

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Автоматизация, управление, мехатроника»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б.1.1.18 «Теория динамических систем и сложных сетей в инженерных задачах»

направления подготовки

15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

профиль «Интеллектуальные информационно-управляющие системы»

(для дисциплин, реализуемых в рамках профиля)

форма обучения – очная

курс – 2

семестр – 4

зачетных единиц – 4

часов в неделю – 4

всего часов – 144,

в том числе:

лекции – 36

коллоквиумы – нет

практические занятия – 36

лабораторные занятия – нет

самостоятельная работа – 72

зачет – нет

экзамен – 4 семестр

1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины: формирование профессиональных компетенций в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом; приобретение студентами знаний в области методов математического моделирования и анализа сложного поведения динамических систем и сетей.

Задачи изучения дисциплины: изучение базовых понятий и фундаментальных концепций теории динамических систем и сложных сетей с физической точки зрения, подходов к анализу и моделированию поведения динамических систем и сетей различной природы, в том числе элементов робототехнических и мехатронных систем.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

Данная учебная дисциплина относится к вариативной части учебного плана подготовки бакалавра по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в результате изучения курсов Математика, Физика, Теоретическая механика, Материаловедение, Технические средства автоматизации, Микропроцессорная техника в задачах автоматизации.

Компетенции, сформированные при изучении данной дисциплины, могут быть полезны при изучении следующих дисциплин: Прикладная механика, Программирование на языках высокого уровня, Электротехника и электроника, Теория автоматического управления в области автоматизации производственных процессов и производств, Диагностика и надежность автоматизированных систем, Мониторинг автоматизированных систем, Численные методы и вариационное исчисление, Теория систем и системный анализ для построения информационно-управляющих систем, Системный анализ в задачах управления, Математическое моделирование информационно-управляющих систем, Математическое моделирование в инженерных задачах, Программное обеспечение инженерных и научных исследований в области автоматизации технологических процессов и производств, Программное обеспечение моделирования и расчетов автоматизированных систем, Моделирование робототехнических систем, Основы мехатроники и робототехники, а также при выполнении производственной практики.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Общепрофессиональных

ОПК-1 *способностью использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда;*

Знать: методологические основы математического описания и моделирования динамических систем и сетей радиофизической и механической природы; классические модели теории динамических систем, численные и аналитические методы для анализа их сложной динамики.

Уметь: строить математические модели мехатронных и робототехнических систем, используя математический аппарат теории динамических систем и сложных сетей, на основе физических представлений об их поведении.

Владеть: математическим аппаратом, современными программными комплексами и компьютерными технологиями необходимыми для корректного математического описания динамики робототехнических и мехатронных систем; навыками работы с программной системой для математического и имитационного моделирования.

ПК-19 *способностью участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами*

Знать: базовые методы численного моделирования динамических систем и сложных сетей; численные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений, статистических методов обработки сигналов для разработки программных комплексов моделирования и проектирования управляющих элементов мехатронных и робототехнических систем.

Уметь: использовать известные алгоритмы численного моделирования поведения сложных динамических систем и обработки цифровых данных при разработке программ для ЭВМ с использованием высокоуровневых языков программирования.

Владеть: математическими методами для работы с дискретными временными рядами и аппаратом для численного моделирования динамики сложных систем и сетей; языками программирования высокого уровня для разработки и создания программного обеспечения, необходимого для управления и обработки информации в мехатронных и робототехнических системах.

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ Мо- ду- ля	№ Неде- ли	№ Т е м ы	Наименование темы	Часы/Из них в интерактивной форме					
				Всего	Лек- ции	Коллок- виумы	Лабора- торные	Прак- тичес- кие	СРС
1	2	3	4	5	6	7		8	9
3 семестр									
	1	1	Введение в теорию динамических систем.	10	2				8
	2,3	2	Математическое описание динамических систем.	12	4				8
	4,5	3	Динамические режимы в эталонных моделях динамических систем	24	4			12	8
	6-8	4	Устойчивость динамических систем.	22	6			8	8
	9,10	5	Управление динамическими режимами в нелинейных системах	12	4				8
	11,12	6	Синхронизация динамических систем	20	4			8	8
	13,14	7	Введение в теорию сложных сетей	12	4				8
	15,16	8	Принципы построения сетевых моделей для обработки экспериментальных данных	20	4			8	8
	17,18	9	Синхронизация и образование кластеров в сложных сетях.	12	4				8
Всего				144	36			36	72

