

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Химический факультет

Кафедра органической химии

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ В.П. Гарькин  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2006 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

(блок «Общепрофессиональные дисциплины»; раздел «Федеральный компонент»;  
основная образовательная программа специальности 020101 Химия)

Самара  
2006

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования специальности 020101 Химия, утвержденного 10.03.2000 года (номер государственной регистрации 127 ЕН/СП) и типовой (примерной) программы дисциплины «**Химическая технология**», одобренной Советом по химии УМО по классическому университетскому образованию 29.10.2002 года

**Составители рабочей программы:** к.х.н., доцент В. П. Гарькин, к.х.н., доцент И. И. Журавлева, к.х.н., доцент З. П. Белоусова

**Рецензент:** к.х.н., доцент В.П. Зайцев

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры органической химии

(протокол № 1 от «31» августа 2006 г.)

Заведующий кафедрой

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2006 г. \_\_\_\_\_ П.П. Пурьгин

СОГЛАСОВАНО

Декан

факультета

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2006 г. \_\_\_\_\_ С.В. Курбатова

СОГЛАСОВАНО

Начальник

методического отдела

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2006 г. \_\_\_\_\_ Н.В. Соловова

ОДОБРЕНО

Председатель

методической

комиссии факультета

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2006 г. \_\_\_\_\_ И.В. Лобачева

**1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе, требования к уровню освоения содержания дисциплины**

**1.1. Цели и задачи изучения дисциплины**

**Цель дисциплины** – изучение теоретических закономерностей основных процессов химической технологии, знакомство с теорией химических реакторов и общими принципами разработки химико-технологических процессов на основе системного подхода

**Задачи дисциплины:**

- раскрыть роль процессов переноса импульса, тепла и массы в решении проблемы интенсификации химико-технологических процессов
- рассмотреть основные примеры термодинамических расчетов химико-технологических процессов и использования законов химической кинетики при выборе технологического режима и моделировании этих процессов
- проанализировать общие принципы построения моделей процессов и аппаратов химической технологии, установить границы применимости этих моделей
- показать перспективность новой технологической идеологии, основанной на системном подходе, рассматривающем в единстве физико-химический, физико-математический, инженерно-технический, экономический, экологический и социальные аспекты организации производства

## **1.2. Требования к уровню подготовки студента, завершившего изучение данной дисциплины:**

Студенты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:

### **Иметь представление:**

- о многоуровневом и многокритериальном характере задач создания новых технологий
- о необходимости привлечения в процессе экспертизы технологических решений универсальных критериев, вытекающих из фундаментальных законов природы

### **Знать:**

- базовую терминологию, относящуюся к основным процессам и аппаратам химической технологии
- основные понятия и законы гидродинамики, процессов тепло- и массообмена
- основные технологические критерии эффективности химико-технологического процесса и их математическое выражение
- структуру математической модели химического реактора и приемы ее упрощения
- основные положения математической теории эксперимента.

### **Уметь:**

- работать со справочной литературой (таблицами, расчетными диаграммами и номограммами), предназначенной для решения инженерных задач
- производить расчет термодинамических и кинетических характеристик типовых процессов химической технологии
- решать задачи по расчету параметров технологического режима и определяющих размеров основных аппаратов химической технологии
- моделировать химико-технологические процессы с целью их расчета и оптимизации

## **1.3. Связь с предшествующими дисциплинами**

Курс химической технологии базируется на знании обучаемым основных положений физики (разделы – механика и молекулярная физика), неорганической, органической и физической химии, его владении навыками дифференциального и интегрального исчисления.

### 1.3. Связь с последующими дисциплинами:

Понятия и подходы, введенные в курс химической технологии будут использоваться в курсах «Техногенные системы и экологический риск», «Высокомолекулярные соединения», при составлении отчетов по химико-технологической практике.

