



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ДФУ**

«СОГЛАСОВАНО»

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель ОП

  
\_\_\_\_\_ Бочарова А.А. \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)

«24» января 2020 г.

Заведующий кафедрой механики и математического  
моделирования

  
\_\_\_\_\_ Бочарова А.А. \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)

«24» января 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Нелинейная динамика**

**Направление подготовки: 15.04.03 Прикладная механика**

**Магистерская программа Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг**

**Форма подготовки (очная)**

курс   1   семестр   3  

лекции    -    час.

практические занятия   18   час.

лабораторные работы    -    час.

в том числе с использованием МАО лек.    -    / пр.б.    / лаб.    -    час.

всего часов аудиторной нагрузки   18   час.

в том числе с использованием МАО   6   час.

самостоятельная работа   90   час.

в том числе на подготовку к экзамену -    час.

контрольные работы (количество)

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет   3   семестр

экзамен    семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно установленного федеральным государственным автономным учреждением высшего профессионального образования «Дальневосточный федеральный университет» для реализуемых основных профессиональных образовательных программ, утвержденного приказом ректора от 07.07.2015 г. № 1282.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры механики и математического моделирования протокол №5 от 24 января 2020 г.

Заведующий кафедрой: к.ф.-м.н., доцент А.А.Бочарова

Составитель: к.ф.-м.н., доцент А.А.Бочарова, д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН Ковтанюк Л.Г.

-

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **Цели и задачи освоения дисциплины**

Учебная дисциплина «Нелинейная динамика» предназначена для студентов 1 курса, обучающихся по направлению 15.04.03 «Прикладная механика», магистерская программа «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг». Дисциплина входит в вариативную часть блока «Дисциплины (модули)», является дисциплиной выбора (Б1.В.ДВ.01.01).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 часов. Учебным планом предусмотрены практические занятия (18 часов), самостоятельная работа студента (90 часов). Дисциплина реализуется на 2 курсе в 3-м семестре. Форма контроля – зачет.

**Цель:** Дать магистрантам представление об основных научных проблемах в нелинейной динамике; современном состоянии и перспективах развития исследований в области нелинейной динамики

### **Задачи:**

- систематизировать знания по теории нелинейной динамики;
- на основании теоретической и практической подготовки магистрантов сформировать навыки к самостоятельной научной и педагогической деятельности.

Для успешного изучения дисциплины «Нелинейная динамика» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень; владеть культурой мышления, иметь способности к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения;
- самостоятельно приобретать с помощью информационных и телекоммуникационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности;

- выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии;

- применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности;

- критически анализировать современные проблемы прикладной механики с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты;

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции (элементы компетенций):

<b>Код и формулировка компетенции</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b>	
ПК-1 способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии	Знает	основные понятия нелинейной динамики; место дисциплины среди естественных наук;
	Умеет	записывать уравнения эволюции систем; находить стационарные состояния
	Владеет	терминологией нелинейной динамики систем; основными методами решений дифференциальных уравнений
ПК-5 способностью самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной	Знает	основы системного подхода и динамики нелинейных систем, позволяющие анализировать процессы в системах различной природы

механики для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня)	Умеет	анализировать стационарные состояния на устойчивость; находить точки бифуркаций
	Владеет	основными современными методами расчета объекта научного исследования, использующими передовые информационные технологии
ПК-12 умением извлекать актуальную научно-техническую информацию и наукометрическую информацию из электронных ресурсов, в том числе Science Direct, Elsevier Freedom Collection, SCOPUS	Знает	основные научные проблемы в нелинейной динамике.
	Умеет	формулировать логичные и обоснованные выводы из анализа собственных научных результатов и опубликованных материалов
	Владеет	навыками корректной постановки научного исследования и выявления актуальной научно-технической и наукометрической информации из электронных ресурсов

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Нелинейная динамика» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: «групповая консультация»

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Лекционные занятия (18 часов)**

Не предусмотрены учебным планом

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ**

### **КУРСА**

### **Практические занятия (18 часов)**

**Занятие 1. Динамические системы и их математические модели (2 часа)**

1. Классификация динамических систем

2. Основы математического аппарата для описания динамических систем

3. Вопросы соотношения детерминированного и хаотического поведения.