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Введение в теорию динамических систем.	1-3
2	4	2,3	Математическое описание динамических систем. Математическая модель и ее свойства. Типы математических моделей. Системы с непрерывным временем и дискретные отображения.	1-10

3	4	4,5	Динамические режимы в эталонных моделях динамических систем. Эталонные модели динамических систем. Динамические режимы и переходы между ними. Бифуркации.	6
4	6	6-8	Устойчивость динамических систем. Устойчивость по Лагранжу. Устойчивость по Пуассону. Устойчивость по Ляпунову. Опорное состояние и его возмущение. Методы анализа устойчивости динамических систем. Показатели Ляпунова.	4,5
5	4	9,10	Управление динамическими режимами в нелинейных системах. Управление динамическими режимами в автономных и неавтономных системах. Типы внешних воздействий. Системы с внешней обратной связью.	1-10
6	4	11,12	Синхронизация динамических систем. Типы синхронизации: фазовая синхронизация, обобщенная синхронизация, lag-синхронизация, синхронизация временных масштабов. Методы диагностики синхронизации.	1-10
7	4	13,14	Введение в теорию сложных сетей	7,9,10
8	4	15,16	Принципы построения сетевых моделей для обработки экспериментальных данных. Топология сети (локальная, нелокальная, глобальная связь). Scale-free сеть, адаптивные связи. Модели многослойных сетей.	
9	4	17,18	Синхронизация и образование кластеров в сложных сетях. Полная и частичная синхронизация. Когерентное и некогерентное состояние. Кластерная синхронизация. Химерные состояния. Методы аналитической и численной оценки синхронного состояния сложных сетей	

6. Содержание коллоквиумов

Коллоквиумы не предусмотрены

7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Задания, вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
3	12	1-6	Математическое моделирование и анализ динамических режимов в эталонных моделях теории динамических систем.	1-16
4	8	7-10	Аналитическое и численное исследование устойчивости динамических систем. Расчет спектра показателей Ляпунова.	

6	8	11-14	Численное моделирование динамики автоколебательной системы под внешним воздействием. Исследование зависимости порога установления синхронизации от параметров внешнего воздействия.
8	8	15-18	Численное моделирование сложных сетей различной топологии. Сетевой анализ экспериментальных данных.

8. Перечень лабораторных работ

Лабораторные занятия не предусмотрены

9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	6	Введение в теорию динамических систем. Изучение материалов лекций	1-16
2	6	Математическое описание динамических систем. Изучение материалов лекций. Подготовка рефератов	
3	12	Динамические режимы в эталонных моделях динамических систем. Изучение материалов лекций	
4	12	Устойчивость динамических систем. Изучение материалов лекций. Подготовка выступлений	
5	12	Управление динамическими режимами в нелинейных системах. Изучение материалов лекций. Подготовка выступлений	
6	6	Синхронизация динамических систем. Изучение материалов лекций	
7		Введение в теорию сложных сетей. Изучение материалов лекций	
8		Принципы построения сетевых моделей для обработки экспериментальных данных. Изучение материалов лекций	
9		Синхронизация и образование кластеров в сложных сетях. Изучение материалов лекций	

Темы рефератов (выступлений):

1. Динамические системы.
2. Дискретные и непрерывные модели.
3. Основные типы бифуркаций.
4. Классические сценарии перехода к хаосу.
5. Устойчивость динамических систем.
6. Алгоритм Беннетина для расчета спектра показателей Ляпунова.
7. Управление режимами колебаний динамических систем.
8. Типы синхронизации и методы их диагностики.
9. Сложные сети и их применение для анализа процессов различной природы.
10. Синхронизация и формирование кластеров в сложных сетях.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТА.

Реферат (от лат. *refereo* - докладываю, сообщаю) — краткое изложение научной проблемы, результатов научного исследования, содержащихся в одном или нескольких произведениях идей и т. п.

Реферат является научной работой, поскольку содержит в себе элементы научного исследования. В связи с этим к нему должны предъявляться требования по оформлению, как к научной работе. Эти требования регламентируются государственными стандартами, в частности:

- ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».
- ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».
- ГОСТ 7.80-2000 «Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления».
- ГОСТ 7.82—2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов».

