

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

Кафедра «Радиоэлектроника и телекоммуникации»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

«М.1.1.2 Методы нелинейной динамика в радиоэлектронике и телекоммуникациях»

направления

«11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Профиль 2 «Радиофизические и оптические системы связи»

форма обучения – заочная
курс – 1
семестр – 2
зачетных единиц – 6
часов в неделю – 3
всего часов – 216,
в том числе:
лекции – 18
коллоквиумы – нет
практические занятия – 36
лабораторные занятия – нет
самостоятельная работа – 162
зачет – нет
экзамен – 2 семестр
РГР – нет
курсовая работа – нет
курсовой проект – нет

1. Цели и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины является изучение студентами методов анализа нелинейных систем различной природы, способов описания простейших базовых моделей теории нелинейных колебаний и основных нелинейных явлений. В результате изучения дисциплины у студентов должны сформироваться знания, умения и навыки, позволяющие проводить теоретические исследования нелинейных явлений, демонстрируемые системами различной природы, включая радиоэлектронные и телекоммуникационные системы, а также владеть методами теоретического, компьютерного и экспериментального исследования конкретных практически важных систем.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении курсов «Математический анализ», «Физика».

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

способностью выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2).

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- универсальные нелинейные явления, наблюдаемые в физических, химических и медико-биологических системах ;
- Основные методы анализа нелинейных колебательных систем;
- Физические эффекты и процессы, лежащие в основе действия типичных колебательных, автоколебательных радиотехнических систем и блоков;

Уметь:

- теоретически анализировать, рассчитывать и экспериментально исследовать параметры и характеристики нелинейных систем;
- Проводить математическое моделирование физических процессов в нелинейных радиофизических системах;
- Проводить самостоятельный анализ физических колебательных и волновых процессов, происходящих в электронных телекоммуникационных устройствах;

Владеть:

- методами теории устойчивости и бифуркаций динамических систем, основными подходами к теоретическому описанию и экспериментальному исследованию реальных колебательных систем.

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

№ Мо-ду-ля	№ Не-де-ли	№ Те-мы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лек-ции	Коллок-виумы	Лабораторные	Практические	СРС
1	2	3	4	5	6	7		8	9
3 семестр									
1	1	1	Введение. Линейный осциллятор	4	2				2
2	3	2	Динамическая система. Состояния равновесия, устойчивость и бифуркации	18	2			6	10
3	5	3	Нелинейный осциллятор	10	2			2	6
3	7	4	Вынужденные колебания нелинейного осциллятора и нелинейный резонанс	14	2			6	6
4	9	5	Параметрические колебания	12	2			4	6
5	11	6	Автоколебания	14	2			6	6
6	13	7	Синхронизация	14	2			6	6
7	15	8	Колебания в распределенных системах. Волновые процессы	12	2			4	6
8	17	9	Современные проблемы теории колебаний. Явление динамического хаоса	10	2			2	6
Всего				108	18			36	54

