

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»
(КГУ)

Кафедра «Автоматизация производственных процессов»



УТВЕРЖДАЮ:

Ректор

/ Дубив Н.В. /

«31» августа 2020 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курганский государственный университет»

Рабочая программа учебной дисциплины
**Моделирование нелинейных технологических
процессов**

образовательной программы высшего образования –
программы бакалавриата

**15.03.04 – Автоматизация технологических
процессов и производств**

Направленность:

**Автоматизация технологических процессов и производств
в машиностроении**

Формы обучения: очная, заочная
программы бакалавриата

Автоматизация технологических процессов и производств

в М.Курган 2020

Курган 2020

Рабочая программа дисциплины «Моделирование нелинейных технологических процессов» составлена в соответствии с учебными планами по программе бакалавриата «Автоматизация технологических процессов и производств», направленность: «Автоматизация технологических процессов и производств (в машиностроении)» утвержденными :

- для очной формы обучения « 28 » августа 2020 года,
- для заочной формы обучения « 28 » августа 2020 года,

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Автоматизация производственных процессов» «28» августа 2020 года, протокол № 1.

Рабочую программу составил
старший преподаватель

Е.М.Кузнецова

Согласовано:

- для очной формы обучения « 28 » августа 2020 года
Заведующий кафедрой АПП

Е.К.Карпов

Специалист по учебно-методической
работе Учебно-методического отдела
Рабочую программу составил

Г.В. Казанкова

Начальник Управления
Образовательной деятельности

С.Н.Синицын

Заведующий

работе учебно-методического отдела

1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 3 зачетных единицы трудоемкости (108 академических часов)

Очная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		7
Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов	32	32
в том числе:		
Лекции	16	16
Лабораторные работы	16	16
Самостоятельная работа, всего часов	76	76
в том числе:		
Подготовка к зачету	18	18
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	58	58
Вид промежуточной аттестации	Дифференцированный зачет	Дифференцированный зачет
Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов	108	108

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		9
Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов	10	10
в том числе:		
Лекции	2	2
Лабораторные работы	8	8
Самостоятельная работа, всего часов	98	98
в том числе:		
Подготовка контрольной работы	18	18
Подготовка к зачету	18	18
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	62	62
Вид промежуточной аттестации	Дифференцированный зачет	Дифференцированный зачет
Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов	108	108

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Моделирование нелинейных технологических процессов» относится к вариативной части блока Б1. Является дисциплиной по выбору обучающегося.

Изучение дисциплины базируется на результатах обучения, сформированных при изучении следующих дисциплин:

- Математика;
- Физика;
- Информационные технологии;
- Моделирование технических систем;
- Теория автоматического управления.

Результаты обучения по дисциплине будут использоваться для выполнения разделов выпускной квалификационной работы в части моделирование подсистем управления техническими системами.

Требования к входным знаниям, умениям, навыкам и компетенциям:

- понимание устной (монологической и диалогической) речи на бытовые и общекультурные темы;
- владение методами математического анализа, компьютерного моделирование технологических процессов;
- знание математических методов исследования линейных процессов, методов решения дифференциальных уравнений;
- освоение следующих компетенций на уровне не ниже порогового: ОПК-3 (способность использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности), ППК-1 (способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования).

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Целью освоения дисциплины «Моделирование нелинейных технологических процессов» является:

Обучение студентов основным понятиям, закономерностям нелинейных динамических систем и соответствующих им методикам расчета, необходимым при проектировании, исследовании, производстве и эксплуатации систем и средств автоматизации и управления.