Формат

Реферат должен быть выполнен на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210×297 мм) через полтора интервала. Цвет шрифта должен быть черным. Гарнитура шрифта основного текста — «Times New Roman» или аналогичная, кегль (размер) от 12 до 14 пунктов. Размеры полей (не менее): правое — 10 мм, верхнее, нижнее и левое — 20 мм. Формат абзаца: полное выравнивание («по ширине»), отступ — 8–12 мм, одинаковый по всему тексту.

Заголовки разделов и подразделов следует печатать на отдельной строке с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Выравнивание по центру или по левому краю. Отбивка: перед заголовком — 12 пунктов, после — 6 пунктов.

Нумерация

Страницы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту (титульный лист включают в общую

нумерацию). Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки. На титульном листе номер не проставляют.

Титульный лист

В верхней части титульного листа пишется, в какой организации выполняется работа, далее буквами увеличенного кегля указывается тип («Реферат») и тема работы, ниже в правой половине листа — информация, кто выполнил и кто проверяет работу. В центре нижней части титульного листа пишется город и год выполнения.

Библиография

Библиографические ссылки в тексте реферата оформляются в виде номера источника в квадратных скобках.

Библиографическое описание (в списке источников) состоит из следующих элементов:

- основного заглавия;
- обозначения материала, заключенного в квадратные скобки;
- сведений, относящихся к заглавию, отделенных двоеточием;
- сведений об ответственности, отделенных наклонной чертой;
- при ссылке на статью из сборника или периодического издания — сведений о документе, в котором помещена составная часть, отделенных двумя наклонными чертами с пробелами до и после них;
- места издания, отделенного точкой и тире;
- имени издателя, отделенного двоеточием;
- даты издания, отделенной запятой.

Виды, график контроля СРС, (по решению кафедры УМКС/УМКН).

10. Расчетно-графическая работа

Темы, задания, учебно-методическое обеспечение (ссылки на раздел 15. «Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине»)

11. Курсовая работа

Не предусмотрена

12. Курсовой проект

Не предусмотрен

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Критерии сформированности компетенций:

При проверке знаний по компетенции в целом, положительное решение о сформированности компетенции принимается в случае правильного ответа не менее чем 30 % вопросов теста и/или ответа на поставленные на экзамене вопросы в соответствии с указанными выше уровнями освоения

компетенций, при условии выполнения полного комплекса лабораторных работ по дисциплине, отчета по каждой и выполнения заданий на самостоятельную работу студента.

При проверке умения в соответствии с уровнями освоения компетенции студенту предоставляется возможность после выполнения практических заданий по дисциплине, и заданий на самостоятельную работу, продемонстрировать действия по наладке и использованию оборудования в объёме уровней освоения.

При проверке владения навыковыми составляющими компетенций студенту предоставляется возможность решения профессиональных задач в соответствии с уровнями их освоения, с оценкой полноты предлагаемых для решения методов, оптимальности выбора метода и средств её решения, устойчивости демонстрируемых способностей по выполнению действий в соответствии с уровнями освоения компетенции.

Вопросы для экзамена

1. Основные понятия и теоремы теории динамических систем.
2. Основные понятия и определения теории устойчивости.
3. Прямой метод Ляпунова для автономных и неавтономных систем с непрерывным и дискретным временем.
4. Устойчивость по первому приближению.
5. Устойчивость непрерывных и дискретных полиномов.
6. Автономная система и ее свойства.
7. Фазовые портреты динамических систем. Стационарные движения, периодические движения, предельные циклы.
8. Зависимость решений от параметров. Структурная устойчивость, бифуркация.
9. Бифуркация типа седло-узел.
10. Бифуркация Андронова-Хопфа.
11. Бифуркация с потерей симметрии.
12. Транскритическая бифуркация.
13. Бифуркация рождения цикла.
14. Бифуркация удвоения периода.
15. Отображение Пуанкаре. Бифуркационная диаграмма.
16. Область и граница устойчивости.
17. Динамика биологических популяций.
18. Модели экономической динамики.
19. Моделирование критических явлений в химической кинетике. Редукция моделей.
20. Самоорганизация и образование структур.
21. Типы синхронизации и методы их диагностики.

22. Алгоритм Беннетина для расчета спектра показателей Ляпунова.
23. Понятие топологии в теории сложных сетей. Основные виды топологий.
24. Понятие адаптивной сети.
25. Понятие многослойной сети.
26. Синхронизация элементов сети. Параметр порядка.
27. Химерное состояние сети.