4. Понятие детерминированного хаоса. Роль нелинейности в динамических процессах

### **Занятия 2-3. Нелинейные осцилляторы (4 часа)**

1. Пружинный маятник на ленте транспортера

2. Осциллятор Дуффинга

3. Маятник с меняющейся длиной нити

4. Автоколебания в электрических цепях на основе уравнения ван-дер-

поля

### **Занятия 4-5 Система Лоренца (4 часа)**

1. Динамика процессов в слое жидкости

2. Одномодовый лазер

3. Нелинейный диссипативный осциллятор

4. Водяное колесо

5. Конвекция в замкнутой петле

### **Занятия 6-7 Отображения. Модели с дискретным временем (4 часа)**

1. Изучение одномерных и двумерных отображений

2. Связь одномерного отображения и свойств системы Лоренца

3. Модель Ферхюльста и теория универсальности Фейгенбаума

4. Сечение Пуанкаре и методы их построения

### **Занятия 8-9 Устойчивость. Критерии устойчивости**

1. Критерии устойчивости стационарных состояний для нелинейных динамических систем

2. Критерии устойчивости на основе показателей Ляпунова

3. Показатели Ляпунова для отображений и критерии хаоса

## Самостоятельная работа (90 часов)

### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине:

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1 -5 неделя	Устный опрос по тематике занятий 1-5	10 час	УО-1
2	6-17 неделя	Устный опрос по тематике занятий 6-9	10 час	УО-1
3	1-10 неделя	Письменный отчет по самостоятельной работе (реферат)	20час	ПР-4
4	6-18 неделя	Письменный отчет по самостоятельной работе (реферат)	20 час	ПР-4
5	10-18 неделя	Подготовка к зачету	30 час.	зачет
	Итого		90 часов	

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

#### Методические рекомендации по выполнению заданий на самостоятельную работу

Основными формами внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине являются написание реферата по выбранной теме, в котором должно быть отражено: описание и анализ проблемы, различные точки зрения

Подготовка :овладение знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю специальности; приобретение способности к самостоятельному поиску работы и трудоустройства; формирование готовности к самообразованию, самостоятельности и ответственности; развитие творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Выполнение обучающимися внеаудиторных самостоятельных работ способствует формированию профессиональных и общих компетенций,

соответствующих виду профессиональной деятельности по дисциплинам и профессиональным модулям.

**Обучающийся обязан:**

- перед выполнением самостоятельной работы, повторить теоретический материал, пройденный на аудиторных занятиях;
- выполнить работу согласно заданию;
- по каждой самостоятельной работе представить преподавателю отчет в письменном виде.
- ответить на поставленные вопросы.

**Устные опросы**

Вопросы и критерии оценки размещены в фондах оценочных средств

**Письменные отчеты по самостоятельной работе (рефераты)**

Темы рефератов и критерии оценки размещены в фондах оценочных средств

**Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Результаты самостоятельной работы студент выполняет в виде реферата, содержащего пояснительную записку.

Материалы пояснительной записки должны быть изложены последовательно, лаконично, логически связаны. Пояснительная записка выполняется на компьютере на одной стороне листа формата А4. Таблицы и схемы могут быть выполнены на листах иного формата, но должны быть аккуратно сложены по формату А4. Объем реферата составляет не более 16-18 страниц.

Титульный лист не нумеруется. На следующем листе ставится номер «2». Номер проставляется арабскими цифрами в нижнем правом углу страницы.

Текст оформляется в соответствии с требованиями делопроизводства, печатается через 1,5 интервала. Сверху страницы делается отступ 20 мм, слева – 25 мм, справа – 15 мм, снизу – 20 мм. Абзацные отступы должны быть равны 5 знакам.

Текст должен быть разделен на разделы и подразделы (заголовки 1-го и 2-го уровней), в случае необходимости – пункты, подпункты (заголовки 3-го и 4-го уровней). Заголовки должны быть сформулированы кратко. Все заголовки иерархически нумеруются.

Основной текст следует набирать шрифтом Times New Roman с обычным начертанием. Заголовки 1-го и 2-го уровней следует набирать с полужирным начертанием, заголовки 3-го и 4-го уровней – обычным. Названия рисунков и таблиц рекомендуется набирать 12 шрифтом с полужирным начертанием.

Критерии оценки самостоятельной работы приведены в фондах оценочных средств.

