



### Предисловие

1. Рабочая программа составлена на основе ОС ТПУ по направлению 240100 «Химическая технология и биотехнология», специальности 240802 «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика», утвержденного \_\_\_\_\_, и \_\_\_\_\_

РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании обеспечивающей кафедры «Химической технология топлива и химической кибернетики» протокол № \_\_\_\_\_

2. Разработчик  
доцент \_\_\_\_\_ кафедры ХТТ и ХК \_\_\_\_\_ М.А. Самборская

3. Зав. обеспечивающей кафедрой ХТТ и ХК \_\_\_\_\_ А.В. Кравцов

4. Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом, и соответствует действующему плану.

Зав. выпускающей кафедры \_\_\_\_\_ Кравцов А.В.

## АННОТАЦИЯ

**Синергетика в химии и химической технологии**  
**240100 (в) – 240802(с)**

**Каф. ХТТ ХТФ**

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

тел. (3822)456430, e-mail: [mailto:S\\_MA@rambler.ru](mailto:S_MA@rambler.ru)

**Цель:** формирование у обучающихся знаний и умений в области теории и практики анализа динамических систем и устойчивой мотивации к самообразованию.

**Содержание:** классификация и свойства динамических систем, понятие фазового пространства, моделирование и анализ устойчивости динамических систем.

Курс 5 (9 сем. – экзамен).

Всего 198 ч, в т.ч. Лк.- 36 ч, Лб.- 54 ч.

### **1. Цели и задачи учебной дисциплины**

**Цели преподавания дисциплины:** Дисциплина «Синергетика в химии и химической технологии» является частью комплекса технологических дисциплин, составляющих основу общеинженерной подготовки инженеров по специальности 240802 «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика», в процессе изучения которой студенты знакомятся с различными видами динамических систем, принципами поведения и самоорганизации. Также студенты получают навыки моделирования и анализа устойчивости динамических систем.

Целью преподавания дисциплины является расширение у студентов кругозора и формирование, на базе усвоенной системы знаний, инженерного мышления, а также их подготовка к осуществлению дальнейшего прогресса в области анализа и расчета динамических систем в химической технологии.

В результате изучения дисциплины: «Синергетика в химии и химической технологии» студент должен иметь представление:

**ФЕДЕРАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ (ФТ).** О роли и значении синергетики в области современной химической технологии и методах анализа и расчета динамических систем.

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ И ВУЗОВСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ (РВТ).** О различных динамических системах, принципах их поведения и анализа, а также подходах к моделированию динамических систем в химической технологии.

**ЗНАТЬ И УМЕТЬ ИСПОЛЬЗОВАТЬ:**

**ФТ.:**

- теоретические основы синергетики, значение синергетики для химической технологии;
- методы составления моделей динамических систем;
- принципы поведения динамических систем.

**РВТ.:**

- составление модели динамической ХТС;

- навыки линеаризации динамических моделей ХТС;
- навыки составления гибридно-матричных графов.

#### ИМЕТЬ ОПЫТ:

- наблюдения за внутренней динамикой химической системы;
- исследования влияния различных возмущений на ХТС;
- анализа устойчивости работы элементов ХТС.

**Задачи изложения и изучения дисциплины:** получить сведения о видах и свойствах динамических систем в химической технологии, ознакомиться с принципами нелинейной динамики, освоить расчет динамической устойчивости.

Курс состоит из основных разделов, включающих в себя сведения о синергетике применительно к процессам нефтепереработки и нефтехимии, особенностях динамических систем, принципах устойчивости таких систем при различных возмущениях.

Указанные цели достигаются организацией теоретической (лекции), практической (лабораторные 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 занятиях студенты осваивают методы решения проблем. 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 (лекции - 36 часов)

**2.1. Введение.** Понятие синергетики. Явления самоорганизации в химии и физике. Значение синергетики для химической технологии. (2 часа) Реакция Белоусова – Жаботинского. Второй закон термодинамики в синергетике. (1 час). Общие сведения о динамических системах. Их классификация. (1 час).

