

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	22
Введение	24
Химия и окружающая среда	24
Безопасность на химическом производстве	25
Разработка химического технологического процесса	31
Глава I	
ХИМИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА	33
1. Трубопроводы	35
1.1. Условный проход DN	35
1.2. Номинальное давление PN	36
1.3. Материалы для трубопроводов	37
1.4. Фасонные части трубопроводов	41
1.5. Соединения труб	41
1.6. Линейное расширение труб и компенсация расширений	44
1.7. Крепления труб	46
1.8. Маркировка трубопроводов	47
1.9. Изоляция труб	49
1.10. Отображение трубопроводов в мнемосхеме	50
2. Арматура	53
2.1. Задвижки, заслонки, краны (переключающая арматура)	53
2.2. Клапаны (регулирующая арматура)	54
2.2.1. Запорные и регулирующие клапаны	54
2.2.2. Сервоприводы для регулируемых клапанов	56
2.2.3. Регулируемые клапаны	57
2.2.4. Арматура на чертежах и схемах	58
2.3. Глухие шайбы, перфорированные шайбы	59
2.4. Устройства блокирования обратного потока	59
2.5. Предохранительные клапаны	61
2.6. Разрушающиеся шайбы	62
2.7. Редукционные клапаны	63
2.8. Конденсатоотводчики	64
2.9. Воздушные клапаны	67
2.10. Грязеуловители	68
3. Гидродинамические процессы в трубопроводах	69
3.1. Объемный расход, масснй поток, скорость течения	69
3.2. Изменения поперечного сечения трубы	70
3.3. Изменение давления при изменениях поперечного сечения трубы	71
3.4. Внутреннее трение, вязкость	73
3.5. Разновидности течений	73
3.6. Потеря давления в трубопроводах	74
3.7. Характеристика трубопровода	75
3.8. Эпюра давления в трубопроводах	76
4. Транспортировка жидкостей	77

4.1. Объемная подача и напор насоса	78
4.2. Высота подачи установки.....	78
4.3. Конструктивные исполнения насосов	79
4.4. Центробежные насосы	79
4.4.1. Конструкция и принцип действия	79
4.4.2. Рабочие колеса	80
4.4.3. Центробежная насосная установка	81
4.4.4. Высота всасывания и высота напора центробежных насосов	82
4.4.5. Характеристика центробежного насоса	82
4.4.6. Характеристика установки	83
4.4.7. Точка нормальной работы насоса.....	83
4.4.8. Поля характеристик центробежных насосов	84
4.4.9. Конструктивные исполнения центробежных насосов.....	85
4.4.10. Применение центробежных насосов	86
4.5. Поршневые насосы	87
4.5.1. Конструкция и принцип действия	87
4.5.2. Характерные признаки и применение	88
4.5.3. Мембранные насосы.....	88
4.6. Циркуляционные насосы	89
4.6.1. Шестеренчатые насосы	89
4.6.2. Ротационно-поршневые насосы	90
4.6.3. Одновинтовые насосы.....	90
4.6.4. Многовинтовые насосы	90
4.6.5. Рукавные насосы.....	91
4.7. Струйные насосы.....	91
5. Транспортировка газов	92
5.1. Закономерности изменений состояния определенного объема газа.....	92
5.2. Изменения состояния в pV-диаграмме	93
5.3. Сжатие газов.....	94
5.4. Подающие устройства для газов.....	95
5.5. Поршневые компрессоры.....	95
5.6. Ротационно-поршневые компрессоры	99
5.7. Турбокомпрессоры	100
5.8. Воздуходувки.....	101
5.9. Вакуумные насосы.....	103
5.10. Вентиляторы	103
6. Транспортировка твердых веществ.....	105
6.1. Транспортёры непрерывного действия	105
6.1.1. Механические конвейеры для насыпных грузов	105
6.1.2. Пневматический транспортер	109
6.2. Транспортёры периодического действия	110
6.3. Дозаторы для сыпучих материалов	112
7. Оборудование для хранения материалов на химических предприятиях	114
7.1. Склады сыпучих материалов	114
7.2. Хранение штучных грузов.....	116
7.3. Резервуарные парки для жидкостей	116
7.4. Хранение и транспортировка горючих и ядовитых жидкостей	118

7.5. Хранение газов.....	120
8. Аппараты.....	123
8.1. Мешальные баки (котлы с мешалкой)	123
8.2. Теплообменники.....	126
8.3. Фильтровальные аппараты	126
8.4. Дистилляторы	127
8.5. Печи	128
9. Графическое представление химической установки.....	129
9.1. Основная технологическая схема.....	129
9.2. Блок-схема процесса химической технологии	130
9.3. Мнемосхема трубопроводов и встроенных приборов.....	132
9.4. Мнемосхемы трубопроводов и встроенных приборов технических установок.....	134
9.5. Графические символы технологических установок (выдержка из DIN 28004, ч. 3, и DIN 2429).....	136

