

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к русскому изданию	14
Предисловие к четвертому изданию	15
Об авторе	16
Глава 1. Описание процесса	
1.1. Предварительный подогрев сырья	31
1.2. Секция преобразования	33
1.2.1. Полное и неполное сгорание	37
1.3. Секция дымовых газов регенератора	39
1.3.1. Разделение газов регенератора и катализатора	39
1.3.2. Устройства загрузки и выгрузки катализатора	41
Выводы	42
Глава 2. Описание процесса, основная ректификационная колонна, газовая установка и секции очистки продукции	
2.1. Основная ректификационная колонна	43
2.2. Газофракционирующая установка	47
2.2.1. Компрессор жирного газа	49
2.2.2. Абсорбер первой ступени	50
2.2.3. Абсорбент или абсорбер второй ступени	50
2.2.4. Отпарная секция, или деэтанализатор	51
2.2.5. Дебутанизатор	51
2.2.6. Разделитель бензина	52
2.3. Система промывной воды	53
2.4. Очистные установки	55
2.4.1. Абсорбер кислого газа	56
2.4.2. Очистка сжиженного нефтяного газа (СНГ)	58
2.4.3. Щелочная очистка	59
2.5. Бензин с ультранизким содержанием серы	61
Выводы	61
Глава 3. Контрольно-измерительная аппаратура	
3.1. Рабочие параметры (переменные)	64
3.2. Контрольно-измерительная аппаратура	64
3.2.1. Общий диспетчерский контроль	65
3.3. Золотниковый клапан регенерированного и отработанного катализатора	67
3.4. Улучшенная система автоматического управления	67
3.4.1. Преимущества моделирования/контроля с изменяющимися параметрами	69
3.4.2. Недостатки моделирования/контроля с изменяющимися параметрами	70
Выводы	71
Глава 4. Характеристики сырья для каталитического крекинга	
4.1. Классификация углеводородов	73
4.1.1. Парафины	73
4.1.2. Олефины	74

4.1.3.	Нафты	75
4.1.4.	Ароматические углеводороды	76
4.2.	Физические свойства сырья	76
4.2.1.	Плотность нефти в градусах <i>API</i>	77
4.2.2.	Дистилляция (разгонка)	79
4.2.3.	Анилиновая точка	82
4.2.4.	Показатель преломления	82
4.2.5.	Бромное число и бромный индекс	83
4.2.6.	Вязкость	84
4.3.	Примеси	85
4.3.1.	Сера	85
4.3.2.	Углеродистый остаток	89
4.3.3.	Органический азот	91
4.4.	Металлы	95
4.4.1.	Никель	95
4.4.2.	Ванадий	97
4.4.3.	Щелочноземельные металлы	99
4.4.4.	Прочие металлы	100
	Выводы	101
4.5.	Эмпирические корреляции	101
4.5.1.	<i>K</i> -фактор (характеристический)	102
4.5.2.	<i>Total</i>	105
4.5.3.	Метод <i>n-d-M</i>	107
4.5.4.	Метод <i>API</i>	109
4.6.	Преимущества гидроочистки	112
	Выводы	113
	Список использованной литературы	113

Глава 5. Катализаторы каталитического крекинга

5.1.	Компоненты катализатора	116
5.1.1.	Цеолит	116
5.2.	Матрица	124
5.3.	Наполнитель и связующий компонент	125
5.4.	Технологии производства катализаторов	126
5.4.1.	Стандартные типы цеолитов (REY, REHY и HY)	126
5.4.2.	Цеолит USY	128
5.4.3.	Технология компании <i>BASF</i>	129
5.5.	Физические и химические свойства свежего катализатора	129
5.5.1.	Распределение размеров частиц	130
5.5.2.	Удельная поверхность	130
5.5.3.	Натрий	131
5.5.4.	Редкоземельные элементы	131
5.6.	Анализ равновесного катализатора	132
5.6.1.	Химические свойства равновесного катализатора	134
5.6.2.	Физические свойства равновесного катализатора	139
5.7.	Управление катализатором	141
5.8.	Анализ катализатора	145
	Выводы	148
	Список использованной литературы	149

