

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Тюменский государственный нефтегазовый университет»

**Л. В. Таранова**

# **МАШИНЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**

*Учебное пособие*

Тюмень  
ТюмГНГУ  
2011

УДК 66.02 (075.8)  
ББК 35.11я73  
Т 19

Рецензенты:

доцент, кандидат технических наук А.В. Кузнецова

доцент, кандидат химических наук В.В. Шмидт

**Таранова, Л. В.**

Т 19      Машины и аппараты химических производств : учебное пособие /  
Л. В. Таранова. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. – 200 с.  
ISBN 978-5-9961-0317-1

В учебном пособии рассмотрены типовые конструкции наиболее распространенного оборудования химической технологии, в частности, нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических предприятий в соответствии с содержанием программы курса «Машины и аппараты химических производств».

Пособие предназначено для студентов специальностей: 240801 «Машины и аппараты химических производств» при изучении одноименной дисциплины и 240401 «Химическая технология органических веществ» при изучении дисциплин «Основы проектирования и оборудование предприятий органического синтеза» и «Процессы и аппараты химической технологии», а также при выполнении курсовых проектов и выпускных квалификационных работ. Пособие будет полезно студентам других родственных специальностей нефтегазового профиля при изучении оборудования технологических установок. При двухуровневой системе обучения пособие рекомендуется для бакалавров по направлениям: 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (профиль «Машины и аппараты химических производств») и 240100 «Химическая технология».

УДК 66.02 (075.8)  
ББК 35.11я73

ISBN 978-5-9961-0317-1

© Государственное образовательное  
учреждение высшего  
профессионального образования  
«Тюменский государственный  
нефтегазовый университет», 2011

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |     |
|---|-----|
| Введение.....   | 5   |
| 1. Классификация и назначение типовых аппаратов химической технологии.....          | 7   |
| 2. Оборудование для тепловых процессов.....   | 15  |
| 2.1. Теплообменные аппараты и их классификация.....                                 | 15  |
| 2.1.1. Аппараты с поверхностью теплообмена, выполненной из труб.....                | 17  |
| 2.2.1. Кожухотрубчатые теплообменники.....  | 17  |
| 2.2.2. Аппараты воздушного охлаждения (АВО).....                                    | 41  |
| 2.2.3. Теплообменники типа «труба в трубе» .....                                    | 44  |
| 2.2.4. Оросительные и погружные змеевиковые теплообменники.....                     | 46  |
| 2.3. Аппараты с поверхностью теплообмена, изготовленной из листового материала..... | 47  |
| 2.3.1. Пластинчатые теплообменники.....   | 47  |
| 2.3.2. Спиральные теплообменники.....   | 50  |
| 2.4. Трубчатые печи.....  | 53  |
| 2.4.1. Классификация трубчатых печей.....   | 54  |
| 2.4.2. Разновидности трубчатых печей.....   | 55  |
| 2.4.3. Основные элементы трубчатых печей.....                                       | 62  |
| 3. Оборудование для массообменных процессов.....                                    | 66  |
| 3.1. Колонные массообменные аппараты и их классификация                             | 66  |
| 3.2. Тарельчатые ректификационные колонны.....                                      | 69  |
| 3.2.1. Корпус колонн.....   | 69  |
| 3.2.2. Узлы ввода и вывода потоков.....   | 72  |
| 3.2.3. Контактные массообменные устройства (тарелки)                                | 74  |
| 3.2.4. Сепарационные устройства для разделения паро-(газо)жидкостных потоков.....   | 88  |
| 3.3. Насадочные массообменные колонные аппараты.....                                | 90  |
| 3.3.1. Виды насадок.....  | 91  |
| 3.3.2. Области применения насадок.....  | 97  |
| 3.3.3. Устройства для распределения жидкости и пара                                 | 98  |
| 3.4. Абсорберы.....   | 102 |
| 3.5. Адсорберы.....   | 106 |
| 3.6. Экстракционные аппараты.....   | 108 |
| 3.6.1. Колонные экстракторы.....  | 108 |
| 3.6.2. Центробежные экстракторы.....  | 114 |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| 3.7.     | Сушильные аппараты.....  | 117 |
| 3.7.1.   | Конвективные сушилки.....  | 117 |
| 3.7.2.   | Контактные (кондуктивные) сушилки.....                                   | 122 |
| 4.       | Оборудование для проведения химических процессов.....                    | 126 |
| 4.1.     | Классификация химических процессов и реакционных аппаратов.....          | 127 |
| 4.2.     | Реакционные аппараты для жидкофазных процессов.....                      | 129 |
| 4.3.     | Аппараты для проведения газовых реакций.....                             | 138 |
| 4.4.     | Аппараты для гетерогенных реакций.....                                   | 138 |
| 4.4.1.   | Разновидности аппаратов для газожидкостных реакций.....                  | 139 |
| 4.4.2.   | Аппараты для проведения газовых реакций на твердом катализаторе.....     | 142 |
| 4.4.2.1. | Реакторы с неподвижным слоем катализатора.....                           | 144 |
| 4.4.2.2. | Аппараты с псевдоожиженным и движущимся слоем катализатора.....          | 153 |
| 5.       | Оборудование для разделения неоднородных систем.....                     | 162 |
| 5.1.     | Фильтрация.....  | 163 |
| 5.1.1.   | Фильтры, работающие под давлением.....                                   | 164 |
| 5.1.2.   | Вакуум-фильтры.....  | 166 |
| 5.1.3.   | Фильтры для газов.....   | 172 |
| 5.2.     | Осаждение под действием гравитационных сил.....                          | 172 |
| 5.2.1.   | Отстойники.....  | 173 |
| 5.2.2.   | Сепараторы.....  | 176 |
| 5.3.     | Разделение в поле центробежных сил.....                                  | 180 |
| 5.3.1.   | Центрифуги.....  | 180 |
| 5.3.2.   | Циклоны.....   | 185 |
| 5.4.     | Разделение неоднородных систем с использованием электрических полей..... | 188 |
|          | Список литературы .....  | 195 |
|          | Приложение.....  | 197 |