Глава II

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА В ХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	142
1. Электротехнические аспекты.....	142
1.1. Использование электроэнергии.....	142
1.2. Опасности, связанные с электрическим током	143
1.3. Основные понятия из области электротехники	144
1.4. Основные электрические параметры	145
1.5. Закон Ома.....	147
1.6. Основные электрические схемы	148
1.7. Электрическая мощность, работа, коэффициент полезного действия.....	150
1.8. Род тока.....	152
1.9. Измерение электрических параметров	
1.10. Сбои в работе электропроводящего оборудования	153
1.11. Меры защиты	154
1.12. Обращение с электропроводящими проводами, машинами и аппаратами	156
1.13. Графические изображения на электрических машинах и устройствах	156
2. Электрические приводные механизмы в химических установках	158
2.1. Электрические сети.....	158
2.2. Электродвигатели	159
2.2.1. Трехфазные электродвигатели с короткозамкнутым ротором.....	160
2.2.2. Двигатели постоянного тока.....	162
2.2.3. Род защиты двигателя.....	165
2.3. Передачи для электродвигателей	165
2.3.1. Клиноременная передача.....	165
2.3.2. Зубчатые передачи	166
2.3.3. Циклоредуктор.....	168
2.3.4. Ступенчатая дисковая передача.....	170
2.3.5. Передача гибкой связью.....	171
3. Электрохимические аспекты	172

3.1. Гальванические элементы	172
3.2. Технические гальванические элементы.....	172
3.3. Электролиз	174
3.3.1. Электролиз водных растворов	178
3.3.2. Электролиз расплава.....	179
3.3.3. Законы Фарадея	179
3.3.4. Технические способы электролиза.....	180

Глава III

ВАЖНЕЙШИЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МАШИН И АППАРАТОВ 182

1. Элементы машин для движений вращения.....	182
1.1. Валы, оси, болты.....	183
1.2. Зубчатые колеса	184
1.3. Соединение вал-ступица.....	185
1.4. Муфты валов	186
2. Подшипники	188
3. Уплотнения	190
3.1. Уплотнение неподвижных поверхностей.....	190
3.2. Уплотнение подвижных поверхностей (уплотнения для валов).....	191
4. Соединительные элементы для машин и аппаратов	192
4.1. Резьбовые соединения	193
4.2. Виды винтов	194
4.3. Гайки	196
4.4. Стопорящие элементы резьбовых соединений	196
4.5. Классы прочности винтов и гаек	196
4.6. Штифты и шпильки.....	197
5. Затворы для крышек	197
6. Неразъемные соединения	198

Глава IV

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ УСТАНОВОК 201

1. Классификация материалов.....	201
2. Свойства материалов	204
2.1. Физические свойства	204
2.2. Механические свойства	206
2.3. Химико-технологические свойства	208
2.4. Технологические свойства	209
2.5. Совместимость с окружающей средой	210
3. Стали и чугуны	210
3.1. Конструкционные стали для механической нагрузки	211
3.2. Конструкционные стали для механической и тепловой нагрузок.....	215
3.3. Конструкционные стали для химической нагрузки:	
Нержавеющие стали.....	217
3.4. Чугунное и стальное литье.....	221
3.5. Инструментальные стали.....	224
4. Цветные металлы	227

4.1. Алюминий и алюминиевые сплавы	227
4.2. Медь и медные сплавы	229
4.3. Никелевые материалы	231
4.4. Титан (Ti)	232
4.5. Свинец (Pb)	233
4.6. Специальные металлы цирконий (Zr) и тантал (Ta)	233
4.7. Цинк (Zn)	234
4.8. Олово (Sn)	234
5. Коррозия и защита от коррозии	235
5.1. Причины коррозии	235
5.1.1. Электрохимическая коррозия	235
5.1.2. Химические процессы коррозии	238
5.2. Виды коррозии и их внешний вид	239
5.3. Коррозионное поведение металлических материалов	241
5.3. Меры защиты от коррозии	242
5.3.1. Выбор подходящих материалов	242
5.3.2. Коррозионнозащитные слои	243
5.3.3. Снижение агрессивности коррозионной среды	247
5.3.4. Конструкция с защитой от коррозии	247
5.3.5. Катодная защита от коррозии стальных деталей	247
6. Пластмассы	248
6.1. Свойства и применение	248
6.2. Технологическая классификация	249
6.3. Термопластичные пластмассы в химической промышленности	250
6.4. Термореактивные пластмассы в химической промышленности	252
6.5. Эластомеры в химической промышленности	253
6.6. Характеристика стойкости и старение пластмасс	254
6.7. Обработка заготовок из пластмассы	255
7. Комбинированные материалы	256
8. Неметаллические неорганические материалы	258
9. Смазочные материалы	261
10. Контроль материалов и конструктивных деталей в процессе работы	263
10.1. Локализация неисправностей в химической установке	263
10.2. Контроль явлений коррозии	266

