

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Казанский государственный технологический университет»

*Н.Н. Зиятдинов, Т.В. Лаптева, Д.А. Рыжов, Н.Ю. Богула*

***СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ  
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ CHEMCAD***

Учебно-методическое пособие

Казань  
КГТУ  
2009

УДК 66.004

**Зиятдинов Н.Н.**

**Системный анализ химико-технологических процессов с использованием программы ChemCad:** учебно-методическое пособие / Н.Н. Зиятдинов, Т.В. Лаптева, Д.А. Рыжов, Н.Ю. Богула. – Казань : Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. – 212 с.

ISBN 978-5-7882-0806-0

В пособии приведены основные определения, используемые при анализе и синтезе химико-технологических систем. Даны формализованные постановки задач анализа, оптимизации и синтеза химико-технологических систем. Изложены сведения о подходах к решению перечисленных задач с использованием моделирующей программы ChemCad. Описаны этапы моделирования и приемы работы с программой. Излагаемый материал сопровождается вопросами для самопроверки и упражнениями для его усвоения.

Предназначено для студентов всех форм обучения, изучающих дисциплины «Системный анализ ХТП и систем» специальности 240803, «Анализ ХТП с применением моделирующих программ» специальности 220301.65, «Применение ЭВМ в инженерных расчетах» направления 240400, а также магистрантов, аспирантов, слушателей курсов повышения квалификации, преподавателей и сотрудников, желающих освоить методику работы с моделирующими программами.

Подготовлено на кафедре системотехники.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского государственного технологического университета.

Рецензенты                    проф. А.Г. Лаптев  
                                      проф. В.Н. Шарифуллин

ISBN 978-5-7882-0806-0

©Зиятдинов Н.Н., Лаптева Т.В.,  
Рыжов Д.А., Богула Н.Ю., 2009  
©Казанский государственный  
технологический университет, 2009

## Содержание

Введение .....	6
1. Основные сведения о подходах к исследованию и проектированию ХТС .....	9
1.1. Эффективность функционирования ХТС, свойства ХТС.....	9
1.2. Понятие о моделируемой схеме .....	11
1.3. Формализованная постановка задач расчета и оптимизации и ХТС .....	12
1.3.1. Математическая модель ХТС .....	12
1.3.2. Постановки задач расчета ХТС .....	13
1.3.3. Постановка задачи оптимизации ХТС.....	15
1.3.4. Постановки задачи оптимального синтеза ХТС .....	16
1.4. Расчет ХТС .....	16
1.4.1. Структурный анализ ХТС.....	16
1.4.2. Методы расчета комплекса.....	18
1.5. Оптимизация ХТС .....	20
1.6. Оптимальный синтез ХТС .....	27
1.7. Вопросы для самопроверки .....	30
2. Общие сведения о моделирующей программе ChemCad .....	32
2.1. Загрузка и завершение работы с программой ChemCad .....	33
2.2. Использование справочной системы ChemCad .....	34
2.3. Структура рабочего окна ChemCad .....	34
3. Моделирование технологического процесса .....	36
3.1. Создание нового файла технологической схемы.....	36
3.2. Выбор технических размерностей .....	37
3.3. Упражнение. Создание нового задания.....	39
3.4. Выбор компонентов.....	42
3.5. Упражнение. Выбор компонентов .....	44
3.6. Выбор термодинамических моделей .....	44
3.7. Упражнение. Выбор моделей расчета термодинамических свойств смеси.....	52
3.8. Построение технологической схемы .....	53
3.9. Упражнение. Размещение пиктограмм технологической схемы .....	56
3.10. Изображение потоков на технологической схеме .....	57

3.11. Упражнение. Соединение пиктограмм технологической схемы .....	58
3.12. Задание параметров потоков питания и разрываемых потоков.....	58
3.13. Упражнение. Задание параметров потоков питания .....	60
3.14. Ввод параметров оборудования .....	60
3.15. Упражнение. Ввод спецификаций аппаратов технологической схемы .....	95
3.16. Выбор параметров сходимости для расчета схем с рециклами .....	99
3.17. Упражнение. Задание параметров сходимости.....	102
3.18. Запуск программы моделирования .....	103
3.19. Упражнение. Моделирование технологической схемы .....	104
3.20. Вопросы для самопроверки .....	105
4. Интерактивный просмотр результатов.....	106
4.1. Просмотр с помощью меню Results (Результаты) .....	106
4.2. Просмотр результатов с помощью меню Plot (График).....	109
4.3. Упражнение. Просмотр результатов расчета.....	121
4.4. Составление отчета.....	122
4.5. Упражнение. Формирование отчета .....	130
4.6. Вопросы для самопроверки .....	131
5. Исследование чувствительности .....	132
5.1. Формирование анализа чувствительности .....	132
5.2. Выполнение анализа чувствительности .....	134
5.3. Просмотр результатов анализа чувствительности .....	134
5.4. Упражнение. Исследование чувствительности технологической схемы .....	136
5.5. Вопросы для самопроверки .....	138
6. Использование контроллеров.....	139
6.1. Контроллер прямого присвоения значения переменной технологической схемы .....	141
6.2. Контроллер подбора значения переменной технологической схемы .....	142
6.3. Упражнение. Контроллер прямого присвоения значения переменной .....	144
6.4. Упражнение. Контроллер подбора значения переменной .....	146
6.5. Упражнение. Контроллер подбора значения переменной .....	147

6.6. Упражнение. Моделирование ректификационной колонны для разделения пропан-пропиленовой фракции .....	150
6.7. Упражнение. Моделирование установки получения водно-гликолевого раствора гидратацией оксида этилена .....	155
6.8. Вопросы для самопроверки .....	162
7. Оптимизация стационарных режимов процессов.....	163
7.1. Задание критерия оптимальности .....	165
7.2. Поисковые переменные.....	166
7.3. Ограничения на зависимые переменные процесса.....	168
7.4. Настройка метода решения задачи оптимизации .....	169
7.5. Решение задачи оптимизации.....	170
7.6. Упражнение. Оптимизация режима работы пропан-пропиленовой колонны .....	171
7.7. Вопросы для самопроверки .....	178
Библиографический список .....	179
<u>Приложения</u> .....	180
Приложение 1. Описание панели инструментов рабочего окна ChemCad .....	180
Приложение 2. Описание элементов палитры моделей оборудования Main Palette .....	183
Приложение 3. Рекомендации по использованию моделей расчета констант фазового равновесия и моделей расчета энтальпии .....	191
Приложение 4. Контрольные задания по моделированию колонны для разделения изобутан-бутановой фракции .....	194