Задачами дисциплины являются:

Формирование у студентов навыков построения и применения нелинейных моделей, возникающих в инженерной практике, и проведения расчетов по таким моделям. Освоение основных принципов построения систем управления нелинейными техническими системами, методов анализа и синтеза.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способность проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа (ПК-6);

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- Знать принципы качественного поведения нелинейных динамических систем;
- Знать основные термины, определения теории нелинейных уравнений, теории хаоса, теории фракталов; общие принципы построения нормальных форм обыкновенных дифференциальных и разностных уравнений;
- Знать основные математические методы исследования нелинейных динамических систем;
- Знать физическую интерпретацию основных математических объектов нелинейной динамики; основные уравнения нелинейной динамики, физическую область их применения, их опытную основу, основные методы решения;
- Уметь определять влияние нелинейных элементов на поведение технических систем;
- Уметь моделировать работу нелинейных динамических систем на ЭВМ;
- Владеть основами эксплуатации и наладки нелинейных технических систем.
- Владеть численными методами решения систем дифференциальных уравнений, описывающих работу нелинейных динамических систем.

В рамках освоения дисциплины «Моделирование нелинейных технологических процессов» обучающиеся готовятся к решению следующих профессиональных задач:

- участие в работах по моделированию продукции, технологических процессов, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования;
- участие в разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления; проведение экспериментов по заданным методикам, обработка и анализ результатов, составление описаний проводимых исследований, подготовка данных для составления научных обзоров и публикаций;

В рамках освоения дисциплины «Моделирование нелинейных технологических процессов» обучающиеся готовятся к исполнению следующих трудовых функций профессионального стандарта:

- разработка моделей продукции на всех этапах ее жизненного цикла как объектов автоматизации и управления в соответствии с требованиями высокоэффективных технологий;

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Учебно-тематический план Очная форма обучения

Рубеж	Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем		
			Лекции	Практич. занятия	Лабораторные работы
Рубеж 1	1	Основные понятия и определения методов нелинейного моделирования.	0,5	-	-
	2	Фундаментальные эффекты, к которым приводит нелинейность.	0,5	-	-
	3	Численное решение дифференциальных уравнений.	1		
	4	Теория колебаний и нелинейная динамика.	1		
		Рубежный контроль № 1	1	-	-
Рубеж 2	5	Нелинейные диссипативные осцилляторы в технологических системах.	1	-	4
	6	Фазовый портрет, пространство состояний	1	-	-
	7	Динамическая система общего вида на фазовой плоскости.	1	-	4
	8	Динамический хаос.	1		
	9	Простейшие бифуркации.	1		
		Рубежный контроль № 2	1	-	-
Рубеж 3	10	Самоорганизация в нелинейных системах.	1	-	
	11	Понятие о многолистном фазовом портрете технической системы.	1	-	-
	12	Построение имитационной модели нелинейного диссипативного осциллятора.	1		
	13	Моделирование нелинейной динамики технологических процессов механической обработки.	1		4
	14	Методы анализа нелинейной динамики технической системы на основе исследования эволюции фазового портрета.	1		4
		Рубежный контроль № 3	1	-	-
Всего:			16	-	16

Заочная форма обучения

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем		
		Лекции	Практич. занятия	Лабораторные работы
1	Основные понятия и определения методов нелинейного моделирования.	0,5	-	-
5	Нелинейные диссипативные осцилляторы в технологических системах.	0,5		2
7	Динамическая система общего вида на фазовой плоскости.	-	-	2
8	Динамический хаос.	-	-	-
10	Самоорганизация в нелинейных системах.	0,5		-
13	Моделирование нелинейной динамики технологических процессов механической обработки.	0,5	-	2
14	Методы анализа нелинейной динамики технической системы на основе исследования эволюции фазового портрета.	-		2
Всего:		2	-	8

4.2. Содержание лекционных занятий

Тема 1. Основные понятия и определения методов нелинейного моделирования.

Введение. Цели и задачи изучения дисциплины. Требования по изучению дисциплины. Типовые нелинейные системы, Нелинейные элементы и нелинейные характеристики.

Тема 2. Фундаментальные эффекты, к которым приводит нелинейность.

Неизохронность. Ангармоничность колебаний и генерация гармоник. Комбинационные составляющие.