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	Л1. Введение. Линейный осциллятор	1-3
			Введение. Предмет теории колебаний. Колебательные системы различной природы и проблема описания их динамики. Временной и спектральный подход в теории колебаний. Идеи Л.И.Мандельштама. Идея «колебательной общности» и «колебательной взаимопомощи». Теория колебаний как «интернациональный язык». Теория колебаний как физическая дисциплина. Теория колебаний и другие синтетические дисциплины – нелинейная динамика, теория динамического хаоса, синергетика, теория диссипативных структур. Примеры систем, описываемых уравнением линейного осциллятора. Маятник, шарик на пружине, шарик в яме, колебательный контур, резонатор Гельмгольца, СВЧ резонатор. Идеи «колебательной общности и взаимопомощи». Общее решение уравнения линейного осциллятора и принцип суперпозиции. Иллюстрация идеи «колебательной общности и взаимопомощи» на примере линейного осциллятора.	
2	2	2	Л2. Динамическая система. Состояния равновесия, устойчивость и бифуркации	4-6,9
			Понятие динамической системы. Понятие состояния. Фазовое пространство динамической системы. Фазовый портрет, особые фазовые траектории. Состояния равновесия. Устойчивость состояний равновесия, типы состояний равновесия на фазовой плоскости (центр, фокус, узел, седло). Бифуркация, нормальные формы. Бифуркации состояний равновесия (седло-узловая, потери симметрии, транскритическая, рождения цикла)	
3	2	3	Л3. Нелинейный осциллятор	2,5,7,9
			Первоначальное представление об основных эффектах, к которым приводит нелинейность: неизохронность, ангармоничность, мультистабильность и гистерезис, периодические и хаотические автоколебания. Нелинейный осциллятор. Качественный анализ типов движений. Примеры нелинейных осцилляторов. Маятник, контакт Джозефсона. Уравнения вида $\ddot{x} + f(x)$ и их анализ: закон сохранения энергии, фазовая	

			плоскость. Качественный анализ типов движений. Роль седел и сепаратрис. Неизохронность и ангармоничность нелинейного осциллятора.	
4	2	4	Л4. Вынужденные колебания нелинейного осциллятора и нелинейный резонанс	3,5,7,8
			Уравнение динамики нелинейного осциллятора с внешним воздействием. Трехмерное фазовое пространство неавтономной системы. Анализ задачи о нелинейном резонансе методом усреднения. Укороченные уравнения для амплитуды и фазы. Нелинейные резонансные кривые. Гистерезис. Складки и сборки на плоскости параметров частота-амплитуда воздействия. Нелинейный колебательный контур под внешним воздействием. Резонанс на субгармониках. Резонанс на гармониках, субгармониках и комбинационных частотах.	
5	2	5	Л5. Параметрические колебания.	7,8
			Динамические системы, параметры которых меняются со временем периодически. Колебательный контур с периодическим изменением емкости. Уравнение Матье и уравнение Хилла. Параметрический резонанс. Анализ устойчивости движений осциллятора $\ddot{x} + \omega^2 (1 + \varepsilon \sin(\omega t)) x$ в зависимости от амплитуды ε и частоты ω параметрической накачки. Анализ уравнения Матье. Зоны устойчивости и неустойчивости на плоскости амплитуда - частота воздействия при отсутствии и при наличии диссипации. Маятник Капицы. Устойчивость перевернутого маятника с вертикально колеблющейся точкой подвеса. Стабилизация однородных движений взаимодействующих осцилляторов посредством высокочастотной периодической модуляции параметра связи. Анализ устойчивости синфазных колебаний двух связанных осцилляторов в зависимости от амплитуды и частоты параметрической накачки. Обобщение метода стабилизации однородных колебаний на цепочку связанных осцилляторов.	
6	2	6	Л6. Автоколебания.	2-9
			Примеры автоколебательных систем и их математические модели. Генератор на триодной лампе. Генератор на туннельном диоде. RC – генератор с мостом Вина. Маятник Фроуда. Закрепленный пружинами грузик на ленте, движущийся с постоянной скоростью. Свойства простейших автоколебательных систем. Уравнения Ван дер Поля и уравнение Релея. Другие примеры автоколебательных систем различной природы. Уравнение Ван дер Поля. Фазовая плоскость уравнения Ван дер Поля. Бифуркация Андронова-	

