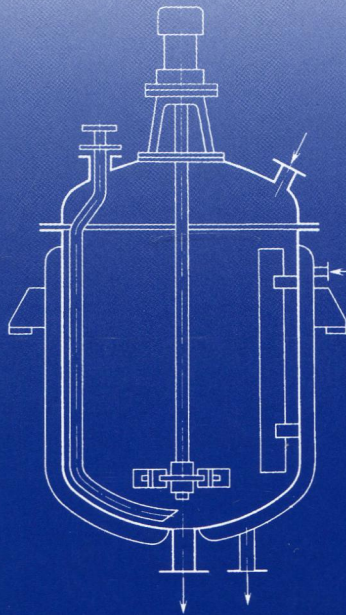


Ю. И. Дытнерский

Процессы и аппараты химической технологии

Часть 1

Учебник для вузов



Альянс

Ю. И. Дытнерский

Процессы и аппараты химической технологии

Часть 1

Теоретические основы
процессов химической технологии.
Гидромеханические
и тепловые 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 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. Стереотипное издание. Перепечатка с издания 2002 г. – М.: Альянс, 2015. – 400 с.: ил.

ISBN 978-5-91872-073-8 (Кн. 1)

В 1-й части учебника изложены теоретические основы процессов химической технологии. Рассмотрены гидромеханические и тепловые процессы. Даны 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 1

**Теоретические основы процессов химической технологии.
Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты**

Учебник для вузов

Подписано в печать 23.10.2014. Формат 60х90/16. Усл. печ. л. 25,0.
Печать офсетная. Тираж 200 экз. Заказ № К-2096.

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 978-5-91872-073-8



9 785918 720738 >

ISBN 978-5-91872-073-8 (Кн. 1)

© Ю. И. Дытнерский, 2002

© Оформление Издательство Альянс, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Из предисловия к 1-му изданию	7
Предисловие ко 2-му изданию	9
Введение. Предмет и задачи курса «Процессы и аппараты химической технологии»	10
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ	17
Глава 1. Законы сохранения	19
1.1. Закон сохранения массы	19
1.2. Закон сохранения энергии	22
1.3. Закон сохранения импульса	24
Вопросы для самоконтроля	25
Глава 2. Законы равновесия	25
2.1. Условия термодинамического равновесия	25
2.2. Правило фаз	28
2.3. Уравнения и линии равновесия	29
Вопросы для самоконтроля	31
Глава 3. Законы переноса количества движения (импульса), энергии (теплоты) и массы	32
3.1. Общие сведения по гидравлике	32
3.1.1. Силы, действующие в реальной жидкости	33
3.1.2. Основные характеристики потока	38
3.2. Основное уравнение переноса субстанций	45
3.2.1. Уравнение неразрывности потока	49
3.2.2. Уравнение переноса теплоты (дифференциальное уравнение конвективного теплообмена)	52
3.2.3. Уравнение переноса массы (дифференциальное уравнение конвективной диффузии)	53
3.2.4. Уравнения переноса количества движения (уравнения Навье–Стокса)	55
3.3. Аналогия процессов переноса	61
Вопросы для самоконтроля	61
Глава 4. Моделирование химико-технологических процессов	62
4.1. Метод обобщенных переменных	64
4.2. Анализ размерностей	69
4.3. Аналитический метод получения обобщенных переменных	70
4.4. Подобие гидродинамических процессов	71
4.5. Математическое моделирование	75
Вопросы для самоконтроля	79