**2.2. Динамические системы.** Понятие фазовой траектории и фазового пространства. Интегрируемые и неинтегрируемые консервативные системы. (1,5 часа) Механическое и термодинамическое равновесие. Неравновесные ограничения. (0,5 часа). Понятие устойчивости и бифуркации. Бифуркация типа острия и предельной точки. Бифуркация Хопфа (2 часа). Диссипативные системы. Бифуркация в простой диссипативной системе. Дискретные динамические системы. (2 часа).

**2.3. Элементы случайности в физико-химических системах.** Флуктуации и вероятностное описание. Основное уравнение Марковских процессов (1

час). Информационная и физическая энтропия. Пространственные корреляции и критическое поведение динамических систем (1 час). Динамика флуктуаций. Кинетическая теория. Кинетика и временные масштабы самоорганизации (1 час). Чувствительность динамических систем (1 час).

**2.4. Моделирование линейных динамических систем.** Линейность стационарных и нестационарных динамических систем. Графы нестационарных динамических систем. (2 часа). Интегродифференциальные модели линейной стационарной динамической системы. (4 часа). Математические модели линейных динамических систем в фазовом пространстве состояния. Переход к фазовому пространству состояния от общего неоднородного уравнения, связывающего координаты входа и выхода. Численные решения уравнений состояний (4 часа). Комбинированные методы преобразования уравнений динамической системы и графов в пространствах состояний. (4 часа). Линейный анализ устойчивости. Основные уравнения. Принципы устойчивости линеаризованной системы. (4 часа). Определение функций чувствительности в статике. Определение функций чувствительности в динамике (3 часа).

**2.5. Оптимизация динамических систем.** Пути оптимизации динамических систем и динамических комплексов. Системный подход в оптимизации динамических систем (1 час).

### **3. Содержание практического раздела**

#### **3.1. Тематика лабораторных работ (54 часа)**

1. Фрактальные структуры в физических системах. Моделирование ограниченной диффузии агрегации (4 часа).
2. Составление дискретной модели динамической системы (4 часа).
3. Проведение реакции Белоусова – Жаботинского (4 часа).
4. Построение гибридно-матричного графа на основе модели динамической ХТС (6 часа).
5. Линеаризация нелинейных моделей ХТС, построение нелинейных и линеаризованных графов (10 часов).
6. Линейный анализ устойчивости. Исследование внешних возмущений и флуктуаций в ХТС (16 часов).
7. Изучение бифуркаций на основе динамических моделей химических реакторов непрерывного действия (4 часа);
8. Изучение бифуркаций на основе динамических моделей химических реакторов полупериодического действия (6 часов).

#### **4. Программа самостоятельной познавательной деятельности (108 часов).**

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов состоит в освоении лекционного материала, подготовке к лабораторным занятиям. Она включает следующие пункты:

Проработка лекционного материала- 30 часов.

Подготовка к лабораторным и практическим занятиям- 68 часов.

Подготовка к контрольным точкам – 10 часов

Проработка лекционного материала контролируется выполнением контрольных работ по дисциплине.

Подготовка к лабораторным занятиям контролируется защитой отчетов.

## 5. Текущий и итоговый контроль результатов изучения дисциплины

Итоговый контроль осуществляется посредством экзамена. Экзамен проводится в устном виде по билетам.

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

При изучении дисциплины «Технологическое проектирование и типовое оборудование нефтехимических производств» используется рейтинговая система оценки знаний студентов. В течение семестра студент может набрать 1000 баллов.

Общий рейтинг (ОР) дисциплины составляет 1000 баллов. Как составляющая в него входят: 1) рейтинг лекций (РЛ); 2) рейтинг лабораторных занятий (РЛЗ); 4) рейтинг рубежного контроля (РРК); 5) рейтинг домашнего задания (РДЗ); 6) рейтинг экзамена (РЭ).