Тестовые задания

1. Динамической является система

$$1) \begin{cases} \dot{x} + x = 5, \\ \dot{y} - \dot{x} = 1, \end{cases}$$

$$2) \begin{cases} \dot{x} = x + yt, \\ \dot{y} = x - y, \end{cases}$$

$$3) \begin{cases} \dot{x} = xy - y, \\ \dot{y} = x \sin y, \end{cases}$$

$$4) \begin{cases} \ddot{x} + \dot{x} = x, \\ \dot{y} + y = 1, \end{cases}$$

$$5) \ddot{x} - \dot{x} + x = 3.$$

2. Система $\begin{cases} \dot{x} = 2x - 3y, \\ \dot{y} = 5x + 2y \end{cases}$

- 1) имеет одно положение равновесия
- 2) имеет два положения равновесия
- 3) имеет три положения равновесия
- 4) имеет бесконечно много положений равновесия
- 5) не имеет положений равновесия

3. Система $\begin{cases} \dot{x} = 2x - 3y, \\ \dot{y} = 4x - 6y \end{cases}$

- 1) имеет одно положение равновесия
- 2) имеет два положения равновесия
- 3) имеет три положения равновесия
- 4) имеет бесконечно много положений равновесия
- 5) не имеет положений равновесия

4. Система $\begin{cases} \dot{x} = x + y, \\ \dot{y} = x - xy \end{cases}$

- 1) имеет одно положение равновесия
- 2) имеет два положения равновесия
- 3) имеет три положения равновесия

4) имеет бесконечно много положений равновесия

5) не имеет положений равновесия

5. Устойчивыми на плоскости являются точки

1) устойчивый узел, центр

2) устойчивый узел, седло

3) седло, устойчивый фокус

4) неустойчивый фокус, центр

5) неустойчивый узел, седло

6. Характеристическое уравнение для системы $\begin{cases} \dot{x} = x - y, \\ \dot{y} = 2x + 3y \end{cases}$

1) $\lambda^2 + 4\lambda - 3 = 0$

2) $\lambda^2 + 2\lambda + 3 = 0$

3) $\lambda^2 - 4\lambda + 5 = 0$

4) $\lambda - 3 = 0$

5) $\lambda^2 + 5\lambda - 6 = 0$

7. Корни характеристического уравнения системы $\begin{cases} \dot{x} = x - 2y, \\ \dot{y} = 3x + 3y \end{cases}$ имеют вид

1) $\lambda_1 = 2, \lambda_2 = 3,$

2) $\lambda_1 = -1, \lambda_2 = 5,$

3) $\lambda_1 = \lambda_2 = -6,$

4) $\lambda_{1,2} = -2 \pm 3i,$

5) $\lambda_{1,2} = 2 \pm \sqrt{5}i,$

8. Нулевое положение равновесия системы $\begin{cases} \dot{x} = x + 3y, \\ \dot{y} = x + 5y \end{cases}$ является

1) устойчивым узлом

2) неустойчивым узлом

3) седлом

4) устойчивым фокусом

5) центром

9. Для системы $\begin{cases} \dot{x} = x - \sin(x + y) + 2y + x^2, \\ \dot{y} = x \sin x - x + 3y \end{cases}$, системой первого приближения является система

1) $\begin{cases} \dot{x} = x + 2y, \\ \dot{y} = -x + 3y, \end{cases}$ 2) $\begin{cases} \dot{x} = y, \\ \dot{y} = -x + 3y, \end{cases}$ 3) $\begin{cases} \dot{x} = x + 2y, \\ \dot{y} = x^2 - x + 3y, \end{cases}$

4) $\begin{cases} \dot{x} = x + 2y + x^2, \\ \dot{y} = -x + 3y, \end{cases}$ 5) $\begin{cases} \dot{x} = x + 2y + x^2, \\ \dot{y} = -x + 3y, \end{cases}$

10. Нулевое положение равновесия системы $\begin{cases} \dot{x} = x - 2y + x^2, \\ \dot{y} = x - xy \end{cases}$ является

- 1) седлом 2) центром 3) устойчивым узлом
4) устойчивым фокусом 5) неустойчивым фокусом

11. Нулевое положение равновесия системы $\begin{cases} \dot{x} = \sin 2x - y + x^2, \\ \dot{y} = x - \sin(xy + y) \end{cases}$ является

- 1) седлом 2) центром 3) устойчивым узлом
4) устойчивым фокусом 5) неустойчивым фокусом

14. Образовательные технологии

Для успешного освоения дисциплины в ходе изложения материала используются лекции на основе мультимедийных презентаций. При изложении материала лектор обсуждает проблемные вопросы, направленные на практическую и самостоятельную деятельность студента. Большое внимание на лекционных и практических занятиях уделяется решению задач из курса «Теория динамических систем и сложных сетей».