Глава 5. Гидродинамическая структура потоков	79
5.1. Движение и время пребывания частиц потока в химических аппаратах	80
5.2. Идеализированные модели гидродинамической структуры потоков	85
5.3. Модели гидродинамической структуры неидеальных потоков	87
Вопросы для самоконтроля	92
ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	93
Глава 6. Общие вопросы прикладной гидравлики в химической аппаратуре	93
6.1. Основное уравнение гидростатики	93
6.2. Уравнение Бернулли	98
6.3. Уравнение Гагена–Пуазейля	102
6.4. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов	103
6.5. Расчет диаметра трубопроводов и аппаратов	107
6.6. Истечение жидкости из отверстий резервуаров	109
6.7. Гидравлические методы измерения расхода жидкостей и газов	112
6.8. Обтекание жидкостью твердых тел	115
6.9. Движение жидкости через слои зернистых материалов и насадок	119
6.9.1. Движение потока через неподвижные зернистые слои	120
6.9.2. Гидродинамика псевдооживленных слоев	123
6.10. Пленочное течение жидкостей	127
6.11. Гидродинамика барботаж	132
6.12. Диспергирование жидкостей	134
6.12.1. Способы диспергирования жидкостей	135
6.12.2. Дробление и коалесценция капель	140
6.13. Течение неньютоновских жидкостей	143
Вопросы для самоконтроля	147
Глава 7. Перемешивание жидких сред	149
7.1. Механическое перемешивание	150
7.1.1. Движение жидкости в аппарате с мешалкой	150
7.1.2. Расход энергии на перемешивание	153
7.1.3. Конструкции мешалок	155
7.2. Пневматическое перемешивание	158
7.3. Другие способы перемешивания	160
Вопросы для самоконтроля	161
Глава 8. Транспортирование жидкостей	162
8.1. Основные параметры и классификация насосов	162
8.2. Объемные насосы	166
8.3. Динамические насосы	176
8.4. Достоинства и недостатки насосов различных типов	188
Вопросы для самоконтроля	190
Глава 9. Сжатие и транспортирование газов	190
9.1. Термодинамика компрессорного процесса	192
9.2. Объемные компрессоры	197
9.2.1. Поршневые компрессоры	197
9.2.2. Роторные компрессоры	203
9.3. Динамические компрессоры	205
Вопросы для самоконтроля	207

Глава 10. Разделение неоднородных систем	208
10.1. Осаждение	210
10.1.1. Отстаивание	210
10.1.2. Отстойники	212
10.1.3. Осаждение под действием центробежных сил	217
10.1.4. Циклоны и отстойные центрифуги	219
10.1.5. Очистка газов в электрическом поле	226
10.1.6. Электрофильтры	229
10.2. Фильтрование	230
10.2.1. Фильтрование суспензий	231
10.2.2. Фильтры и фильтрующие центрифуги	237
10.2.3. Фильтрование газовых неоднородных систем	250
10.3. Мокрая очистка газов	252
10.4. Выбор аппаратов для разделения неоднородных систем	257
10.5. Методы ускорения и повышения эффективности процессов разделения неоднородных систем	259
Вопросы для самоконтроля	261
ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	263
Глава 11. Основы теплопередачи	264
11.1. Основное уравнение теплопередачи	265
11.2. Теплопроводность	267
11.3. Тепловое излучение	271
11.4. Конвекция и теплоотдача	276
11.5. Подобие процессов теплоотдачи	279
11.6. Теплоотдача в турбулентном потоке	282
11.7. Теплоотдача при конденсации насыщенных паров	285
11.8. Теплоотдача при кипении жидкостей	289
11.9. Радиационно-конвективная теплоотдача	292
11.10. Теплоотдача в теплообменных аппаратах	293
11.11. Теплопередача	300
11.11.1. Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей	300
11.11.2. Теплопередача при переменных температурах теплоносителей	302
11.11.3. Теплопередача при нестационарном режиме	306
11.11.4. Теплопередача при непосредственном контакте теплоносителей	309
11.12. Элементы расчета теплообменных аппаратов	312
Вопросы для самоконтроля	317
Глава 12. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре	318
12.1. Подвод теплоты	318
12.1.1. Нагревание водяным паром и парами высокотемпературных теплоносителей	319
12.1.2. Нагревание горячими жидкостями	323
12.1.3. Нагревание топочными газами	326
12.1.4. Нагревание электрическим током	327
12.2. Отвод теплоты	330
Вопросы для самоконтроля	332

Глава 13. Теплообменные аппараты и их расчет	333
13.1. Поверхностные теплообменники	334
13.1.1. Трубчатые теплообменники	334
13.1.2. Теплообменники с плоской поверхностью теплопередачи	343
13.2. Смесительные теплообменники	346
13.3. Регенеративные теплообменники	349
13.4. Расчет поверхностных теплообменных аппаратов	349
13.4.1. Проектный расчет теплообменника	349
13.4.2. Основы оптимального расчета теплообменника	351
13.4.3. Поверочный расчет теплообменника	353
13.4.4. Рекомендации по проектированию поверхностных теплообменников	355
13.5. Теплопередающие (тепловые) трубы	357
Вопросы для самоконтроля	358
Глава 14. Выпаривание	359
14.1. Однокорпусное (однократное) выпаривание	362
14.2. Температура кипения раствора и температурные потери	364
14.3. Многокорпусное (многократное) выпаривание	365
14.4. Выпаривание с тепловым насосом	372
14.5. Конструкции выпарных аппаратов	374
Вопросы для самоконтроля	379
Рекомендательный библиографический список	380
Приложения	382
Предметный указатель	389