

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

Предисловие .....	13
-------------------	----

### Часть первая

#### ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ И ГАЗА

##### Глава 1

<b>Современное состояние нефтегазового комплекса мира и России .....</b>	<b>15</b>
1.1. Значение нефти и газа в мировой экономике .....	15
1.2. Ресурсы и месторождения нефти .....	17
1.3. Ресурсы и месторождения природного газа .....	20
1.4. Добыча нефти .....	21
1.5. Добыча природного газа .....	23
1.6. Краткий исторический обзор развития нефтегазового комплекса бывшего СССР и России .....	24
1.6.1. Развитие нефтяной и газовой промышленности .....	24
1.6.2. Развитие нефтеперерабатывающей промышленности в бывшем СССР .....	26

##### Глава 2

<b>Основы химии нефти .....</b>	<b>30</b>
2.1. Элементный и фракционный состав нефти .....	30
2.2. Химический состав и распределение групповых углеводородных компонентов по фракциям нефти .....	31
2.2.1. Парафиновые углеводороды .....	32
2.2.2. Непредельные углеводороды (алкены, диалкены) .....	33
2.2.3. Нафтеновые углеводороды .....	34
2.2.4. Ароматические углеводороды .....	35
2.2.5. Гибридные углеводороды .....	37
2.3. Гетероатомные соединения нефти .....	38
2.3.1. Серосодержащие соединения .....	38
2.3.2. Азотсодержащие соединения .....	42
2.3.3. Кислородсодержащие соединения .....	43
2.4. Смолисто-асфальтеновые вещества в нефтях и нефтяных остатках ..	45
2.5. Классификация нефтей .....	48
2.5.1. Химическая классификация .....	48
2.5.2. Технологическая классификация .....	49
2.6. Производственно-проектная оценка и основные направления переработки нефтей и газоконденсатов .....	49
2.7. Классификация процессов переработки нефти, газовых конденсатов и газов .....	51

### Глава 3

<b>Классификация и характеристика товарных нефтепродуктов</b> . . . . .	54
3.1. Классификация товарных нефтепродуктов . . . . .	54
3.2. Характеристика моторных и энергетических топлив . . . . .	56
3.2.1. Автомобильные и авиационные бензины . . . . .	56
3.2.2. Дизельные топлива . . . . .	67
3.2.3. Реактивные топлива . . . . .	74
3.3. Основные требования к качеству энергетических топлив и их марки . .	80
3.3.1. Газотурбинные топлива . . . . .	80
3.3.2. Котельные топлива . . . . .	82

### Глава 4

<b>Теоретические основы и технология процессов первичной переработки нефти и газов</b> . . . . .	84
4.1. Научные основы и технология процессов подготовки нефти и горючих газов к переработке . . . . .	84
4.1.1. Сбор и подготовка нефти на промыслах . . . . .	84
4.1.2. Обессоливание нефтей на НПЗ . . . . .	88
4.1.3. Подготовка горючих газов к переработке . . . . .	97
4.2. Теоретические основы процессов перегонки нефти и газов . . . . .	102
4.2.1. Общие сведения о перегонке и ректификации нефти и газов . . . .	102
4.2.2. Особенности нефти как сырья процессов перегонки . . . . .	107
4.2.3. Способы регулирования температурного режима ректификационных колонн . . . . .	108
4.2.4. Выбор давления и температурного режима в ректификационной колонне . . . . .	111
4.2.5. Особенности перегонки с водяным паром . . . . .	113
4.2.6. Классификация ректификационных колонн и их контактных устройств . . . . .	114
4.2.7. Конденсационно-вакуумсоздающие системы вакуумных колонн . . . . .	121
4.3. Современные промышленные установки перегонки нефти и газов . . . .	124
4.3.1. Типы промышленных установок . . . . .	124
4.3.2. Блок атмосферной перегонки нефти установки ЭЛОУ-АВТ-6 . . . .	126
4.3.3. Блок вакуумной перегонки мазута установки ЭЛОУ-АВТ-6 . . . .	129
4.3.4. Блок стабилизации и вторичной перегонки бензина установки ЭЛОУ-АВТ-6 . . . . .	132
4.3.5. Особенности технологии вакуумной перегонки мазута по масляному варианту . . . . .	135
4.3.6. Вакуумная (глубоковакуумная) перегонка мазута в насадочных колоннах . . . . .	137
4.3.7. Перекрестноточные насадочные колонны для четкого фракционирования мазута с получением масляных дистиллятов . . . . .	141
4.3.8. Особенности технологии фракционирования газоконденсатов . .	143
4.3.9. Фракционирование углеводородных газов нефтепереработки . . .	147