Для развития самостоятельной активности в изучении материала студентам предлагается использование интернет-ресурсов (электронных каталогов, специализированных порталов и сайтов), подготовка к участию в дискуссиях по предлагаемым темам курса, выступление с рефератами. По всем практическим и самостоятельным работам студентам предлагается индивидуальное задание.

При защите рефератов будет использоваться технология рецензирования «1-2-3»: студент рецензент по рецензируемому реферату должен сделать одно замечание, два положительных момента, три предложения по улучшению.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 60% аудиторных занятий.

При обучении лиц с ограниченными возможностями и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуализации обучения, сопровождение тьюторами в образовательном пространстве; увеличивается время на самостоятельное освоение материала.

Для достижения планируемых результатов также используются следующие образовательные технологии:

1. Дистанционные на основе информационно-образовательной среды СГТУ имени Гагарина Ю.А., основе реализации возможности самостоятельного изучения материалов по всем видам образовательной деятельности в соответствии с учебным планом, в том числе до прохождения занятий, текущего дистанционного консультирования студентов.

2. Развивающее проблемно-ориентированное обучение, направленное на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения на основе рассмотрения примеров из практической деятельности преподавателей, в области научно-практических исследований.

3. Личностно ориентированное обучение, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе в рамках самостоятельной работы.

15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

(позиции раздела нумеруются сквозной нумерацией и на них осуществляются ссылки из 5-13 разделов)

Основная литература

1. Мозер Ю. Заметки о динамических системах [Электронный ресурс]/ Мозер Ю., Цендер Э.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2011.— 356 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16521>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

2. Мозер Юрген Устойчивые и хаотические движения в динамических системах [Электронный ресурс]: в приложении к небесной

механике/ Мозер Юрген— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2010.— 184 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16650>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

3 Лоскутов А.Ю. Основы теории сложных систем [Электронный ресурс]/ Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2007.— 620 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16589>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Дополнительная литература

4. Каданцев В.Н. Устойчивость и эволюция динамических систем. Основы синергетики. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Каданцев В.Н.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2013.— 205 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13431>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

5. Каданцев В.Н. Устойчивость и эволюция динамических систем. Основы синергетики. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Каданцев В.Н.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2013.— 210 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13432>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

6. Райхл Линда Е. Переход к хаосу в консервативных классических и квантовых системах [Электронный ресурс]/ Райхл Линда Е.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2008.— 756 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16592>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

7. Структуры в динамике. Конечномерные детерминированные системы [Электронный ресурс]/ Х.В. Брур [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2003.— 336 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16630>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

8. Нелинейность. От колебаний к хаосу [Электронный ресурс]: задачи и учебные программы/ А.П. Кузнецов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2006.— 188 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16576>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

Периодические издания

9. Проблемы механики и управления: Нелинейные динамические системы – Режим доступа: http://elibrary.ru/title_about.asp?id=28628

10. Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика – Режим доступа: http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7720

11. Математические методы в технике и технологиях ММТТ – Режим доступа: <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=51029>

12. Математическое моделирование и численные методы – *Режим доступа:* <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=51755>

Интернет-ресурсы

13. Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru>

14. Интернет-энциклопедия Wikipedia – <http://ru.wikipedia.org>

15. Интернет библиотека – <http://www.twirpx.ru>

Материалы ИОС

16. Ссылка на материалы в системе ИОС:
<https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/AUM/15.03.04/B.3.1.7/default.aspx>

16. Материально-техническое обеспечение

Лекционные и практические занятия проходят с использованием компьютеров в типовом компьютерном классе, оборудованном специализированной учебной мебелью, технических средств обучения (мультимедийный проектор, интерактивная доска).

Для проведения практических занятий требуются типовые компьютерные классы с программным обеспечением (Microsoft Office 2007/2010, Matlab, MathCAD), рассчитанные на обучение группы студентов из 15–20 человек, удовлетворяющие санитарно-гигиеническим требованиям, работающие под управлением операционной системы Microsoft Windows XP или Windows 7 с подключением к сети Internet.