Тема 3. Численное решение дифференциальных уравнений.

Численное решение дифференциальных уравнений. Метод Эйлера, метод Рунге-Кутта 4-го порядка и другие методы. Примеры численного решения нелинейных дифференциальных уравнений.

Тема 4. Теория колебаний и нелинейная динамика.

Примеры всевозможных колебаний в технических системах абстрагируясь от их физической природы на основе аппарата дифференциального исчисления.

Тема 5. Нелинейные диссипативные осцилляторы в технологических системах.

Энергетика механических автоколебательных систем. Период колебаний нелинейного осциллятора.

Тема 6. Фазовый портрет, пространство состояний.

Виды колебаний, фазовый портрет, пространство состояний (фазовое пространство), консервативность и диссипативность, аттрактор, репеллер. Классификация особых точек фазовых траекторий.

Тема 7. Динамическая система общего вида на фазовой плоскости.

Методы анализа нелинейных систем. Особые точки и их классификация. Предельные циклы. Консервативность и диссипативность, аттрактор, репеллер.

Тема 8. Динамический хаос.

Основные понятия и определения методов нелинейной динамики. Автоколебания. Бифуркации, мультистабильность и гистерезис. Динамический хаос.

Тема 9. Простейшие бифуркации.

Тангенциальная бифуркация. Бифуркация удвоения. Бифуркация Пуанкаре-Андропова-Хопфа.

Тема 10. Самоорганизация в нелинейных системах

Теория волн и динамика распределенных систем. Синергетика, теория диссипативных структур, фрактал.

Тема 11. Понятие о многолистном фазовом портрете технической системы.

Построение фазового портрета методом припасовывания нелинейных характеристик для замены сложной нелинейности несколькими линейными участками. Решения, соответствующие этим участкам, сшиваются.

Тема 12. Построение имитационной модели нелинейного диссипативного осциллятора

Экспериментальные методы исследования реальных систем по имитационным моделям, которые объединяют особенности экспериментального подхода и специфические условия применения вычислительной техники.

Тема 13. Моделирование нелинейной динамики технологических процессов механической обработки

Моделирование нелинейного диссипативного осциллятора технологического процесса, на примере моделирования нелинейной динамики выглаживания в программной среде VisSim.

Тема 14. Методы анализа нелинейной динамики технической системы

Геометрический метод исследования нелинейных динамических систем с использованием экспериментальных данных. Основой метода является

качественный подход к анализу нелинейных имитационных моделей и построение аттракторов и предельных циклов динамических систем.

4.3. Лабораторные занятия

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование лабораторной работы	Норматив времени, час.	
			Очная форма обучения	Заочная форма обучения
5	Нелинейные диссипативные осцилляторы в технологических системах.	Изучение статических и динамических характеристик нелинейных звеньев и объектов.	4	2
7	Динамическая система общего вида на фазовой плоскости. Особые точки и их классификация	Знакомство с моделью нелинейной динамики процесса выглаживания. Характеристики и идентификация нелинейных объектов	4	2
13	Моделирование нелинейной динамики технологических процессов механической обработки.	Построение многолистного фазового портрета нелинейной динамики процесса выглаживания	4	2
14	Методы анализа нелинейной динамики технической системы на основе исследования эволюции фазового портрета	Исследование эволюции бифуркационных границ нелинейной динамики процесса выглаживания	4	2
Всего:			16	8

4.4. Контрольная работа

(для обучающихся заочной формы обучения)

Контрольная работа посвящена самостоятельному изучению некоторых разделов теории нелинейной динамики. Контрольная работа представляет собой реферат по тематике дисциплины. Примерные темы рефератов:

1. Детерминированный хаос и информационные технологии
2. Динамический хаос и синергетика
3. Хаос, фракталы и информация
4. Динамический хаос в квантовых системах
5. Фракталы, фрактальная размерность
6. Модель Лоренца

7. Фазовые траектории и портреты
8. Теория возмущений
9. Нелинейные резонансы
10. Простейшие бифуркации
11. Устойчивость
12. Хаос в квантовых системах
13. Фракталы и их свойства
14. Квантовые фракталы и ковры

В качестве отчета студенты, используя книги из основной и дополнительной литературы и источники Интернет, готовят презентацию по заданной теме и выполняют расчеты в пакете Vissim.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующей лабораторной работы.