Глава V

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА В ХИМИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ	268
1. Измерение температуры	269
1.1. Шкалы температур	269
1.2. Механические приборы для измерения температуры	270
1.3. Приборы измерения температуры с электрическим выходным сигналом	271
2. Измерение давления	274
2.1. Определение понятий, единицы измерения, способы пересчета	274
2.2. Виды давления	275
2.3. Манометры с запирающей жидкостью	275
2.4. Манометры с подпружиненным датчиком	276
2.5. Манометрические преобразователи	278

2.6. Особенности измерения давления.....	279
2.7. Измерение давления в текущих средах.....	280
2.8. Эпюра давления в трубопроводах	281
3. Измерение разности давлений.....	282
3.1. Дифференциальные манометры с запирающей жидкостью.....	283
3.2. Дифференциальные манометры с подпружиненным датчиком	283
3.3. Дифференциальные манометры с измерительными преобразователями	284
4. Измерение наполнения	286
4.1. Измерители уровня наполнения жидкостями.....	286
4.2. Измерители наполнения для сыпучих материалов	288
4.3. Объем наполнителя емкости	289
5. Определение объема газа в газгольдерах	290
6. Измерение расхода.....	292
6.1. Физические аспекты	292
6.2. Расходомеры на основе активного давления	293
6.3. Поплавковые расходомеры.....	295
6.4. Магнитно-индуктивные расходомеры	295
7. Измерение объема и определение веса	296
7.1. Объемные счетчики для газов	297
7.2. Объемные счетчики для жидкостей.....	298
8. Измерение плотности	299
9. Измерение вязкости.....	300
10. Взвешивание	301
10.1. Механические весы	301
10.2. Электромагнитные весы	302
10.3. Взвешивание с помощью датчиков силы	302
11. Определение компонентов жидкостей.....	303
11.1. Измерение электропроводимости водных растворов	303
11.2. Измерение величины pH	304
11.3. Измерение растворенного в воде кислорода.....	304
11.4. Измерение мутности	305
12. Газовый анализ.....	305
12.1. Газовый анализ с измерителями поглощения инфракрасных лучей	306
12.2. Газовый анализ с измерителями теплопроводности.....	306
12.3. Газохроматографы.....	307
13. Измерение уровня задымленности, запыленности и влажности воздуха.....	308
13.1. Измерение концентрации дыма и пыли.....	308
13.2. Измерение влажности воздуха	308
14. Сбор, регистрация и передача данных	309
15. Обработка данных измерения.....	310
16. Устройства вывода данных измерения	312
16.1. Индикаторные устройства	312
16.2. Датчики сигналов отклонения контролируемых величин.....	313
16.3. Устройства регистрации и сохранения данных.....	313
17. Представление и название мест измерений.....	314

Глава VI

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ	317
1. Измельчение твердых веществ	318
1.1. Физические аспекты	319
1.2. Способы измельчения	320
1.3. Дробилки	321
1.4. Мельницы	322
1.5. Грануляторы	325
2. Разделение жидкостей	326
2.1. Орошение	326
2.2. Распыление	327
3. Агломерация (спекание)	328
3.1. Структурное зернение (окомкование)	329
3.2. Формовка	330
3.3. Спекание	332
4. Смешивание (объединение веществ)	333
4.1. Механическое перемешивание	335
4.1.1. Сосуд с мешалкой	335
4.1.2. Сосуды с мешалкой, работающие под высоким давлением	337
4.1.3. Механизм вращения мешалки	337
4.1.4. Мешалки	338
4.1.5. Гидравлика потока в сосуде с мешалкой	340
4.1.6. Технологические операции на основе перемешивания	341
4.2. Пневматическое перемешивание	344
4.3. Смешение потоков	345
4.4. Замешивание, втирание	346
4.5. Смешение твердых сыпучих материалов	349

Глава VII

НАГРЕВАНИЕ И ОХЛАЖДЕНИЕ	353
1. Тепло как вид энергии	353
1.1. Единицы измерения тепла	353
1.2. Количество тепла при нагревании и охлаждении	354
1.3. Теплота превращения	354
1.4. Общее количество тепла	356
1.5. Температуры смесей	357
2. Энергоносители в химической промышленности	359
2.1. Горючие материалы	359
2.2. Электрический ток	361
2.3. Водяной пар	362
2.4. Топливные жидкости	364
2.5. Газообразные и твердые теплоносители	365
2.6. Холодильные агенты	366
2.7. Сжатый воздух и вакуум	366
3. Теплопередача	368
3.1. Способы теплопередачи	368
3.2. Теплопроводность	369

