	586
4. Равновесие при сушке	590
5. Материальный и тепловой баланс сушки	593
6. Определение расходов воздуха и тепла на сушку	597
7. Варианты процесса сушки	600
8. Скорость сушки	608
9. Устройство сушилок	615
10. Специальные виды сушки и типы сушилок	627
Глава XVI. Кристаллизация	632
1. Общие сведения	632
2. Равновесие при кристаллизации	632
3. Скорость кристаллизации	634
4. Влияние условий кристаллизации на свойства кристаллов	636
5. Способы кристаллизации	637
6. Устройство кристаллизаторов	638
7. Расчеты кристаллизаторов	643
ХОЛОДИЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ	
Глава XVII. Искусственное охлаждение	646
1. Общие сведения	646
2. Термодинамические основы получения холода	647
3. Другие методы получения низких температур	653
Умеренное охлаждение	654
4. Компрессорные паровые холодильные машины	654
5. Абсорбционные холодильные машины	662
6. Пароводяные эжекторные холодильные машины	664
Глубокое охлаждение	665
7. Циклы с дросселированием газа	665
8. Циклы, основанные на сочетании дросселирования и расширения газа в детандере	671
9. Цикл Стирлинга для сжижения газов	675
10. Циклы с тепловым насосом	676
11. Сравнение основных циклов глубокого охлаждения	676
12. Методы разделения газов	678
МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	
Глава XVIII. Измельчение твердых материалов	679
1. Общие сведения	679
2. Физико-механические основы измельчения. Расход энергии	681
А. Крупное дробление	684
3. Щековые дробилки	684
4. Конусные дробилки	688
Б. Среднее и мелкое дробление	690
5. Валковые дробилки	690
6. Ударно-центробежные дробилки	691
В. Тонкое измельчение	693
7. Барабанные мельницы	693
8. Кольцевые мельницы	698
Г. Сверхтонкое измельчение	699
9. Мельницы для сверхтонкого измельчения	699
Глава XIX. Классификация и сортировка материалов	703
10. Грохочение	703
11. Гидравлическая классификация и воздушная сепарация	707
Глава XX. Смешение твердых материалов	711
<i>Литература</i>	<i>715</i>
Предметный указатель	719