



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального  
образования  
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ:

Декан химико-технологического факультета

Погребенков В. М.

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2009 г.

**ПРИНЦИПЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ХИМИКО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

(название дисциплины)

Рабочая программа для специальности:

**240802 – Основные процессы химических производств и химическая  
кибернетика**

Факультет Химико-технологический (ХТФ)

Обеспечивающая кафедра Химической технологии топлива

Курс 5

Семестр 9

Учебный план набора 2004 года с изменениями \_\_\_\_\_ года

Распределение учебного времени

Лекции	36	часов(ауд.)
Лабораторные занятия	36	часов(ауд.)
<b>Всего аудиторных занятий</b>	<b>72</b>	<b>часов</b>
Самостоятельная (внеаудиторная) работа	90	часов
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>162</b>	<b>часа</b>
Экзамен в 9 семестре		



Предисловие

1 Рабочая программа составлена на основе ГОС по направлению 655400 – «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», специальности 251800 – «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика», утвержденного 1.09.1999 г. и Образовательного стандарта Томского политехнического университета  
РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании обеспечивающей кафедры ХТТ 31.08.09 протокол № 103.

2 Разработчик

доцент кафедры ХТТ \_\_\_\_\_ М.А. Самборская

3. Зав. обеспечивающей кафедрой ХТТ А.В. Кравцов

4 Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом; СООТВЕТСТВУЕТ действующему плану.

Зав. выпускающей кафедрой ХТТ \_\_\_\_\_ А.В. Кравцов

**Аннотация  
ПРИНЦИПЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Каф. ХТТ ХТФ**

**Доцент, к.т.н. Самборская Марина Анатольевна**

Тел.(3822) 563443, E-mail: [sma@tpu.ru](mailto:sma@tpu.ru)

*Цель:* формирование у обучающихся знаний и умений в области теории и практики моделирования и расчета сложных химико-технологических систем.

*Содержание:* основные методы и принципы построения математических моделей химико-технологических систем, методы расчета материальных и тепловых балансов сложных схем, методы оптимального синтеза конструкций аппаратов и оптимальной структуры химико-технологических систем.

Курс 5 (9 сем. – экзамен)

Всего 162ч., в т.ч. Лк – 36ч., Лб – 36ч.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цели преподавания дисциплины:** знание методологических основ и прикладного математического аппарата, позволяющего выполнять анализ разомкнутых и замкнутых химико-технологических систем (матричные методы, основы теории графов, алгебра логики); приобретение навыков формирования операторных схем и построения топологических моделей технологических систем, овладение методами расчета материальных и тепловых балансов сложных схем, методами оптимального синтеза конструкций аппаратов и оптимальной структуры химико-технологических систем.

**Задачи изложения и изучения дисциплины:** указанные цели достигаются организацией теоретической (лекции), практической (лабораторные и практические занятия) и самостоятельной (внеаудиторной) работы студентов. На лекциях излагаются теоретические основы дисциплины, подходы и методы решения исследовательских и технических (технологических) проблем, приводятся примеры их применения. На практических и лабораторных занятиях студенты осваивают методы решения проблем с использованием персональных компьютеров, стандартного программного обеспечения, методических и программных продуктов, разработанных на кафедре. Самостоятельная работа прививает навыки поиска, сбора и анализа научно-исследовательской информации, патентного поиска, обоснования и принятия оптимальных решений. Она заключается в подготовке к лекциям и практическим занятиям, в работе с литературой в научно-технической библиотеке, написании тематических обзоров и выполнении самостоятельных практических (расчетных) заданий.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Наименование тем лекций (36 часов).

**Введение:** Цели и задачи изучения дисциплины, характеристика изучаемых объектов, основная и дополнительная литература. -1 час.

**Типовые задачи системотехники химических производств:** Классификация химико-технологических систем (ХТС) по структуре и типу функционирования. Иерархические уровни ХТС. Типовые задачи математического моделирования ХТС: анализ, синтез, оптимизация. Модели ХТС. Технологические операторы и технологические связи. Операторные схемы. Классификация рециклов, коэффициент рециркуляции, коэффициент отношения рециркуляции. – 4ч.

**Расчет материально-энергетических балансов ХТС.** Основные способы постановки задачи расчета материальных и тепловых балансов (МТБ) ХТС. Итерационные методы расчёта ХТС. Матричные методы расчета балансов. Классификация параметров, описывающих функционирование ХТС, операционные матрицы, матричная модель ХТС, методы поиска эквивалентной матрицы преобразования. -8ч.

**Топологические методы анализа ХТС.** Основные положения теории графов. Матричное представление графов. Цикломатическая матрица. Дерево графа. Представление структуры ХТС с помощью графа. Поточковые графы, информационные графы, сигнальные графы. Циклические поточковые графы (ЦПГ). Построение ЦПГ (ХТС), расчет материально-энергетических балансов с использованием ЦПГ. Матрица смежности, список смежности, А- и В-таблицы связей: использование для определения последовательности расчета элементов разомкнутой ХТС. Структурный анализ замкнутых ХТС. Поиск комплексов на основе Р и S – матриц. Определение контуров, входящих в комплексы. Контурность и параметричность дуг. Определение оптимального разрываемого множества дуг (ОРМД) поэтапным анализом матрицы контуров при одинаковой и различной параметричности дуг. Определение ОРМД при различной параметричности дуг Т-алгоритмом. Определение окончательной последовательности расчета ХТС. -10ч.