Преподавателем запланировано использование при чтении лекций технологии учебной дискуссии. Поэтому рекомендуется фиксировать для себя интересные моменты с целью их активного обсуждения на дискуссии в конце лекции.

Залогом качественного выполнения лабораторных работ является самостоятельная подготовка к ним накануне путем повторения материалов лекций. Рекомендуется подготовить вопросы по неясным моментам и обсудить их с преподавателем в начале лабораторной работы.

Преподавателем запланировано применение на лабораторных занятиях технологий развивающейся кооперации, коллективного взаимодействия, разбора конкретных ситуаций. Поэтому приветствуется групповой метод выполнения лабораторных работ и защиты отчетов, а также взаимооценка и обсуждение результатов выполнения лабораторных работ.

Лабораторные работы выполняются с использованием программного продукта Vissim. Рекомендуется повторить навыки использования указанной программы.

Для текущего контроля успеваемости по очной форме обучения преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на лабораторных занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к лабораторным занятиям, к рубежным контролям (для обучающихся очной формы обучения), подготовку к дифференцированному зачету.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Самостоятельное изучение тем дисциплины:	44	54
Детерминированный хаос и информационные технологии	6	8
Динамический хаос и синергетика	6	8
Хаос, фракталы и информация	6	8
Фракталы, фрактальная размерность	6	8
Нелинейные резонансы	6	8
Стационарные и периодические режимы, их устойчивость	8	8
Бифуркация Хопфа.	6	6
Подготовка к лабораторным занятиям (по 2 часа на каждое занятие)	8	8
Подготовка к рубежным контролям (по 2 часа на каждый рубеж)	6	-
Выполнение контрольной работы	-	18
Подготовка к зачету	18	18
Всего:	76	98

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ (для очной формы обучения)
2. Контрольная работа (для заочной формы обучения)
3. Отчеты студентов по лабораторным работам
4. Банк заданий к рубежным контролям № 1, № 2, № 3 (для очной формы обучения)
5. Список вопросов к дифференцированному зачету

**6.2. Система балльно-рейтинговой оценки
работы студентов по дисциплине
Очная форма обучения**

№	Наименование	Содержание						
		Распределение баллов						
1	Распределение баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии)	Вид учебной работы:	Посещение лекций	Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам	Рубежный контроль №1	Рубежный контроль №2	Рубежный контроль №3	Зачет
		Балльная оценка:	До 16	До 16	До 12	До 12	До 14	До 30
		Примечания:	8 лекций по 2 балла	До 4 баллов за 4 часовую (4 л.р. 4 часовых)	На 2-й лекции	На 5-й лекции	На 8-й лекции	
2	Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре	60 и менее баллов – неудовлетворительно; 61...73 – удовлетворительно; 74... 90 – хорошо; 91...100 – отлично						
3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета (оценки) по дисциплине, возможность получения бонусных баллов	<p>Для допуска к промежуточной аттестации (дифференцированному зачету) студент должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов и должен выполнить все лабораторные работы.</p> <p>Для получения оценки «автоматически» студенту необходимо набрать следующее минимальное количество баллов: - 68 для получения «автоматически» оценки удовлетворительно».</p> <p>По согласованию с преподавателем студенту, набравшему минимум 68 баллов, могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активность на консультациях, активное участие в научной и методической работе, оригинальность принятых решений в ходе выполнения лабораторных работ, за участие в значимых учебных и внеучебных мероприятиях кафедры и выставлена за зачет «автоматически» оценка «хорошо» или «отлично».</p>						
4	Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) студентов для получения недостающих баллов в конце семестра	<p>В случае если к промежуточной аттестации (дифференцированному зачету) набрана сумма менее 50 баллов, студенту необходимо набрать недостающее количество баллов за счет выполнения дополнительных заданий, до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных лабораторных работ.</p> <p>Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> - выполнение и защита пропущенной лабораторной работы (при невозможности дополнительного проведения лабораторной работы преподаватель устанавливает форму дополнительного задания по тематике пропущенной лабораторной работы самостоятельно) – до 8 баллов. <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.</p>						