			<p>Хопфа. Предельный цикл, как аттрактор, отвечающий периодическим автоколебаниям.</p> <p>Режимы слабой и сильной нелинейности: квазигармонические и релаксационные колебания.</p> <p>Обобщенное уравнение для амплитуд. Метод медленно меняющихся амплитуд и решение уравнения Ван-дер-Поля вблизи точки бифуркации.</p> <p>Обобщенное уравнение для амплитуд и его использование Л.Д. Ландау в теории турбулентности.</p> <p>Жесткое возбуждение автоколебаний.</p> <p>Автогенератор с жестким возбуждением. Уравнение для амплитуд генератора с жестким возбуждением.</p> <p>Анализ бифуркационных переходов. Характерные фазовые портреты и бассейны притяжения.</p> <p>Исследование автоколебательных систем методом точечных отображений.</p>	
7	2	7	Л7. Синхронизация.	3-8
			<p>Общие представления. Явление синхронизации.</p> <p>Синхронизация часов, описанная Гюйгенсом.</p> <p>Примеры систем различной природы, демонстрирующие явление синхронизации. Внешняя синхронизация периодических движений.</p> <p>Автогенератор под внешним периодическим воздействием и дифференциальное уравнение первого порядка для динамики фазы. Режимы захвата частоты и режимы биений. Тор как аттрактор, отвечающий квазипериодическим колебаниям.</p> <p>Взаимная синхронизация периодических движений.</p> <p>Синхронизация двух резистивно связанных генераторов Ван дер Поля.</p>	
8	2	8	Л8. Колебания в распределенных системах. Волновые процессы.	3,8
			<p>Модели распределенных систем. Примеры распределенных систем различной природы: лазер, лампа обратной волны, гидродинамические течения.</p> <p>Проблема турбулентности. Модели распределенных систем: уравнения в частных производных, уравнения с запаздыванием, решетки связанных отображений, клеточные автоматы, решетки связанных осцилляторов.</p> <p>Приближенное конечномерное описание.</p> <p>Возможность приближенного конечномерного описания динамики некоторых распределенных систем: физические основания и теорема о центральном многообразии. Пример: уравнение Гинзбурга-Ландау и иерархии упрощающихся моделей</p>	
9	2	9	Л9. Современные проблемы теории колебаний. Явление динамического хаоса.	3,4,6,8,9
			<p>Неустойчивость и хаотическая динамика.</p> <p>Простейшие примеры систем с хаотическим</p>	

			<p>поведением. Связь между хаосом и неустойчивостью. Базовые модели динамического хаоса. Задача о термоконвекции жидкости в петле и динамика однододового лазера: модель Лоренца. Динамика модели Лоренца. Другие примеры систем с хаотическим поведением: модель Ресслера, схема Чуа, генератор с инерционной нелинейностью. Странный аттрактор. Отображение Пуанкаре. Отображение Хенона и логистическое отображение. Итерационные диаграммы. Хаос в логистическом отображении.</p> <p>Сценарии перехода к хаосу. Переход к хаосу через каскад удвоений периода и универсальность Фейгенбаума. Другие сценарии перехода к хаосу через перемежаемость и через квазипериодичность. Знакомство с проблемами управления хаосом, синхронизации хаоса и управляемой синхронизации хаоса. Общее представление и постановка задачи. Управление и синхронизация хаоса в логистических отображениях.</p>	
--	--	--	--	--

6. Содержание коллоквиумов

Не предусмотрено учебным планом

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
2	6	1-3	Динамическая система. Состояния равновесия, устойчивость и бифуркации	5
3	4	4-5	Нелинейный осциллятор	7
4	6	6-8	Вынужденные колебания нелинейного осциллятора и нелинейный резонанс	7
5	4	6-8	Параметрические колебания	8
6	6	9-10	Автоколебания	2,3,5,7
7	6	11	Синхронизация	5-8
8	4	12	Колебания в распределенных системах. Волновые процессы	3,8
9	2	13-14	Современные проблемы теории колебаний. Явление динамического хаоса	4,6,9

