

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

Кафедра «Электронные приборы и устройства»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б.1.3.4.1 «Методы нелинейной динамики»

11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» (ЭЛНЭ)
Профиль - Электронные приборы и устройства

форма обучения – очная

курс – 2

семестр – 3

зачетных единиц - 5

часов в неделю – 4

всего часов – 180

в том числе:

лекции – 28

коллоквиумы – 8

практические занятия – 36

СРС – 108

экзамен – 3 семестр

1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины: получение современных знаний в области нелинейной динамики, выработка навыков применения методов нелинейной динамики для анализа нелинейных динамических систем.

Задачи изучения дисциплины: изучение основ нелинейной динамики, изучение методов нелинейной динамики, анализ нелинейных динамических систем, решение нелинейных дифференциальных уравнений.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Для успешного усвоения данной дисциплины необходимо, чтобы студент владел знаниями, умениями и навыками, сформированными в процессе изучения дисциплин:

Б.1.1.9 Информационные технологии (ОПК-6,9)

Б.1.1.5 Математика (ОПК-1,2)

Б.1.1.6 Физика (ОПК-2)

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

-способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1);

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

В результате изучения дисциплины «Методы нелинейной динамики» студент должен:

знать: физические основы нелинейной динамики, особенности применения методов нелинейной динамики;

уметь: применять методы нелинейной динамики для конкретных динамических систем, анализировать динамические системы;

владеть: возможностями и способами реализации методов нелинейной динамике, навыками компьютерного моделирования для анализа нелинейных динамических систем.

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

№ мо- ду- ля	№ неде- -ли	№ те- мы	Наименование темы	Часы\Из них в интерактивной форме					
				Всег о	Лек- ции	Лабор аторн ые	Колл оквиу мы	Прак- тичес -кие	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3 семестр									
1	1-4	1	Основные понятия и определения методов нелинейной динамики. Нелинейные элементы и нелинейные характеристики.	50	7/7		2	9/4	33/12
1	5-8	2	Фундаментальные эффекты, к которым приводит нелинейность.	43	7/7		2	9/4	25/10
2	9-12	3	Нелинейный осциллятор. Динамическая система общего вида на фазовой плоскости. Особые точки и их классификация.	43	7/7		2	9/4	25/10
2	13-16	4	Численное решение дифференциальных уравнений.	44	7/7		2	9/4	25/10
Всего				180	28\28		8	36/16	108/42

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	8	1-4	Основные понятия и определения методов нелинейной динамики. Нелинейные элементы и нелинейные характеристики. Виды колебаний, динамические системы, фазовый портрет, пространство состояний (фазовое пространство), консервативность и диссипативность, аттрактор. Теория колебаний и нелинейная динамика. Теория волн и динамика распределенных систем. Синергетика, теория диссипативных структур.	1,2
2	8	5-8	Фундаментальные эффекты, к которым приводит нелинейность. Неизохронность. Ангармоничность колебаний и генерация гармоник. Комбинационные составляющие. Автоколебания. Бифуркации, мультистабильность и гистерезис. Динамический хаос.	1,3
3	8	9-12	Нелинейный осциллятор. Динамическая система общего вида на фазовой плоскости. Особые точки и их классификация. Фазовая плоскость. Период колебаний нелинейного осциллятора.	2,4
4	4	13-14	Численное решение дифференциальных уравнений. Метод Эйлера, метод Рунге-Кутты 4-го порядка и другие методы. Примеры численного решения нелинейных дифференциальных уравнений.	1,5,6

6.Содержание коллоквиумов

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема коллоквиума. Вопросы, отрабатываемые на коллоквиуме	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	
1-4	8	1-6	<p>Основные понятия и определения методов нелинейной динамики. Фундаментальные эффекты, к которым приводит нелинейность. Динамическая система общего вида на фазовой плоскости. Численное решение дифференциальных уравнений. Вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Что такое колебательная система? 2) Что такое динамические переменные? 3) Какие колебания называются гармоническими? 4) Охарактеризуйте понятия малых и больших колебаний? 5) Какие величины называют параметрами динамической системы? 6) Что такое динамическая система? 7) Что такое фазовое пространство? 8) Что такое фазовая траектория? 9) Какие динамические системы называют консервативными? 10) Какие динамические системы называют диссипативными? 11) Что такое аттрактор? 12) Что такое автоколебания? 13) Что такое неизохронность? 14) Что такое ангармоничность? 15) Что такое мультистабильность? 16) Что такое динамический хаос? 17) Что такое бифуркация? 18) Какую бифуркацию называют бифуркацией Андронова-Хопфа? 19) Что такое бассейн притяжения? 20) Что такое линии складок? 21) Что такое точка сборки? 22) Что такое жесткая бифуркация или катастрофа? 	[1-6]