6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежные контроли проводятся в форме письменного ответа на вопросы. Перед проведением каждого рубежного контроля преподаватель прорабатывает со студентами основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

Варианты заданий для рубежных контролей № 1, 2, 3 состоят из 6-7 вопросов. Каждый вопрос оценивается в 2 балла.

На каждый рубежный контроль студенту отводится время не менее 30 минут.

Преподаватель оценивает в баллах результаты ответов каждого студента по количеству правильных ответов и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Дифференцированный зачет проводится в традиционной форме. Билет на зачет состоит из 2 вопросов. Каждый вопрос оценивается в 15 баллов. Количество баллов по результатам зачета соответствует количеству правильных ответов и объему раскрытия темы каждого вопроса билета. Время, отводимое студенту на экзаменационный билет, составляет 1 астрономический час.

Результаты текущего контроля успеваемости и зачета заносятся преподавателем в экзаменационную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день зачета, а также выставляются в зачетную книжку студента.

6.4. Примеры оценочных средств для рубежных контролей и дифференцированного зачета

Пример задания для рубежного контроля 1.

1. Назовите типовые нелинейные системы, их элементы.
2. Характеристики нелинейных систем.
3. Какие методы применяются при численном решении дифференциальных уравнений?
4. Приведите примеры колебаний в технических системах.
5. Что такое автоколебательная система?
6. Функция в Vissim, реализующая колебательную систему.

Пример задания для рубежного контроля 2.

1. Какие нелинейные диссипативные осцилляторы существуют в технических системах?
2. Классификация особых точек фазовых траекторий.
3. Что такое «предельные циклы»?
4. Основные понятия динамического хаоса.
5. Какие бывают виды бифуркаций?
6. Устойчивость в точках бифуркации.

Пример задания для рубежного контроля 3.

1. Что представляет собой синергетика в технических системах.
2. Многолистный фазовый портрет технической системы.

3. Каким образом строятся имитационные модели реальных систем?
4. Моделирование нелинейного диссипативного осциллятора технологического процесса в программной среде VisSim.
5. Что является основой геометрического метода исследования нелинейных динамических систем?
6. Как влияет метод интегрирования на результаты моделирования в Vissim?
7. Построение многолистного фазового портрета в Vissim?

Примерный список вопросов к зачету

1. Типовые нелинейные системы, нелинейные элементы и нелинейные характеристики.
2. Неизохронность.
3. Ангармоничность колебаний и генерация гармоник.
3. Комбинационные составляющие.
4. Численное решение дифференциальных уравнений.
5. Метод Эйлера.
6. Метод Рунге-Кутты 4-го порядка и другие методы.
7. Примеры численного решения нелинейных дифференциальных уравнений.
8. Нелинейные диссипативные осцилляторы в технических системах.
9. Энергетика механических автоколебательных систем.
10. Фазовый портрет, пространство состояний.
11. Классификация особых точек фазовых траекторий.
12. Предельные циклы.
13. Консервативность и диссипативность, аттрактор, репеллер.
14. Бифуркации, мультистабильность и гистерезис.
15. Динамический хаос.
16. Тангенциальная бифуркация.
17. Бифуркация удвоения.
18. Бифуркация Пуанкаре-Андропова-Хопфа.
19. Синергетика, процессы упорядочения элементов одного уровня.
20. Построение фазового портрета методом припасовывания нелинейных характеристик.
21. Построение имитационных моделей.
22. Экспериментальные методы исследования реальных систем.
23. Моделирование нелинейной динамики.
24. Методы анализа нелинейной динамики технической системы
25. Геометрический метод исследования нелинейных динамических систем.