8. Перечень лабораторных работ
Не предусмотрено учебным планом

9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	2	Вывод уравнения линейного осциллятора для малых колебаний в различных физических системах. Что является предметом теории колебаний?	1-3,5,7,8
2	10	Отработка методов анализа устойчивости и бифуркаций состояний равновесия в нелинейных системах.	4,5,8,9
3	6	Освоение приближенных аналитических методов теории нелинейных колебаний применительно к нелинейным осцилляторам Дуффинга, Уеды, Тоды. Определение поправок к частоте для перечисленных осцилляторов.	5,7
4	6	Отработка метода усреднения применительно к неавтономным квазигармоническим системам. Получить укороченные уравнения для амплитуды и фазы диссипативного, неавтономного осциллятора Дуффинга. Резонансные характеристики. В чем заключается явление нелинейного резонанса?	5,7,8
5	6	Анализ колебательных систем с периодически меняющимися параметрами аналитическими методами. Построение базовых математических моделей. Что называется уравнением Матье? В чем состоит явление параметрического резонанса? Как перестраиваются зоны неустойчивости Матье при введении диссипации в осциллятор?	7,8
6	10	Освоение теории автоколебаний. Что понимают под автоколебаниями и автоколебательными системами? Приведите примеры автоколебательных систем различной физической природы. Что называется	2,5-8

		осциллятором Ван дер Поля и осциллятором Релея? Что называется устойчивым предельным циклом? Используя метод медленно меняющихся амплитуд, получите из уравнения Ван дер Поля укороченные уравнения для амплитуд и фаз. Опишите суперкритическую и субкритическую бифуркации Андронова - Хопфа. Уравнение Ландау – Стюарта. Генератор с жестким возбуждением, бифуркационная диаграмма, гистерезис и бистабильность.	
7	8	Освоение теории синхронизации. Эффекты внешней и взаимной синхронизации периодических автоколебаний. Определите область синхронизации осциллятора ван дер Поля при гармоническом воздействии. Опишите явление взаимной синхронизации и явление гашения автоколебаний в диссипативно связанных генераторах.	5-8
8	4	Знакомство с теорией колебаний распределенных систем. Примеры распределенных систем различной природы. Модели распределенных систем: уравнения в частных производных, уравнения с запаздыванием, решетки связанных отображений, решетки связанных осцилляторов.	3,8
9	2	Знакомство с теорией динамического хаоса. Базовые модели динамического хаоса. Отображение Эно и логистическое отображение. Итерационные диаграммы. Хаос в логистическом отображении. Сценарии перехода к хаосу.	4,8,9

10. Расчетно-графическая работа

Не предусмотрена учебным планом

11. Курсовая работа

Не предусмотрена учебным планом

12. Курсовой проект

Не предусмотрен учебным планом

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

Этапы формирования компетенций

Компетенция		Этапы формирования
ОПК-2	Знания	Последовательно, в течение всего курса, по мере прослушивания лекций.
	Умения	Последовательно, по мере выполнения практических работ.
	Навыки	Итерационно, по мере решения типовых задач по разделам дисциплины.

Формы контроля компетенций

Виды аттестации	Оцениваемые компетенции	Темы	Форма оценочных средств
Текущий контроль	ОПК-2	Все разделы	Контрольная работа, практические задания
Промежуточный контроль	ОПК-2	Все разделы	Экзамен

Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка	Компетенция	Критерии сформированности	
«удовлетворительно»	ОПК-2	Знания	фрагментарные, поверхностные знания учебного материала, затруднения с использованием понятийного аппарата, научным языком и терминологией соответствующей научной области
		Умения	допустимы погрешности в умении решать типичные упражнения на основе воспроизведения стандартных алгоритмов, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя
		Навыки	решать типовые задачи на основе приобретенных знаний и умений, с их применением в типичных ситуациях
«хорошо»	ОПК-2	Знания	полное знание учебного материала, достаточное владение понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области
		Умения	решать типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов

			решения
		Навыки	решать усложненные задачи на основе приобретенных знаний и умений, с их применением в нетипичных ситуациях и незначительными огрехами, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя
«отлично»	ОПК-2	Знания	воспроизводить и объяснять весь учебный материал, владение понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области, логически корректно и убедительно излагает свои знания
		Умения	решать типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов решения
		Навыки	решать усложненные задачи на основе приобретенных знаний и умений, с их применением в нетипичных ситуациях

Фонд оценочных средств по дисциплине «Физика колебательных и волновых процессов» позволяют оценить знания, умения и уровень приобретённых компетенций.

Фонд оценочных средств по дисциплине включает в себя:

- Контрольные вопросы;
- Задачи;
- Задания для проведения занятий в интерактивной форме.

Оценка качества освоения программы дисциплины «Физика колебательных и волновых процессов» включает текущий контроль успеваемости, промежуточную и итоговую аттестации.

Контрольные вопросы по дисциплине:

1. Что является предметом теории колебаний?
2. Что называется фазовым пространством динамической системы?
3. Что называется фазовым портретом динамической системы?
4. Какие состояния равновесия могут быть на фазовой плоскости?
5. Что называется осциллятором Дуффинга?
6. Как выглядит фазовый портрет линейного автономного осциллятора?
7. Какие типичные бифуркации состояний равновесия могут происходить в системах с двумерным фазовым пространством?
8. Что называется нормальной формой седло – узловой бифуркации состояний равновесия?

9. Что называется нормальной формой транскритической бифуркации состояний равновесия?
10. Что называется нормальной формой бифуркации типа вил состояния равновесия?
11. Что называется нормальной формой бифуркации Андронова – Хопфа состояний равновесия?
12. К каким основным эффектам приводит нелинейность?
13. Перечислите простейшие типы аттракторов.
14. Что называется бассейном притяжения аттрактора?
15. Определите методом медленно меняющихся амплитуд поправку к частоте для осциллятора Дуффинга.
16. В чем заключается явление нелинейного резонанса?
17. Определите точку сборки в пространстве параметров нелинейного неавтономного осциллятора.
18. Опишите явление резонанса на субгармониках.
19. Что называется уравнением Матье?
20. В чем состоит явление параметрического резонанса?
21. Как перестраиваются зоны неустойчивости Матье при введении диссипации в осциллятор?
22. Что понимают под автоколебаниями и автоколебательными системами? Приведите примеры автоколебательных систем различной физической природы.
23. Что называется осциллятором Ван дер Поля и осциллятором Релея?
24. Что называется устойчивым предельным циклом?
25. Используя метод медленно меняющихся амплитуд, получите из уравнения Ван дер Поля укороченные уравнения для амплитуд и фаз.
26. Опишите суперкритическую и субкритическую бифуркации Андронова - Хопфа.
27. В чем состоит явление синхронизации периодических движений?
28. Определите область синхронизации осциллятора Ван дер Поля при гармоническом воздействии.
29. Постройте качественно фазовые портреты для консервативного осциллятора Дуффинга.
30. Каковы характерные особенности автоколебательных систем с жестким возбуждением?
31. Определите координаты однократных неподвижных точек и выражения для собственных значений в логистическом отображении.
32. Получите выражение для ляпуновского характеристического показателя периодических движений в осцилляторе Ван дер Поля.

Вопросы для зачета

1. Что является предметом теории колебаний?