## 2. Содержание дисциплины

### 2.1. Объем дисциплины и виды учебной работы (в часах)

Дневная форма обучения, 7-й семестр - зачет, 8-й семестр – экзамен

Вид учебных занятий	Количество часов	
	7 семестр	8 семестр
<i>Всего часов аудиторных занятий</i>	50	70
Лекции	20	20
Семинары	16	20
Лабораторные занятия	14	30
<i>Всего часов самостоятельной работы</i>	50	50
Подготовка к отчетам по лабораторным работам	20	20
Решение задач	30	-
Подготовка к экзамену	-	30
<i>Всего часов по дисциплине</i>	100	120

### 2.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Название раздела дисциплины	Количество часов		
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы
1	Введение	2	-	2
2	Гидромеханические процессы	8	4	6
3	Тепловые процессы	6	4	-
4	Массообменные процессы	4	4	6
5	Химико-технологические процессы	8	6	16
6	Химические реакторы	8	4	-
7	Моделирование и оптимизация	4	6	14
8	Контрольные работы		8	
	<i>Итого:</i>	40	36	44

## 2.3. Лекционный курс

### ВВЕДЕНИЕ

Состояние и тенденции развития химической промышленности, ее сырьевые и экологические проблемы. Области и направления приоритетных исследований в химии и химической технологии.

Технология механическая, химическая и биологическая. Основные процессы химической технологии. Методика расчетов процессов и аппаратов химической технологии.

### ТЕМА 1. ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Основы гидравлики. Физические свойства жидкостей. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики и его практическое значение.

Основные характеристики движения жидкости. Установившийся и неустановившийся потоки. Субстанциональная производная. Режим движения жидкости. Распределение скоростей и расход жидкости при установившемся ламинарном потоке. Уравнение неразрывности потока. Дифференциальные уравнения движения Эйлера. Уравнение Бернулли и его практическое значение. Дифференциальные уравнения движения Навье-Стокса.

Основы теории подобия. Условия и теоремы подобия. Метод анализа размерности. Гидродинамическое подобие. Подобное преобразование уравнений Навье-Стокса. Критерии гидродинамического подобия.

Гидравлические сопротивления в трубопроводах. Сопротивление трения. Местные сопротивления. Движение тел в вязких жидкостях. Сопротивление движению тел в вязких жидкостях. Осаждение частиц под действием силы тяжести. Движение жидкостей через неподвижные зернистые и пористые слои. Гидравлика кипящего (псевдооживленного) зернистого слоя.

### ТЕМА 2. ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

Виды передачи тепла. Тепловые балансы. Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Уравнение теплопроводности плоской и цилиндрической стенки.

Конвективный теплообмен. Закон охлаждения Ньютона. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена Фурье-Кирхгофа. Критерии теплового подобия.

Теплопередача при постоянных температурах теплоносителя (плоская и цилиндрическая стенки). Теплопередача при переменных температурах теплоносителей. Уравнение теплопередачи (при прямотоке и противотоке теплоносителей). Выбор взаимного направления движения теплоносителей.

Тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Теплообмен лучеиспусканием между телами. Совместная передача тепла конвекцией и лучеиспусканием.

### ТЕМА 3. МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Виды процессов массопередачи. Способы выражения состава фаз. Фазовое равновесие. Материальный баланс процессов массопередачи. Рабочие линии. Молекулярная диффузия и конвективный перенос. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.

Механизм процессов массопереноса. Уравнение массоотдачи. Подобие процессов массообмена. Диффузионные критерии подобия. Уравнение массопередачи. Зависимость

между коэффициентами массопередачи и массоотдачи. Средняя движущая сила процессов массопередачи и методы ее расчета.

#### ТЕМА 4. ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Понятие о химико-технологическом процессе. Классификация химико-технологических процессов. Стехиометрия химических реакций. Технологические критерии эффективности химико-технологического процесса.

Термодинамические расчеты химико-технологических процессов. Расчет равновесия по термодинамическим данным. Оценка энергетической эффективности химико-технологических процессов. Методы синергетики в химической технологии.

Использование законов химической кинетики при выборе технологического режима и моделировании технологических процессов. Формальная кинетика. Кинетические уравнения. Способы изменения скорости простых и сложных реакций.

Гетерогенные процессы. Макрокинетика. Диффузионное торможение. Гетерогенно-каталитические процессы.

#### ТЕМА 5. ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ

Уровни анализа, описания и расчета химических процессов, протекающих в химических реакторах. Структура математической модели химического реактора. Уравнение материального баланса реактора. Классификация химических реакторов и режимов их работы.