7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Задания, вопросы, обрабатываемые на практическом занятии	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1-4	36	1-18	<p>Численное решение нелинейных дифференциальных уравнений. Анализ фазовых портретов. Перечень задач: Задание №1.</p> <p>Построить фазовый портрет и зависимость $x(t)$ для линейного гармонического осциллятора с затуханием с помощью численного решения уравнения методом Эйлера.</p> <p>Уравнение линейного гармонического осциллятора с затуханием:</p> $\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0.$ <p>Подобрать такое значение γ при котором амплитуда первого колебания больше амплитуды второго колебания в n раз.</p> <p>Задание №2.</p> <p>Построить фазовый портрет генератора Ван дер Поля с помощью численного решения уравнения методом Эйлера.</p> $\ddot{y} - (\varepsilon - y^2)\dot{y} + y = 0,$ <p>ε – параметр.</p> <p>Задание №3.</p> <p>Построить фазовый портрет системы Лоренца с помощью численного решения системы уравнений методом Рунге-Кутты 4-го порядка.</p> $\begin{aligned} \dot{x} &= \sigma(y - x), \\ \dot{y} &= -y - xz + rx, \\ \dot{z} &= -bz + xy, \end{aligned}$ <p>r, σ и b – параметры.</p> <p>Задание №4.</p> <p>Построить фазовый портрет системы Рёсслера с помощью численного решения системы уравнений методом Рунге-Кутты 4-го порядка.</p> $\begin{aligned} \dot{x} &= -(y + z), \\ \dot{y} &= x + ay, \\ \dot{z} &= -cz + bx + xz, \end{aligned}$ <p>a, b, c – параметры.</p>	[1-6]

8. Перечень лабораторных работ

Не предусмотрены учебным планом.

9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Литература
1	2	3	4
1	54	Численно смоделировать уравнение нелинейного осциллятора с квадратичной нелинейностью.	2,6,7
2	54	Численно смоделировать уравнение нелинейного осциллятора с кубической нелинейностью	2,7

Методические указания по самостоятельному изучению отдельных разделов дисциплины приведены в соответствующем разделе ИОС [7]

10. Расчетно-графическая работа

Не предусмотрена.

11. Курсовая работа

Не предусмотрена.

12. Курсовой проект

Не предусмотрен.

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

В процессе освоения образовательной программы формируется отдельные элементы компетенций:

ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

ОПК-2 - способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат. Содержание лекционного курса и интерактивных практических занятий формируют на рассматриваемом этапе элементы компетенций в части, касающейся решения основных уравнений систем нелинейной динамики.

Процедура оценивания знаний, умений и навыков проводится в соответствии со следующими методическими материалами и заключается в проведении устного экзаменационного опроса в виде диалога преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения

материала; навыков полученных в ходе практических занятий, для оценки способности студента применить полученные ранее знания для проведения анализа, опыта, а также составления выводов.

Показателем оценивания степени усвоения знаний этого элемента компетенции, является оценка, полученная на экзамене при ответе на вопросы для экзамена. Оценка выставляется по четырехбалльной шкале, соответствующей оценкам зачтено: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и не зачтено: «неудовлетворительно» и осуществляется путем анализа ответа на вопросы для зачета. При этом руководствуются следующими критериями.

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения
Отлично	заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, предусмотренного программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.
Хорошо	заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Оценка "хорошо" выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.
удовлетворительно	заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.
неудовлетворительно	выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала. Оценка ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по рассматриваемой дисциплине

Умения и навыки, приобретенные студентом на этапе освоения указанной части компетенций при преподавании (изучении) рассматриваемой дисциплины, оцениваются по результатам выполнения:

- практических занятий,
- самостоятельной работы.