2. Что называется фазовым пространством динамической системы?
3. Что называется фазовым портретом динамической системы?
4. Какие состояния равновесия могут быть на фазовой плоскости?
5. Что называется осциллятором Дуффинга?
6. Как выглядит фазовый портрет линейного автономного осциллятора?
7. Какие типичные бифуркации состояний равновесия могут происходить в системах с двумерным фазовым пространством?
8. Что называется нормальной формой седло – узловой бифуркации состояний равновесия?
9. Что называется нормальной формой транскритической бифуркации состояний равновесия?
10. Что называется нормальной формой бифуркации типа вил состояния равновесия?
11. Что называется нормальной формой бифуркации Андронова – Хопфа состояний равновесия?
12. К каким основным эффектам приводит нелинейность?
13. Перечислите простейшие типы аттракторов.
14. Что называется бассейном притяжения аттрактора?
15. Определите методом медленно меняющихся амплитуд поправку к частоте для осциллятора Дуффинга.
16. В чем заключается явление нелинейного резонанса?
17. Что называется уравнением Матье?
18. В чем состоит явление параметрического резонанса?
19. Как перестраиваются зоны неустойчивости Матье при введении диссипации в осциллятор?
20. Что понимают под автоколебаниями и автоколебательными системами? Приведите примеры автоколебательных систем различной физической природы.
21. Что называется осциллятором Ван дер Поля и осциллятором Релея?
22. Что называется устойчивым предельным циклом?
23. Используя метод медленно меняющихся амплитуд, получите из уравнения Ван дер Поля укороченные уравнения для амплитуд и фаз.
24. Опишите суперкритическую и субкритическую бифуркации Андронова - Хопфа.
25. В чем состоит явление синхронизации периодических движений?
26. Определите область синхронизации осциллятора Ван дер Поля при гармоническом воздействии.
27. Постройте качественно фазовые портреты для консервативного осциллятора Дуффинга.
28. Каковы характерные особенности автоколебательных систем с жестким возбуждением?

Вопросы для экзамена

Экзамен не предусмотрен учебным планом

14. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов освоения дисциплины «Физика колебательных и волновых процессов» используются следующие образовательные технологии:

Образовательные технологии	Лекция	Практические занятия	Лабораторные занятия	СРС
Информационно-развивающие технологии	+	+		+
Практико-ориентированные технологии		+		+
Развивающие проблемно-ориентированные технологии	+	+		+
Личностно-ориентированные технологии		+		

Интерактивные формы обучения

№ пп.	Применение технологии интерактивного обучения	Количество часов
1	Практические занятия. Работа в команде. СРС. Подготовка и отчет по практическим задачам. Дискуссия.	22

15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Горелик Г.С. Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику [Электронный ресурс]/ Горелик Г.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.— 656 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17269>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Краткое пособие по радиофизике [Электронный ресурс] : методы анализа, задачи, решения : учеб. пособие / Ю. И. Воронцов, И. А.

Биленко ; под ред. А. И. Логгинова. - Электрон. текстовые дан. - М. : КДУ, 2007. - on-line. - Систем. требования: Pentium II, 128 Мб ОЗУ, Windows 98/2000/ME/XP/Vista/7, Adobe Acrobat Reader. - Гриф: допущено УМО по класс. унив. образованию РФ в качестве учеб. пособия для студ. вузов, обучающихся по спец. 010701 - Физика, 010802 - Фундаментальная радиофизика и физическая электроника. - Режим доступа : <http://lib.sstu.ru/index.php/elmrazdel/melellib/3321-elreselibonline>. - Количество одновременных доступов 5. - ISBN 978-5-98227-279-9

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

3. Карлов Н.В. Колебания, волны, структуры [Электронный ресурс]/ Карлов Н.В., Кириченко Н.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.— 491 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17270>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
4. Краснопольская Т.С. Регулярная и хаотическая динамика систем с ограниченным возбуждением [Электронный ресурс]/ Краснопольская Т.С., Швец А.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2008.— 280 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16616>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
5. 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
6. Перунова М.Н. Колебания и волны [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Перунова М.Н.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 387 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30058>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

7. <http://habrahabr.ru/>

ИСТОЧНИКИ ИОС

8. Лекции папка 1.1.

БАЗЫ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫЕ И ПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ

9. <http://twirpx.com/>
10. <http://elibrary.ru/>

11. <http://e.lanbook.com/books/> (Издательство “Лань”. Электронно-библиотечная система)

16. Материально-техническое обеспечение

Персональные компьютеры (на всех компьютерах имеются выход в Интернет и ИОС).