Химические реакторы с идеальной структурой потока в изотермическом режиме. Реактор идеального смешения (периодический и проточный). Реактор идеального вытеснения. Сравнение эффективности проточных реакторов идеального смешения и идеального вытеснения. Каскад реакторов идеального смешения.

Химические реакторы с неидеальной структурой потоков. Распределение времени пребывания в проточных реакторах.

Теплоперенос в химических реакторах. Уравнение теплового баланса реактора. Тепловые режимы химических реакторов: изотермический, адиабатический, промежуточный (политермический, политропический). Устойчивость теплового режима работы реактора. Параметрическая чувствительность. Оптимальный температурный режим и способы его осуществления.

#### ТЕМА. 6. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ

Моделирование и модели. Способы моделирования. Понятие системы. Математическое описание системы и подходы к его созданию. Формулирование задачи оптимизации и методы ее решения. Классификация химико-технологических процессов с точки зрения постановки задачи оптимизации. Экономические критерии оптимальности. Энерготехнологии.

Математическая теория эксперимента. Пассивный и активный эксперимент. Предварительная обработка опытных данных. Планирование эксперимента. Оптимальные планы первого порядка. Полный и дробный факторный эксперимент. Композиционные планы второго порядка. Экспериментальный поиск оптимума.

#### 2.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Номер темы	Количество часов	Тема практического занятия
-------	------------	------------------	----------------------------

1	2	2	Ошибки вычислений. Физические свойства жидкостей
2	2	2	Гидродинамическое подобие. Расчет гидравлического сопротивления сети трубопроводов
3	3	2	Тепловые балансы. Передача тепла теплопроводностью. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенки
4	3	2	Тепловое подобие. Теплоотдача. Теплопередача
5	3	2	Контрольная работа №1. Расчет теплообменника
6	4	2	Способы выражения состава фаз. Фазовые диаграммы. Рабочие линии. Массоотдача.
7	4	2	Уравнение массопередачи. Зависимость между коэффициентами массопередачи и массоотдачи. Средняя движущая сила процессов массопередачи и методы ее расчета
8	4	2	Контрольная работа №2. Расчет основных размеров массообменных аппаратов
9	5	2	Стехиометрия химических реакций
10	5	2	Расчет технологических критериев эффективности химико-технологического процесса
11	5	2	Формальная кинетика. Кинетические уравнения.
12	5	2	Контрольная №3. Материальные расчеты химико-технологических процессов
13	6	2	Химические реакторы с идеальной структурой потока в изотермическом режиме. Сравнение эффективности проточных реакторов идеального смешения и идеального вытеснения. Каскад реакторов идеального смешения
14	6	2	Тепловые режимы химических реакторов: изотермический, адиабатический, промежуточный (политермический, политропический).
15	6	2	Контрольная работа №4. Расчет параметров оптимального температурного режима работы химического реактора
16	7	2	Предварительная обработка опытных данных.
17	7	2	Планирование эксперимента. Оптимальные планы первого порядка
18	7	2	Композиционные планы второго порядка. Экспериментальный поиск оптимума

## 2.5. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер темы	Количество часов	Названия лабораторных работ
1	1	2	Ошибки прямых и косвенных измерений
2	2	6	Изучение гидравлики псевдооживленного слоя
3	4	6	Ректификация смеси н-гептан – толуол

4	5	16	Карбонизация аммиачно-солевого раствора (2 занятия)
5	5, 7	14	Этерификация стеариновой (пальмитиновой) кислоты этиленгликолем (2 занятия)

### 3. Организация текущего и промежуточного контроля знаний

#### 3.1. Контрольные работы

Тематика контрольных работ	Сроки проведения	Темы дисциплины
Гидромеханические процессы. Тепловые процессы	5-е практическое занятие, 8-я лекция	2, 3
Массообменные процессы	8-е практическое занятие, 10-я лекция	4
Химико-технологические процессы	12-е практическое занятие, 14-я лекция	5
Химические реакторы	15-е практическое занятие, 18-я лекция	6

#### 3.2. Контроль знаний с использованием тестовых заданий

Тематика тестовых заданий	Сроки проведения	Темы дисциплины
Производство соды	4-е лабораторное занятие, 12-я лекция	5
Моделирование, оптимизация, планирование эксперимента	6-е лабораторное занятие, 20-я лекция	7

#### 3.3. Самостоятельная работа

##### 3.3.1. Поддержка самостоятельной работы

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: Химия, 2004.