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных дисциплин, завершающих подготовку студентов специальности «Машины и аппараты химических производств», является дисциплина «Машины и аппараты химических производств», предназначенная для изучения конструкций, условий работы и методов расчета основного оборудования химических производств, в частности, нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических предприятий.

Предусмотренный программой курса материал базируется на знаниях и навыках, полученных студентами при изучении таких дисциплин как «Процессы и аппараты химической технологии» и «Конструирование и расчет элементов оборудования».

Основными задачами дисциплины являются:

- изучение конструкций и методов расчета основных групп оборудования отрасли и их разновидностей с учетом протекающих в аппаратах процессов;
- обучение студентов квалифицированно подходить к выбору оборудования для реализации конкретных проектов, грамотно подходить к расчету и обслуживанию оборудования с учетом протекающих процессов и параметров работы;
- научить студентов решать конкретные практические задачи в области проектирования и эксплуатации машин и аппаратов.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: основное оборудование, используемое в нефтегазопереработке, нефтехимии и других химических производствах, и методы его расчета;

Уметь: обоснованно производить выбор типа аппаратов и их внутренних элементов, базируясь на знании протекающих в аппаратах процессов; выполнять расчеты типового оборудования; уметь работать со справочной литературой; знать предприятия-производители оборудования, применять полученные знания на практике;

Демонстрировать способность и готовность: анализировать конструкции аппаратов с обоснованным выбором предпочтительного варианта, разрабатывать и рассчитывать оборудование.

В настоящем учебном пособии рассмотрена классификация процессов и аппаратов химической технологии; приведены типовые конструкции наиболее распространенного оборудования химической технологии применительно к программе курса «Машины и аппараты химических производств». Пособие рекомендуется для студентов специальности «Машины и аппараты химических производств» при изучении одноименной дисциплины и «Химическая технология органических веществ» при изучении дисциплин «Процессы и аппараты химической технологии» и «Основы проектирования и оборудование

предприятий органического синтеза», а также при выполнении курсовых проектов и выпускных квалификационных работ.

Пособие может быть полезно для студентов технологических специальностей химического профиля и других родственных специальностей нефтегазового профиля при изучении оборудования технологических установок.

При двухуровневой системе обучения пособие рекомендуется для бакалавров по направлениям: 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (профиль «Машины и аппараты химических производств») и 240100 «Химическая технология» (профили: «Химическая технология органических веществ» и «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»).