### Глава 5

<b>Теоретические основы и технология термических процессов переработки нефтяного сырья</b> . . . . .	153
5.1. Типы и назначение термических процессов . . . . .	153
5.2. Теоретические основы термических процессов переработки нефтяного сырья . . . . .	154
5.2.1. Основы химической термодинамики термических реакций углеводородов . . . . .	154
5.2.2. Основные положения механизма термических реакций нефтяного сырья . . . . .	162
5.2.3. Химизм газофазного термолита нефтяного сырья . . . . .	166
5.2.4. Краткая характеристика сырья термодеструктивных процессов .	170
5.2.5. Основные закономерности жидкофазного термолита нефтяных остатков . . . . .	173
5.2.6. Влияние качества сырья и технологических параметров на процесс термолита нефтяных остатков . . . . .	175
5.3. Технология современных термических процессов переработки нефтяного сырья . . . . .	179
5.3.1. Термический крекинг дистиллятного сырья . . . . .	179
5.3.2. Установки висбрекинга тяжелого сырья . . . . .	183
5.3.3. Установки замедленного коксования . . . . .	186
5.3.4. Особенности технологии производства игольчатого кокса . . . . .	193

### Глава 6

<b>Теоретические основы и технология каталитических гетеролитических процессов переработки нефти и газов</b> . . . . .	195
6.1. Общие сведения о катализе и катализаторах . . . . .	195
6.2. Адсорбция и катализ . . . . .	201
6.3. Энергетика и химическая природа катализа . . . . .	202
6.4. Технология процесса каталитического крекинга . . . . .	208
6.4.1. Значение и назначение процесса . . . . .	208
6.4.2. Сырье каталитического крекинга . . . . .	209
6.4.3. Подготовка (облагораживание) сырья каталитического крекинга . .	211
6.4.4. Катализаторы крекинга . . . . .	216
6.4.5. Механизм и химизм каталитического крекинга . . . . .	223
6.5. Основы управления процессом каталитического крекинга . . . . .	230
6.5.1. Технологические параметры . . . . .	230
6.5.2. Типы реакторов . . . . .	232
6.5.3. Влияние оперативных параметров на материальный баланс и качество продуктов крекинга . . . . .	237
6.5.4. Технологическая схема установки каталитического крекинга с прямоточным лифт-реактором . . . . .	239
6.6. Современные и перспективные процессы каталитического крекинга . .	242
6.7. Синтез высокооктановых компонентов бензинов из газов каталитического крекинга . . . . .	246

6.7.1. Каталитическое С-алкилирование изобутана олефинами . . . . .	247
6.7.2. Каталитическое О-алкилирование метанола изобутиленом . . . . .	257

## Глава 7

<b>Теоретические основы и технология каталитических гомолитических процессов нефтепереработки . . . . .</b>	<b>263</b>
7.1. Теоретические основы и технология процессов паровой каталитической конверсии углеводородов . . . . .	263
7.2. Окислительная конверсия сероводорода в элементную серу (процесс Клауса) . . . . .	269
7.3. Окислительная демеркаптанизация сжиженных газов и бензино-керосиновых фракций . . . . .	272

## Глава 8

<b>Теоретические основы и технология гидрокаталитических процессов переработки нефтяного сырья . . . . .</b>	<b>275</b>
8.1. Классификация, назначение и значение гидрокаталитических процессов . . . . .	275
8.2. Теоретические основы и технология процессов каталитического риформинга . . . . .	277
8.2.1. Химизм и термодинамика процесса . . . . .	278
8.2.2. Катализаторы и механизм их каталитического действия . . . . .	280
8.2.3. Основы управления процессом . . . . .	283
8.2.4. Промышленные установки каталитического риформинга . . . . .	291
8.2.5. Установки каталитического риформинга со стационарным слоем катализатора . . . . .	292
8.2.6. Установки каталитического риформинга с непрерывной регенерацией катализатора . . . . .	296
8.3. Каталитическая изомеризация пентан-гексановой фракции бензинов . . . . .	297
8.3.1. Теоретические основы . . . . .	298
8.3.2. Основные параметры процесса . . . . .	299
8.3.3. Установки изомеризации фракции н.к.–62 °С . . . . .	300
8.4. Теоретические основы и технология каталитических гидрогенизационных процессов облагораживания нефтяного сырья . . . . .	302
8.4.1. Краткие сведения об истории развития гидрогенизационных процессов . . . . .	302
8.4.2. Химизм, термодинамика и кинетика реакций гидрогенолиза гетероорганических соединений сырья . . . . .	304
8.4.3. Катализаторы гидрогенизационных процессов и механизм их действия . . . . .	307
8.4.4. Основы управления гидрогенизационными процессами . . . . .	311
8.4.5. Промышленные процессы гидрооблагораживания дистиллятных фракций . . . . .	314
8.4.6. Процессы гидрооблагораживания нефтяных остатков . . . . .	320
8.5. Каталитические процессы гидрокрекинга нефтяного сырья . . . . .	323