**Методы оптимизации химико-технологических систем:** Основные особенности оптимизации: требование целочисленности параметров, противоречивость целевых функций, неопределенность параметров. Элементы булевой алгебры: переменные, основные операции, аксиомы и основные законы. Нормальные формы логической функции: алгоритм получения. Алгоритм выбора оптимальных конструкций аппаратов с использованием булевой алгебры.-4ч.

**Синтез ХТС:** Постановка задач синтеза, типовые задачи синтеза. Эвристики для синтеза ОСТО и ОСРС. Синтез оптимальной схемы теплообмена.-4ч.

**Надежность ХТС:** Определения работоспособности, отказа и надежности ХТС. Формирование множества заданных параметров. Вероятность работоспособности. Алгоритм метода экспертизы работоспособности. Расчет надежности при известных значениях надежности отдельных аппаратов.-5ч.

### **3. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.**

#### **3.1. Перечень лабораторных работ (всего 36 часов).**

- 3.1.1. Расчет балансов процессов и систем - 4ч.
- 3.1.2. Расчет материальных балансов ХТС матричным методом – 8ч.
- 3.1.3. Расчет материальных и тепловых балансов ХТС с использованием потоковых графов 8ч.
- 3.1.4. Поиск комплексов, ОРМД и ВПРС замкнутых ХТС.- 8ч.
- 3.1.5. Расчет надежности ХТС -8ч.

#### **4. ПРОГРАММА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ВСЕГО - 90 ЧАСОВ).**

- 4.1. Подготовка к лекциям -18ч.
- 4.2. Подготовка к лабораторным занятиям – 36ч.
- 4.3. Самостоятельная проработка материала:
  - 4.3.1. Операции с матрицами -2ч.
  - 4.3.2. Использование эвристик и нечетких множеств в синтезе ХТС – 10ч.
  - 4.3.3. Метод структурных параметров в формировании оптимальных энерготехнологических схем - 8ч.
  - 4.3.4. Эволюционные методы синтеза оптимальных энерготехнологических схем-8ч.
- 4.4. Выполнение домашних заданий:
  - 4.4.1. Матричные методы расчёта материальных и тепловых балансов ХТС. -2ч.
  - 4.4.2. Построение операторной схемы ХТС.- 2ч.
  - 4.4.3. Построение тепловых и материальных потоковых графов ХТС. Топологический метод анализа.-2ч.
  - 4.4.4. Построение ВПРС для РХТС. - 2ч.

### **5. ТЕКУЩИЙ И ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.**

Итоговый контроль осуществляется посредством экзамена.

Текущий контроль осуществляется проставлением текущего рейтинга по итогам выполнения самостоятельной, практических и лабораторных работ.

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

### Основная литература

- 6.1 Демиденко Н.Д.  
Моделирование и оптимизация в химической технологии. – М.:Наука, 1991-324с.
- 6.2 Расчеты химико-технологических процессов/ Под. ред. И.П. Мухленова.-Л.:Химия, 1982-247с.
- 6.3 Кафаров В.В., Глебов М.Б.  
Математическое моделирование основных процессов химических производств (Учебное пособие).-М.: Высшая школа, 1991-400с.
- 6.4 Химико-технологические системы: Синтез, оптимизация, управление./Под. ред. Мухленова И.П.-Л.:Химия, 1986-424с.

### Дополнительная литература

- 6.5 УДК 681.3+66 Саутин С.Н., Пунин А.Е. Мир компьютеров и химическая технология .-Л.: Химия, 1991-144с.
- 6.6 УДК 66.011 Островский Г.М., Бережанский Т.А. Оптимизация ХТП: Теория и практика.-М.: Химия, 1984-239с.
- 6.7 УДК 66.012: 52 Егоров А.А., Сотников В.В. Линейные модели принятия решений при управлении химико-технологическими процессами. Ленинградский технологический институт.-Л.: 1989-248с.



Надежность ХТС	17. Определения работоспособности, отказа и надежности ХТС.	12	5. Расчет надежности ХТС	100			Контрольная работа №3	30	
	18. Формирование множества заданных параметров. Вероятность работоспособности. Алгоритм метода экспертизы работоспособности.	12							
	19. Расчет надежности при известных значениях надежности отдельных аппаратов.	12							
Итого		36		100				30	166
Итого		210		450		80		110	850

Экзамен 150  
Итого 1000

«Утверждаю»  
Зав. кафедрой ХТТ \_\_\_\_\_ Кравцов А.В.

Составил:  
\_\_\_\_\_ Самборская М.А.