2. Смирнов Н.Н., Волжинский А.И. Химические реакторы в примерах и задачах. Л.: Химия, 1986.

3. Гарькин В.П. Методические указания к решению задач по теме "Химические реакторы". Самара: Универс-групп, 2005.

4. Гарькин В.П. Планирование эксперимента. Самара: Универс-групп, 2005. (*Задания для самостоятельной работы*).

5. Белоусова З.П., Гарькин В.П. Химическая технология: методические указания к лабораторным работам. Самара: Универс-групп, 2005.

##### 3.3.2. Тематика рефератов

Написание рефератов не предусмотрено.

#### 3.4. Курсовая работа, её характеристика; примерная тематика

Курсовая работа не предусмотрена.

#### 3.5. Вид и содержание аттестации по курсу

Аттестация по курсу проводится в виде зачета в 7 семестре и в виде экзамена в в 8 семестре. Зачет ставится на основании результата отчёта по лабораторным работам, а также положительных результатов выполнения контрольных работ №1 и №2. Допуск к экзамену осуществляется на основании результата отчёта по лабораторным работам, выполняемым в 8 семестре. Экзаменационная оценка ставится на основании письменного и устного ответов по экзаменационному билету, содержащему расчетные задания по темам 5, 6 и 7. Положительные результаты выполнения контрольных работ №3 и №4 по желанию студента учитываются при выставлении экзаменационной оценки.

#### **4. Технические средства обучения и контроля, использование ЭВМ**

- Компьютерный класс, используемый при проведении тестирования знаний студентов перед выполнением лабораторных работ 8 семестра
- «РЕКТ» - программа-симулятор процесса периодической ректификации бинарной смеси н-гептан - толуол (*автор Гарькин В.П., Quick Basic Compiler 4.5*)
- «SODA» - программа, содержащая тестирующий и расчетный модули (*автор Гарькин В.П., Quick Basic Compiler 4.5*)
- «MODEL» - программа, содержащая тестирующий и расчетный модули (*автор Гарькин В.П., Quick Basic Compiler 4.5*)

#### **5. Активные методы обучения (деловые игры, научные проекты)**

- Выполнение лабораторных работ с элементами исследования.
- Решение задач исследовательского характера на практических занятиях.

#### **6. Материальное обеспечение дисциплины**

Оборудование для выполнения лабораторных работ:

- лабораторная установка для изучения гидравлики псевдооживленного слоя;
- лабораторная установка для периодической ректификации бинарной смеси;
- рефрактометр ИРФ-454Б2М;
- лабораторная установка для проведения карбонизации аммиачно-солевого раствора;
- баллон со сжиженным углекислым газом;
- титриметрическая установка Т-108;
- электронные весы CAS MW 150Г;
- аналитические весы ВЛР-200г-М;
- лабораторный реактор (смешения, периодический, изотермический).

#### **7. Литература**

##### **7.1. Основная (одновременно изучают дисциплину 100 человек).**

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 2004. (73 экземпляра 2004 года издания, 15 экземпляров 1973 года издания)
2. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. (*гриф Минобразования; 125 экземпляров*)

##### **7.2. Дополнительная**

1. Закгейм А.Ю. и др. Введение в моделирование химико-технологических процессов. М.: Химия, 1982.
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: Химия, 2004.
3. Смирнов Н.Н., Волжинский А.И. Химические реакторы в примерах и задачах. Л.: Химия, 1986.

### **7.3. Учебно-методические материалы по дисциплине**

1. Гарькин В.П. Методические указания к решению задач по теме "Химические реакторы". Самара: Универс-групп, 2005.
2. Гарькин В.П. Планирование эксперимента. Самара: Универс-групп, 2005. (*Задания для самостоятельной работы*).
3. Белоусова З.П., Гарькин В.П. Химическая технология: методические указания к лабораторным работам. Самара: Универс-групп, 2005.