6.5. Фонд оценочных средств

Полный банк заданий для текущего, рубежных контролей и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

7.1. Основная учебная литература

1. Методы управления нелинейными механическими системами / Ф.Л. Черноушко, И.М. Ананьевский, С.А. Решмин. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 328 с.: 60x90 1/16. (переплет) ISBN 5-9221-0678-3

2. Нелинейная теория управления : динамика, управление, оптимизация / под ред. В.М. Матросова, С.С. Васильева, А.И. Москаленко. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 350 с. ISBN 5-9221-0421-7

3. Кузнецов В.П., Горгоц В.Г. Моделирование нелинейной динамики технологических процессов механической обработки: учебное пособие. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2013. - 64 с.

7.2. Дополнительная учебная литература

1. Управление информационным взаимодействием в распределенных технических системах: конечно-автоматный подход: монография / Ю.К. Апраксин. — М. : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2018. — 184 с

2. Жмудь В.А. Моделирование и численная оптимизация замкнутых систем автоматического управления в программе VisSim/Жмудь В.А. - Новосибир.: НГТУ, 2016. - 124 с.: ISBN 978-5-7782-2103-1

3. Моделирование систем управления с применением Matlab: Учебное пособие / А.Н. Тимохин, Ю.Д. Румянцев. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 256 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) ISBN 978-5-16-010185-9

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Горгоц В.Г., Кузнецова Е.М. Исследования нелинейной динамики технологических систем в программном пакете VisSim. Методические указания к выполнению комплекса лабораторных работ по дисциплине «Нелинейная динамика технических систем» для студентов очной и заочной форм обучения направления 220700.62 «Автоматизация технологических процессов и производств».

2. Кузнецова Е.М. «Нелинейная динамика технических систем». Методические указания к выполнению контрольной работы для студентов заочной формы обучения направлений 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», 27.03.04 «Управление в технических системах».

3. Кузнецова Е.М. Моделирование динамики процесса выглаживания. Методические указания к выполнению комплекса лабораторных работ по дисциплине «Нелинейная динамика технических систем» для студентов всех форм обучения направлений 15.03.04, 27.03.04

**9. РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»,
НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. dist.kgsu.ru - Система поддержки учебного процесса КГУ;
2. www.mylect.ru - Лекции онлайн по дисциплине Теория автоматического управления.

**10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

При чтении лекций используются слайдовые презентации.

Для лабораторных работ необходим программный продукт Vissim V 8.0.

Минимальные требования к операционной системе и программному обеспечению компьютера, используемого при показе слайдовых презентаций: Windows XP, Foxit Reader Pro версия 1.3.

**11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДИСЦИПЛИНЫ**

Компьютерный класс, мультимедийное оборудование (переносной персональный компьютер, мультимедийный проектор, мультимедийный экран).

Аннотация к рабочей программе дисциплины
«Моделирование нелинейных технологических процессов»

образовательной программы высшего образования –
программы бакалавриата

**15.03.04 – Автоматизация технологических
процессов и производств**

Направленность:

**Автоматизация технологических процессов и производств
в машиностроении**

Трудоемкость дисциплины: 3 ЗЕ (108 академических часа)

Семестр: 7 (очная форма обучения), 9 (заочная форма обучения)

Форма промежуточной аттестации: Дифференцированный зачет

Содержание дисциплины

Математические модели нелинейных динамических систем. Основные определения. Классификация поведения нелинейных динамических систем. Хаос в нелинейных динамических системах. Фракталы: определения и свойства. Самоорганизация в нелинейных системах.