Лекционный рейтинг (РЛ) – это оценка за посещение и участие в лекции. Оценка лекции – 10 баллов. Посетив все лекционные занятия и участие в них, студенты имеют максимальный РЛ.

Рейтинг лабораторных занятий (РЛЗ) – оценка посещения, выполнения лабораторной работы и защита отчета. Максимальная оценка лабораторной работы – 30 баллов.

Рейтинг домашнего задания (РДЗ) – это оценка индивидуальных рефератов по заданной научно-технической проблеме. Если задание выполнено и сдано в срок, то оно оценивается в 30 баллов. Всего в семестр предусмотрено 2 домашних задания.

Выполнение заданий одного рубежного контроля (РРК) оценивается в 40 баллов.

В конце семестра подсчитываются рейтинг семестра по данному предмету:

$$РС = РЛ + РЛЗ + РРК = 180 + 240 + 60 + 120 = 600 \text{ баллов}$$

Студент допускается к сдаче экзамена, если он полностью выполнил Учебный план и если его рейтинг по этому предмету в семестре (РС) составил не менее 350 баллов.

Форма проведения экзамена – по билетам. Максимальный рейтинг экзамена (РЭ) – 400 баллов. Экзамен считается сданным, если его оценка не менее 200 баллов. Эта оценка суммируется с рейтингом семестра и подсчитывается общий рейтинг:  $ОР = РС + РЭ$ .

Общий рейтинг переводиться в оценку по изучаемому предмету из соотношения:

551 ÷ 700 баллов – удовлетворительно;

701 ÷ 850 баллов – хорошо;

более 850 баллов – отлично.

Если оценка экзамена менее 200 баллов, то экзамен считается не сданным и студент теряет рейтинг семестра.

Рейтинг поощряет активных студентов дополнительными баллами за написание рефератов, досрочную сдачу домашнего задания, выполнение заданий повышенной сложности. Преподаватель имеет право выставить студенту оценку «отлично» без экзамена, если рейтинг студента в семестре превышает 500 баллов.

Контролирующие материалы.

В соответствии с рейтинговой системой при изучении курса «Синергетика в химии и химической технологии» проводится 3 рубежные контрольные работы. Рубежные контроли проводятся в часы лекционных занятий в письменной форме и включают задания по теоретическим разделам дисциплины с использованием практических знаний. Билеты рубежных контрольных работ составляются лектором. В контрольные работы входят как теоретические вопросы по лекционному материалу, так и задачи по элементам анализа динамических систем.

## **6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

В каталоге НТБ ТПУ имеется 7 наименований учебников и учебных пособий, которые могут быть использованы для изучения дисциплины «Синергетика в химии и химической технологии».

Кроме того, на кафедре ХТТ имеется комплексное методическое обеспечение (КМО) дисциплины, которое включает:

- Рабочую программу дисциплины, рейтинг-план и памятку;
- Задания для рубежных, зачетных, итоговых контролей

### **6.1. Перечень используемых информационных продуктов:**

- Стандартные программы, входящие в Microsoft Office Professional: Microsoft Word, Microsoft Excel. Программные продукты в среде DOS для выполнения лабораторных работ 1 и 2.

### **6.2. Перечень рекомендуемой литературы:**

- Шаталов А.С., Динамические системы и сигналы: Общие вопросы. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 320 с.;
- Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики. – М.: Энергия, 1980. – 423 с.;
- Николис Г. Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: Мир, 1979/ - 512 с.;
- Пригожин И.Р. Современная термодинамика: от тепловых двигателей до диссипативных структур — М. : Мир, 2002. — 461 с.
- Гленсдорф, П. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. — М. : Мир, 1973. — 280 с.

### **6. 3. Перечень дополнительной литературы**

- Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. Введение. – М.: УРСС, 2003. – 344 с.;
- Пригожин, И. Р. Время. Хаос. Квант. К решению парадокса времени — М.: УРСС, 2003. — 240 с.