8.5.1. Особенность химизма и механизма реакций гидрокрекинга. Катализаторы процесса . . . . .	324
8.5.2. Основные параметры процессов гидрокрекинга . . . . .	328
8.5.3. Гидрокрекинг бензиновых фракций . . . . .	330
8.5.4. Новые технологические процессы производства автобензинов с ограниченным содержанием бензола и олефинов . . . . .	331
8.5.5. Процессы селективного гидрокрекинга . . . . .	332
8.5.6. Гидродеароматизация керосиновых фракций . . . . .	334
8.5.7. Легкий гидрокрекинг вакуумного газойля . . . . .	336
8.5.8. Гидрокрекинг вакуумного дистиллята при 15 МПа . . . . .	338
8.5.9. Гидрокрекинг высоковязкого масляного сырья . . . . .	341
8.5.10. Гидрокрекинг остаточного сырья . . . . .	341
8.5.11. Некаталитические гидротермические процессы переработки тяжелых нефтяных остатков (гидровисбрекинг, гидропиролиз, дина-крекинг, донорно-сольвентный крекинг) . . . . .	343

## Глава 9

<b>Современное состояние и актуальные проблемы нефтепереработки . . . . .</b>	<b>346</b>
9.1. Краткая характеристика и классификация НПЗ . . . . .	346
9.2. Основные принципы проектирования НПЗ . . . . .	349
9.3. Основные принципы углубления переработки нефти и поточные схемы нефтеперерабатывающих заводов топливного профиля . . . . .	354
9.4. Современные проблемы технологии переработки нефтяных остатков в моторные топлива . . . . .	363
9.5. Проблемы экологизации технологии в нефтепереработке . . . . .	368
9.6. Основные тенденции и современные проблемы производства высококачественных моторных топлив . . . . .	374
9.7. Современное состояние и тенденции развития нефтеперерабатывающей промышленности мира и России . . . . .	386
Литература . . . . .	394

## Часть вторая

### ЭКОНОМИКА НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

## Глава 10

<b>Экономические проблемы повышения качества нефтепродуктов . . . . .</b>	<b>396</b>
10.1. Постановка проблемы оптимизации качества нефтепродуктов . . . . .	396
10.2. Теоретические предпосылки оптимизации качественных параметров нефтепродуктов . . . . .	400
10.3. Методы расчета интегрального показателя уровня качества нефтепродуктов и его оптимизационные возможности . . . . .	411

## Глава 11

<b>Основы оценки прогрессивности технологической структуры и анализ направлений структурно-технологического развития НПЗ</b> . . . . .	443
11.1. Прогрессивность технологической структуры в системе показателей технико-экономического уровня производства . . . . .	443
11.2. Методы оценки степени совершенства технологической структуры нефтеперерабатывающих предприятий и направления их структурно-технологического развития . . . . .	445

## Глава 12

<b>Оптимизация производительности технологических установок НПЗ</b> . . . . .	467
12.1. Производительность технологического оборудования в системе параметров экономического равновесия фирмы . . . . .	467
12.2. Критерии оптимизации суточной производительности технологических установок НПЗ . . . . .	476
12.3. Структура модели оптимизации производительности технологической установки . . . . .	481
12.4. Модель оптимизации суточной производительности установки первичной переработки нефти . . . . .	487
12.5. Особенности выбора оптимальной производительности установок в каталитических процессах . . . . .	501
12.6. Модель взаимосвязанной оптимизации производительности комплекса технологических установок НПЗ . . . . .	517

## Глава 13

<b>Экономические параметры рациональной стратегии технического совершенствования производства в нефтеперерабатывающей промышленности</b> . . . . .	524
13.1. Оптимальная норма реинвестирования прибыли . . . . .	524
13.2. Стратегия использования заемного капитала для финансирования долгосрочных программ технического совершенствования НПЗ . . . . .	542
13.3. Рациональный уровень капиталовооруженности труда на нефтеперерабатывающем предприятии . . . . .	554
Литература . . . . .	566
Приложения . . . . .	568