Глава 6. Добавки к катализатору и сырью

6.1. Активатор горения CO	150
6.2. SO _x -добавка	151
6.3. NO _x -добавка	154
6.4. Добавка ZSM-5	154
6.5. Пассивация металлов	156
6.5.1. Сурьма	157
6.6. Добавка для крекинга кубового остатка	158
Выводы	158
Список использованной литературы	158

Глава 7. Химические реакции каталитического крекинга

7.1. Термический крекинг	160
7.2. Каталитический крекинг	162
7.2.1. Развитие технологий катализаторов каталитического крекинга	162
7.2.2. Появление цеолитов	163
7.2.3. Механизмы каталитического крекинга	165
7.2.4. Реакции крекинга	166
7.2.5. Реакции изомеризации	167
7.2.6. Реакции переноса водорода	168
7.3. Прочие реакции	169
7.4. Термодинамические свойства	170
Выводы	172
Список использованной литературы	172

Глава 8. Контроль и управление установкой

8.1. Материальный баланс	174
8.2. Методы испытаний	176
8.2.1. Преимущества анализа образца реакционной смеси	176
8.2.2. Недостатки анализа образца реакционной смеси	177
8.3. Рекомендуемая методика проведения испытаний	177
8.3.1. Перед контрольным испытанием следует:	178
8.3.2. Сбор данных	179
8.3.3. Расчеты материального баланса	179
8.3.4. Анализ результатов	180
8.4. Анализ примера из практики	180
8.4.1. Материальный баланс рассчитывается следующим образом:	180
8.4.2. Входящие и выходящие потоки в общем материальном балансе	182
8.5. Расчет выхода кокса	182
8.5.1. Преобразование в единицы массы (фунт/ч и кг/ч)	185
8.6. Выход компонентов	186
Пример 8.3	187
8.6.1. Корректировка границ разделения фракций бензина и легкого газойля	188
8.6.2. Анализы данных теплового и материального балансов	190
8.7. Тепловой баланс	192
8.7.1. Тепловой баланс в зоне «отпарная секция — регенератор»	193
8.7.2. Тепловой баланс реактора	195
8.8. Анализ результатов	199

8.9.	Выравнивание давления	200
8.9.1.	Основные принципы псевдооживления	200
8.9.2.	Основные компоненты контура «реактор — регенератор»	201
8.9.3.	Анализ конкретных примеров	204
8.9.4.	Анализ полученных результатов	204
	Выводы	208
	Список использованной литературы	208

Глава 9. Продукты и экономические показатели

9.1.	Продукция каталитического крекинга	210
9.1.1.	Сухой газ	210
9.1.2.	Сжиженный нефтяной газ	211
9.2.	Бензин	213
9.2.1.	Выход бензина	214
9.2.2.	Качество бензина	214
9.3.	Легкий газойль	221
9.3.1.	Выход легкого газойля	221
9.3.2.	Качество легкого газойля	222
9.4.	Тяжелый газойль и декантоиль	224
9.4.1.	Качество декантоиля	225
9.5.	Кокс	226
9.6.	Экономические характеристики каталитического крекинга	228
	Выводы	231
	Список использованной литературы	232

Глава 10. Эффективная реализация и управление проектом

10.1.	Управление проектом: принципы модернизации установки каталитического крекинга	233
10.1.1.	Предварительное проектирование	234
10.1.2.	Разработка технологического процесса	236
10.1.3.	Детальное техническое проектирование	237
10.1.4.	Подготовительный этап	238
10.1.5.	Строительство	238
10.1.6.	Приемка в эксплуатацию и пуск	239
10.1.7.	Анализ по завершении проекта	239
10.2.	Полезная информация для успешной реализации проекта	239

Глава 11. Огнеупорная футеровка технологического оборудования

11.1.	Огнеупорные материалы	242
11.1.1.	Цементы	242
11.1.2.	Агрегаты	242
11.1.3.	Добавки	242
11.1.4.	Волокно	242
11.2.	Огнеупорная футеровка, армированная фиброй из нержавеющей стали	242
11.3.	Типы огнеупорных материалов	243
11.3.1.	Кирпичи	243
11.3.2.	Теплоизоляционный огнеупорный кирпич	243
11.3.3.	Высокоглиноземистый огнеупорный кирпич	244
11.3.4.	Литые огнеупоры	244