3.3. Теплоотдача	371
3.4. Теплопроницаемость.....	372
3.5. Процессы в теплообменниках.....	373
3.6. Тепловое излучение	376
4. Нагревание и охлаждение в смесительных емкостях.....	378
4.1. Косвенная теплопередача	378
4.2. Прямая теплопередача	379
5. Теплообменники	379
5.1. Трубчатые теплообменники.....	380
5.2. Теплообменник типа «труба в трубе»	382
5.3. Спиральные теплообменники.....	382
5.4. Пластинчатые теплообменники.....	383
6. Аппараты и установки для охлаждения.....	383

Глава VIII

МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ РАЗДЕЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ	389
1. Механические способы разделения смесей твердых веществ	389
1.1. Сортировка.....	390
1.1.1. Сортировка по плотности	390
1.1.2. Флотация	392
1.1.3. Магнитная сортировка	393
1.2. Классификация.....	394
1.2.1. Просеивание (грохочение).....	394
1.2.2. Воздушная сепарация	397
1.2.3. Разделение в потоке (гидравлическая классификация).....	399
1.3. Измерение гранулометрического состава (анализ зернистости)	401
1.3.1. Взятие проб.....	401
1.3.2. Способы проведения анализа зернистости	401
1.3.3. Ситовой анализ (ДИН 4193)	402
1.3.4. Оценка результата ситового анализа	404
1.3.5. Гранулометрическая сетка (ДИН 66 145)	405
2. Механические способы разделения смесей твердых веществ и жидкостей	407
2.1. Осаждение, седиментация	409
2.2. Оборудование для седиментации.....	410
2.3. Центрифугирование	412
2.4. Седиментационные центрифуги.....	413
2.5. Фильтрационные центрифуги.....	415
2.6. Разделение с помощью гидроциклона	417
2.7. Фильтрация	418
2.8. Фильтровальные аппараты периодического действия.....	421
2.9. Фильтровальные аппараты непрерывного действия.....	423
2.10. Отжим	425
3. Механическое разделение смесей жидкостей	427
3.1. Разделение эмульсий посредством седиментации	427
3.2. Ультрафильтрация загрязненных жидкостей	428

Глава IX

ОЧИСТКА ГАЗОВ И РАЗДЕЛЕНИЕ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ.....	430
1. Удаление пыли	431
1.1. Механическое обеспыливание	434
1.2. Мокрое пылеотделение (абсорбционная очистка газов)	435
1.3. Фильтрационное пылеулавливание	437
1.4. Электростатическое обеспыливание	439
1.5. Пылеулавливающие установки	440
2. Отделение высокодисперсных капель жидкости	440
3. Разделение газовой смеси и отделение посторонних газов.....	442
3.1. Разделение газовых смесей путем конденсации.....	442
3.2. Разделение газовой смеси путем избирательной абсорбции.....	444
3.3. Очистка газа путем адсорбции	446
4. Каталитическая очистка газов	449
5. Очистка отработанного воздуха и утилизация отходящих газов методом сжигания	450

Глава X

ТЕРМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСЕЙ	452
1. Сушка	453
1.1. Физические аспекты	453
1.2. Способы сушки.....	455
1.3. Исполнения сушилок.....	456
1.4. Вакуумная сушка	460
1.5. Сублимационная сушка вымораживанием.....	460
1.6. Промышленная сушильная установка	461
2. Термическое разделение растворов	462
2.1. Испарение	463
2.1.1. Физические аспекты.....	463
2.1.2. Исполнения выпарных аппаратов.....	464
2.1.3. Многокорпусная выпарная установка	466
2.1.4. Выпарной аппарат с компрессией мокрого пара	467
2.2. Кристаллизация	467
2.2.1. Физические аспекты	468
2.2.2. Кристаллизаторы	470
2.3. Высаливание и выпадение в виде кристаллов	473
2.4. Вымораживание (холодная концентрация)	474
3. Термическое разделение смесей жидкостей	475
3.1. Физические аспекты	476
3.1.1. Давление пара гомогенных двухкомпонентных смесей	476
3.1.2. Диаграммы температуры кипения/точки росы	478
3.1.3. Диаграмма равновесия	479
3.2. Дистилляция (перегонка)	480
3.2.1. Простая ступенчатая перегонка.....	480
3.2.2. Фракционированная ступенчатая перегонка.....	481
3.2.3. Простая непрерывная перегонка.....	482
3.2.4. Перегонка с водяным паром	482