## Часть третья

### АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКИ

## Глава 14

<b>Общие сведения о современных системах управления технологическими процессами</b> . . . . .	576
14.1. Терминология и общие сведения об организации и структурах систем автоматизации . . . . .	576

14.2. Концепция построения АСУТП нефтедобычи, нефтепереработки и нефтехимии . . . . .	581
---	-----

## Глава 15

<b>Структурирование технологических процессов и задач управления</b> . . . . .	586
15.1. Классификация процессов как объектов управления . . . . .	586
15.2. Классификация задач управления технологическими процессами добычи и переработки нефти . . . . .	586
15.3. Режимы работы автоматизированного технологического комплекса . . . . .	590
15.4. Объем задач управления для некоторых процессов добычи и переработки нефти . . . . .	591
15.4.1. Задачи управления ректификационными колоннами . . . . .	592
15.4.2. Задачи управления установками алкилирования . . . . .	594
15.4.3. Компаундирование . . . . .	594
15.4.4. Каталитический риформинг . . . . .	595
15.4.5. Замедленное коксование . . . . .	595
15.4.6. Задачи управления при выгрузке кокса . . . . .	596
15.4.7. Задачи управления процессом депарафинизации . . . . .	596
15.4.8. Задачи управления процессами добычи нефти . . . . .	597
15.4.8.1. Задачи управления в системе поддержания пластового давления . . . . .	597
15.4.8.2. Задачи для УПН . . . . .	598
15.4.8.3. Задачи для управления скважинами . . . . .	598
15.5. Виды и структуры управляющих устройств и систем . . . . .	599

## Глава 16

<b>Разработка систем управления нижнего уровня</b> . . . . .	603
16.1. Одноконтурные автоматические системы регулирования . . . . .	603
16.2. Каскадные системы . . . . .	605
16.3. Комбинированные системы . . . . .	607
16.4. Многосвязные АСР . . . . .	609
16.5. Ситуационное управление . . . . .	627

## Глава 17

<b>Разработка систем управления второго уровня</b> . . . . .	637
17.1. Методы получения информации о показателях качества и технико-экономической эффективности . . . . .	637
17.2. Моделирование процессов для целей расчета ПК и ПТЭЭ . . . . .	639
17.2.1. Получение ситуационных моделей в статике . . . . .	641
17.2.2. Вопросы динамической коррекции . . . . .	649
17.2.3. Особенности оценки показателей качества при наличии неизмеряемых параметров . . . . .	654
17.2.4. Ситуационная оценка качества сырья ректификационных колонн . . . . .	657
17.3. Вопросы разработки ситуационных управляющих устройств (системы принятия решений) . . . . .	662

<b>Обеспечение безопасности автоматизированных технологических комплексов</b> . . . . .	671
18.1. Риски. Связь рисков с категориями взрывоопасности объекта и характеристиками надежности средств и систем автоматизации . .	672
18.2. Классификация паров и газовых смесей по взрывоопасности . . . . .	674
18.3. Методы обеспечения взрывозащиты и маркировка оборудования . . .	676
18.4. Основные положения нормативно-технической документации в области обеспечения безопасности взрывоопасных процессов . . . .	679
18.5. Диагностика неисправности технических средств и методы защиты от неисправностей . . . . .	681
18.5.1. Принципы организации технической диагностики . . . . .	682
18.5.2. Методы и алгоритмы диагностирования и защиты от внезапных отказов . . . . .	685
18.5.3. Диагностирование функциональных неисправностей . . . . .	687
18.5.3.1. Процедура диагностирования функциональной неисправности (отказы) информационно-измерительных каналов в системе управления вакуумной ректификационной колонной . . . . .	687
18.5.3.2. Алгоритм диагностирования исправности информационно-измерительных каналов автоматизированной системы оценки наличия нефти в буферных резервуарах . . . . .	690
18.6. Технические средства и вопросы реализации систем обеспечения безопасности . . . . .	694

<b>Предпосылки, задачи и методы разработки интеллектуальных средств и систем автоматизации</b> . . . . .	699
19.1. Способы представления знаний . . . . .	699
19.2. Основные задачи, решаемые производственными системами с искусственным интеллектом . . . . .	707
Литература . . . . .	708
Приложение 1 . . . . .	712
Приложение 2 . . . . .	731