11.4.	Мертель (огнеупорный)	246
11.5.	Огнеупоры пластического формования/трамбованные (набивные) смеси	247
11.6.	Физические свойства	247
11.6.1.	Объемная плотность	247
11.6.2.	Прочность	248
11.7.	Анкеры	250
11.7.1.	Типы анкеров	250
11.8.	Двухслойные анкерные системы	257
11.9.	Способы размещения анкеров	257
11.10.	Проектирование огнеупорной футеровки технологического оборудования	257
11.10.1.	Толщина покрытия	258
11.10.2.	Выбор огнеупорного материала	258
11.10.3.	Теплопередача	258
11.11.	Выбор анкера	258
11.12.	Технологии нанесения	259
11.12.1.	Торкретирование	259
11.12.2.	Мокрое торкретирование	260
11.12.3.	Литье	260
11.12.4.	Вибрационное литье	261
11.12.5.	Трамбовка (набивка)	261
11.13.	Пластические огнеупорные массы	261
11.13.1.	Трамбовка	262
11.13.2.	Торкретирование	262
11.13.3.	Ручная закладка	263
11.14.	Программа контроля качества	263
11.14.1.	Письменные инструкции	263
11.14.2.	Соответствие заявленным физическим свойствам	264
11.14.3.	Приемочные испытания перед отгрузкой	265
11.14.4.	Представление и допуск персонала	265
11.14.5.	Отбор пробы продукции	265
11.14.6.	Испытание проб продукции	265
11.14.7.	Таблицы регистрации данных по смешению	265
11.14.8.	Технический контроль	266
11.15.	Сушка огнеупорной футеровки	266
11.15.1.	Предварительный нагрев огнеупорной футеровки	266
11.15.2.	Сушка огнеупорной футеровки при пуске оборудования	267
11.15.3.	Последующий нагрев огнеупорной футеровки	268
11.16.	Примеры огнеупорных систем в установках каталитического крекинга	269
	Выводы	271
	Благодарность	271

Глава 12. Принципы технологического и механического проектирования установок и оборудования каталитического крекинга

12.1.	Качество катализатора каталитического крекинга	272
12.2.	Работа при повышенной температуре	273
12.3.	Качество огнеупорной футеровки	273
12.4.	Модернизация нефтеперерабатывающей промышленности	273
12.4.1.	Основные компоненты системы «реактор — регенератор»	274
	Выводы	290

Глава 13. Выявление и устранение неисправностей

13.1. Основные принципы эффективного выявления и устранения неисправностей	292
13.2. Основные физические свойства катализатора каталитического крекинга	294
13.3. Основы циркуляции катализатора	295
13.3.1. Факторы, затрудняющие циркуляцию катализатора	300
13.4. Потери катализатора	300
13.5. Закоксовывание/засорение	303
13.5.1. Методика выявления и устранения неисправностей	303
13.6. Увеличение дожигания	305
13.7. Турбодетандеры горячего газа	307
13.7.1. Методика выявления и устранения неисправностей	309
13.8. Реверсирование потока	309
13.8.1. Предотвращение реверсивного потока	310
Выводы	321

Глава 14. Оптимизация и расшивка узких мест

14.1. Введение	323
14.2. Подход к оптимизации	324
14.3. Улучшение рентабельности установки каталитического крекинга путем применения апробированных технологий	325
14.3.1. Видимые ограничивающие параметры	325
14.4. Расшивка узких мест	325
14.4.1. Гидравлика контура ввода сырья	326
14.4.2. Типичная секция предварительного подогрева сырья	326
14.5. Структура «реактор — регенератор»	329
14.5.1. Механические ограничения	329
14.5.2. Концевое оборудование райзера	330
14.5.3. Питающие форсунки	338
14.5.4. Отпарная секция отработанного катализатора	341
14.5.5. Система распределения воздуха и отработанного катализатора	341
14.5.6. Расшивка узких мест при циркуляции катализатора	342
14.5.7. Расшивка узких мест при подаче воздуха горения	343
14.5.8. Регенерация	345
14.5.9. Система дымового газа	345
14.5.10. Катализатор каталитического крекинга	345
14.6. Расшивка узких мест на основной ректификационной колонне и газофракционирующей установке	346
14.6.1. Расшивка узких мест на основной ректификационной колонне	346
14.6.2. Расшивка узких мест в компрессоре жирного газа	349
14.6.3. Улучшение работы абсорбционной и отпарной колонн	351
14.6.4. Расшивка узких мест в работе дебутанизатора	352
14.7. Контрольно-измерительная аппаратура	353
14.8. Энергетические системы/внешние технологические объекты	354
14.8.1. Резервуарный парк/смешивание	354
14.9. Пар/питательная вода котла	354
14.10. Установка кислой воды/аминной очистки/сероочистки	355
14.11. Система предохранительно-перепускных устройств	355