Показателем оценивания степени усвоения знаний этого элемента компетенции, является оценка, полученная на практических занятиях и самостоятельной работе. Оценка выставляется по четырехбальной шкале, соответствующей оценкам «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и осуществляется путем анализа знаний теоретического материала, а также решения практических задач. При этом руководствуются следующими критериями:

Оценка	Критерии оценивания результатов обучения
Отлично	5 баллов выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Студенты работают полностью самостоятельно: подбирают необходимые для выполнения предлагаемых работ в задании источники знаний, показывают необходимые для проведения практической работы теоретические знания, практические умения и навыки.
Хорошо	4 балла выставляется студенту, если задание выполнено в полном объеме и самостоятельно. Допускаются отклонения от необходимой последовательности выполнения, не влияющие на правильность конечного результата. Студенты используют указанные преподавателем источники знаний, включая страницы атласа, таблицы из приложения к учебнику, страницы из справочной литературы по предмету. Задание показывает знание учащегося основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы. Могут быть неточности и небрежность в оформлении результатов работы.
удовлетворительно	3 балла выставляется студенту, если задание на практическую работа выполняется и оформляется студентами при помощи преподавателя или хорошо подготовленных и уже выполненных на «отлично» данную работу студентов. На выполнение задания затрачивается много времени (можно дать возможность доделать работу дома). Студенты показывают знания теоретического материала, но испытывают затруднение при самостоятельной работе

	с физическими приборами, графиками, таблицами справочной литературы.
неудовлетворительно	2 балла выставляется, если студенты показывают плохое знание теоретического материала и отсутствие умения применить знания к решению практической задачи. Руководство и помощь со стороны преподавателя и хорошо подготовленных студентов неэффективны по причине плохой подготовки студента.

Процедура оценивания знаний, умений, навыков по дисциплине «Методы нелинейной динамики» включает учет успешности выполнения практических работ, самостоятельной работы и сдачи экзамена.

Вопросы для зачета – нет

Вопросы для экзамена

- 1) Основные понятия и определения методов нелинейной динамики. Нелинейные элементы и нелинейные характеристики. Виды колебаний, динамические системы, фазовый портрет, пространство состояний (фазовое пространство), консервативность и диссипативность, аттрактор. Теория колебаний и нелинейная динамика. Теория волн и динамика распределенных систем. Синергетика, теория диссипативных структур.
- 2) Фундаментальные эффекты, к которым приводит нелинейность. Неизохронность. Ангармоничность колебаний и генерация гармоник. Комбинационные составляющие. Автоколебания. Бифуркации, мультистабильность и гистерезис. Динамический хаос.
- 3) Нелинейный осциллятор. Динамическая система общего вида на фазовой плоскости. Особые точки и их классификация. Фазовая плоскость. Период колебаний нелинейного осциллятора.
- 4) Численное решение дифференциальных уравнений. Метод Эйлера, метод Рунге-Кутты 4-го порядка и другие методы. Примеры численного решения нелинейных дифференциальных уравнений.

Тестовые задания по дисциплине – нет

Примерные темы докладов – нет

14. Образовательные технологии

Лекционные занятия проводятся в форме лекций с использованием компьютерных презентаций.

Практические занятия проводятся в форме семинаров и компьютерных практикумов.

Самостоятельная работа включает изучение и освоение материала, подготовку к практическим занятиям и к зачету.

15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Андрианов И. Методы асимптотического анализа и синтеза в нелинейной динамике и механике деформируемого твердого тела [Электронный ресурс]/ Андрианов И., Аврейцевич Я.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2013.— 276 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28899> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю

2. Бахвалов Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бахвалов Н.С., Лапин А.В., Чижонков Е.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.— 240 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12282> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю

3. Кокотушкин Г.А. Численные методы алгебры и приближения функций [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Численные методы»/ Кокотушкин Г.А., Федотов А.А., Храпов П.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011.— 60 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31590> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю

4. Мастяева И.Н. Численные методы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Мастяева И.Н., Семенихина О.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Евразийский открытый институт, Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2003.— 241 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11121> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю

5. Методы нелинейной динамики и теории хаоса в задачах электроники сверхвысоких частот. Том 1. Стационарные процессы [Электронный ресурс]/ Д.И. Трубецков [и др.].— Электрон. текстовые

данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.— 290 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17333> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6. Методы нелинейной динамики и теории хаоса в задачах электроники сверхвысоких частот. Том 2. Нестационарные и хаотические процессы [Электронный ресурс]/ Д.И. Трубецков [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.— 392 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12976> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю

ИСТОЧНИКИ ИОС

7. Методы нелинейной динамики. Режим доступа: <https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/EPU/ELNE/B.1.3.4.1/default.aspx>. По паролю.

16. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Для обеспечения дисциплины необходимо наличие учебной аудитории, снабженной мультимедийными средствами для представления презентаций, компьютерный класс.

Программа курса «Методы нелинейной динамики» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и с учетом рекомендаций ПрООП ВО по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника».