

УДК 66.048.37

ББК 35.113

Л24

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор ИОНХ РАН (г. Москва)

Н. Н. Кулов;

доктор технических наук, профессор КНИТУ-КХТИ (г.Казань)

Э. Ш. Теляков

Научный редактор – доктор технических наук, профессор КГЭУ (г. Казань)

К. Х. Гильфанов

Л24 Лаптев А. Г., Фарахов М. И., Минеев Н. Г.

Основы расчета и модернизация тепломассообменных установок в нефтехимии: монография. – СПб.: Страта, 2015. – 576 с.

ISBN 978-5-906150-38-7

Рассмотрены теоретические основы моделирования и расчета при проектировании или модернизации промышленных установок разделения углеводородных смесей. Приводятся основные расчетные формулы гидравлических и тепломассообменных характеристик контактных устройств. Представлены конструкции тарельчатых и насадочных контактных устройств колонных аппаратов и методы расчета эффективности тепло- и массообменных процессов. Даны конструкции новых контактных устройств и результаты экспериментальных исследований гидравлических и массообменных характеристик. Показаны примеры модернизации промышленных ректификационных колонн, насадочных абсорберов и других тепломассообменных аппаратов, внедренных на предприятиях нефтехимии с энергосберегающим эффектом.

Монография предназначена для научных и инженерно-технических работников, проектировщиков тепломассообменных аппаратов. Может быть полезной преподавателям, аспирантам и студентам технических вузов.

УДК 66.048.37

ББК 35.113

ISBN 978-5-906150-38-7 © Лаптев А.Г., Фарахов М.И., Минеев Н.Г., 2015

© Дизайн обложки СТРАТА, 2015

© Казанский государственный
энергетический ун-т, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
----------------	---

ЧАСТЬ I. УСТРОЙСТВО И РАСЧЕТ АППАРАТОВ

ГЛАВА 1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ

1.1. Теоретические основы и проектирование аппаратов	9
1.2. Моделирование стационарных режимов работы сложных ректификационных колонн	36
1.3. Модель процессов переноса на барботажных тарелках	42
1.4. Модель процессов переноса в насадочных колоннах	62
1.5. Алгоритм потарелочного расчета сложной колонны	78
1.6. Метод потарелочного расчета массообменно-реакционного процесса в колонных аппаратах	84
Литература к первой главе	94

ГЛАВА 2. ТАРЕЛЬЧАТЫЕ КОНТАКТНЫЕ УСТРОЙСТВА

2.1. Основные виды массообменных тарелок	104
2.2. Конструкции тарелок	121
2.3. Выбор тарелок	143
2.4. Способ проведения процесса массообмена в циклическом режиме	147
2.5. Конструкции аппаратов с циклическим режимом	150
Литература ко второй главе	156

ГЛАВА 3. НАСАДОЧНЫЕ КОНТАКТНЫЕ УСТРОЙСТВА

3.1. Насадочные аппараты	161
3.2. Конструкции регулярных насадок	168
3.3. Конструкции неупорядоченных насадок	186
3.4. Распределители фаз и каплеуловители	198
3.5. Сравнение конструкций массообменных колонн	214
Литература к третьей главе	219

ГЛАВА 4. ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ И ТЕПЛОМАСООБМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВ

4.1. Гидравлическое сопротивление каналов с элементами интенсификации	225
4.2. Гидравлическое сопротивление барботажных тарелок	229
4.3. Перепад давления зернистого слоя	234
4.4. Пленочные аппараты	237
4.5. Основные подходы моделирования массо- и теплоотдачи	247
4.6. Формулы для расчета коэффициентов теплоотдачи	252
4.7. Расчет массообменных процессов	260
Литература к четвертой главе	268

ЧАСТЬ II. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ И МОДЕРНИЗАЦИЯ АППАРАТОВ

ГЛАВА 5. СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ И СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ

5.1. Общие принципы повышения эффективности и энергосбережения .	274
5.2. Методика эксергетического анализа объектов	279
5.3. Модернизация массообменных колонн	283
5.4. Способы и оптимизация процессов разделения веществ	286
5.5. Энергосбережение при разделении веществ	291
5.6. Энергосбережение за счет очистки газов и жидкостей	304
Литература к пятой главе	310

ГЛАВА 6. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ И МАССООБМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСАДОК «ИНЖЕХИМ»

6.1. Конструирование насадочных контактных устройств	317
6.2. Экспериментальное исследование гидравлических характеристик сегментной регулярной насадки	323
6.3. Результаты гидравлических исследований регулярной рулонной гофрированной насадки	332
6.4. Результаты экспериментальных исследований регулярной насадки IRG	338
6.5. Результаты экспериментальных исследований нерегулярных насадок «Инжехим»	344
6.6. Характеристики регулярной насадки ВІМ	357
6.7. Численные исследования регулярной насадки	361
6.8. Моделирование тепло- и массоотдачи в насадочных аппаратах	366
Литература к шестой главе	383

ГЛАВА 7. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛО-МАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ НА УСТАНОВКАХ ГАЗОРАЗДЕЛЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭТИЛЕНА

7.1. Модернизация узла охлаждения пирогаза	390
7.2. Модернизация колонн щелочной очистки пирогаза	398
7.3. Модернизация колонны дeметанизации	403
7.4. Энергосберегающая модернизация теплотехнологической схемы узла дeметанизации в производстве этилена	406
7.5. Выделение бензолосодержащей фракций из жидких продуктов пиролиза	409
Литература к седьмой главе	420

ГЛАВА 8. МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕКТИФИКАЦИОННЫХ И АБСОРБЦИОННЫХ КОЛОНН

8.1. Модернизация отпарной колонны углеводородного конденсата	423
8.2. Модернизация промышленных колонн разделения водногликолевой смеси	427

8.3. Повышение эффективности колонны очистки газовых сдувок в производстве полиэфиров	435
8.4. Энергосберегающая модернизация ректификационных колонн в производстве этаноламинов	437
8.5. Повышение эффективности колонны выделения фенола	444
8.6. Модернизация абсорбера очистки абгазов от кумола.	450
8.7. Снижение энергозатрат и модернизация установки разделения формальдегид-метанол-водной смеси	454
Литература к восьмой главе	460

ГЛАВА 9. МОДЕРНИЗАЦИЯ КОЛОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ВЫПУСКА НОВОЙ ПРОДУКЦИИ

9.1. Установка стабилизации	464
9.2. Использование колонны стабилизации в качестве деэтанизатора. .	468
9.3. Модернизация колонн стабилизации для разделения бутановой фракции.	471
9.4. Работа блоков БИИ, УПП и разделение бутановой фракции.	474
9.5. Применение колонн стабилизации для подготовки сырья каталитической изомеризации	478
9.6. Технология производства пропеллента на Сургутском заводе стабилизации конденсата	480
9.7. Исследование дебутанизатора и изопентановой колонны на газофракционирующей установке	487
9.8. Модернизация дебутанизатора и изопентановой колонны	503
Литература к девятой главе	508

ГЛАВА 10. МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ МОТОРНЫХ И КОТЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ

10.1. Описание технологической схемы установки	512
10.2. Проведенные варианты модернизации колонн УМТ (И–1, К–1, К–3).	517
10.3. Модернизация колонны К–1 установки моторных топлив для получения продукта топочного мазута марки 100 по ГОСТ 10585	524
10.4. Модернизация установки с использованием колонны К–4.	527
10.5. Разработка вакуумной колонны К–5 УМТ	533
10.6. Эскизная проработка станции утилизации ВЭР	561
Литература к десятой главе	568