14.12. Топливная система.....	355
Выводы.....	355

Глава 15. Выбросы в окружающую среду

15.1. Нормативы концентрации загрязняющих веществ для нового источника.....	358
15.2. Максимально достижимая технология контроля (МАСТ II).....	358
15.3. Постановления о разрешении Агентства по охране окружающей среды США (EPA).....	360
15.4. Способы контроля.....	360
15.4.1. Выбросы CO.....	360
15.4.2. Выбросы SO _x	361
15.5. Твердые частицы.....	365
15.5.1. Сепаратор третьей/четвертой ступени.....	365
15.5.1. Сухой электростатический фильтр.....	366
15.5.3. Импульсная очистка с металлокерамическими фильтрами.....	368
15.6. NO _x	368
15.6.1. Качество сырья.....	369
15.6.2. Рабочие условия.....	370
15.6.3. Добавки к катализатору.....	370
15.6.4. Механическое оснащение.....	371
15.6.5. Селективное каталитическое восстановление.....	371
15.6.6. Селективное некаталитическое восстановление.....	372
15.6.7. Технология LoTox™.....	373
Выводы.....	374

Глава 16. Переработка остаточного сырья и сырья глубокой гидроочистки

16.1. Крекинг остаточного сырья.....	375
16.1.1. При переработке остаточного сырья необходимо учитывать следующее:.....	379
16.1.2. Возможные варианты проектирования переработки остаточного сырья.....	379
16.2. Технологии RFCC.....	381
16.2.1. Установки Shaw Axens RFCC.....	381
16.2.2. Установки UOP RFCC.....	383
16.3. Эксплуатационная и механическая надежность.....	385
16.4. Влияние остаточного сырья на технологический процесс.....	386
16.5. Переработка сырья глубокой гидроочистки.....	387
Выводы.....	388

Глава 17. Биотоплива

17.1. Выбросы парниковых газов.....	391
17.2. Стандарт США на возобновляемое топливо.....	393
17.3. Идентификационные номера возобновляемых источников энергии.....	394
17.4. Этанол.....	396
17.4.1. Этаноловое сырье.....	396
17.4.2. Целлюлозный этанол.....	398
17.5. Биодизель.....	400
17.5.1. Сырье для биодизеля.....	400
17.5.2. Химия реакции.....	400
17.6. Возобновляемое дизельное топливо.....	403

17.6.1.	Сырье	403
17.6.2.	Поставщики технологий	404
17.6.3.	Типовые рабочие условия	404
17.6.4.	Свойства возобновляемого дизельного топлива	405
17.6.5.	Перспективы расширения использования возобновляемого дизельного топлива и биодизеля	405
17.7.	Совместная переработка биогенного сырья на установке каталитического крекинга	406
17.8.	Возобновляемое реактивное топливо	407
17.8.1.	Спецификации на реактивное топливо	409
17.8.2.	Возобновляемое реактивное топливо	409
17.8.3.	Проблемы, связанные с использованием возобновляемого топлива ..	411
17.9.	Пиролиз	411
17.9.1.	Свойства пиролиза бионефти	412
	Список использованной литературы	414
	Приложение 1	415
	Приложение 2	416
	Приложение 3	417
	Приложение 4	418
	Приложение 5	419
	Приложение 6	421
	Приложение 7	422
	Приложение 8	423
	Приложение 9	425
	Приложение 10	425
	Приложение 11	426
	Приложение 12	430
	Словарь терминов	431
	Приложение от компании ООО «Газпромнефть — Каталитические системы»	442