#### **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Темы занятий 1-5	ПК-1, ПК-5	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы к зачету 1-8
			умеет	Письменная работа (реферат) (ПР-4)	
			владеет		
2	Темы занятий 6-9	ПК-5, ПК-12	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы к зачету 9-15
			умеет	Письменная работа (реферат) (ПР-4)	
			владеет		

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Аврамов, К. В. Нелинейная динамика упругих систем. Том 1. Модели, методы, явления / К. В. Аврамов, Ю. В. Михлин. — Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2015. — 716 с. <http://www.iprbookshop.ru/69361.html>
2. Е., Стюарт Динамика систем с неравенствами : удары и жесткие связи / Давид Стюарт Е. ; перевод А. П. Иванов. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2013. — 544 с. <http://www.iprbookshop.ru/28885.html>
3. Андрианов, И. Методы асимптотического анализа и синтеза в нелинейной динамике и механике деформируемого твердого тела / И. Андрианов, Я. Аврейцевич. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2013. — 276 с. <http://www.iprbookshop.ru/28899.html>
4. Полищук, Д. Ф. Интеграционная механика. Комплексная методика решения взаимосвязанных нелинейных задач / Д. Ф. Полищук. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2015. — 140 с. <http://www.iprbookshop.ru/68739.html>

### **Дополнительная литература:**

1. Красильников, П. С. Прикладные методы исследования нелинейных колебаний : монография / П. С. Красильников. — Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2015. — 528 с. — ISBN 978-5-4344-0313-9. — Текст : электронный // Электронно-

библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL:  
<http://www.iprbookshop.ru/69363.html>

2. Бетяев, С. К. Избранные труды. Том 4. Асимптотические методы классической динамики жидкости / С. К. Бетяев. — Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2015. — 516 с. <http://www.iprbookshop.ru/69354.html>

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

На изучение дисциплины отводится 18 часов аудиторных занятий и 90 часа самостоятельной работы.

На практических занятиях преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и метод решения. Если полученных в аудитории знаний окажется недостаточно, студент может самостоятельно повторно прочесть лекцию или соответствующую литературу, просмотреть практикум с разобранными примерами. После выполнения задания, студент защищает его преподавателю в назначенное время.

**Рекомендации по работе с литературой.** Теоретический и практический материал курса разъяснён в материалах рабочей учебной программы дисциплины, предлагаемого преподавателем на занятиях, также в учебниках и учебных пособиях из списка основной и дополнительной литературы.

**Рекомендации по подготовке к зачету.** Успешная подготовка к зачету включает работу на практических занятиях в течение семестра, выполнение и защита реферата. При подготовке к зачету необходимо разобрать основные темы, постановки задач и используемые методы.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Оборудование, размещенное в аудиториях для проведения практических занятий по дисциплине:

Моноблоки Lenovo C360G-i34164G500UDK – 20 шт;

Мультимедийный проектор, Mitsubishi EW330U, 3000 ANSI Lumen, 1280x800 – 1 шт;

Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, 50 см, размер рабочей области 236x147 см – 1 шт;

Акустическая система для потолочного монтажа с низким профилем, Extron SI 3CT LP (пара) – 3 шт;

Документ-камера Avervision CP355AF – 1 шт;

ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716CCBA – 1 шт;

Сетевая видеочкамера Multipix MP-HD718 – 1 шт.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

## VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### ПАСПОРТ ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-1 способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии	Знает	основные понятия нелинейной динамики; место дисциплины среди естественных наук;
	Умеет	записывать уравнения эволюции систем; находить стационарные состояния
	Владеет	терминологией нелинейной динамики систем; основными методами решений дифференциальных уравнений
ПК-5 способностью самостоятельно выполнять научные исследования в	Знает	основы системного подхода и динамики нелинейных систем, позволяющие анализировать процессы в системах различной

области прикладной механики для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня)		природы
	Умеет	анализировать стационарные состояния на устойчивость; находить точки бифуркаций
	Владеет	основными современными методами расчета объекта научного исследования, использующими передовые информационные технологии
ПК-12 умением извлекать актуальную научно-техническую информацию и наукометрическую информацию из электронных ресурсов, в том числе Science Direct, Elsevier Freedom Collection, SCOPUS	Знает	основные научные проблемы в нелинейной динамике.
	Умеет	формулировать логичные и обоснованные выводы из анализа собственных научных результатов и опубликованных материалов
	Владеет	навыками корректной постановки научного исследования и выявления актуальной научно-технической и наукометрической информации из электронных ресурсов

### Контроль достижений целей курса

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Темы занятий 1-5	ПК-1, ПК-5	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы к зачету 1-8
			умеет	Письменная работа (реферат) (ПР-4)	
			владеет		
2	Темы занятий 6-9	ПК-5, ПК-12	знает	Устный опрос (УО-1)	Вопросы к зачету 9-15
			умеет	Письменная работа (реферат) (ПР-4)	
			владеет		

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-1 способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии	Знает	основные понятия нелинейной динамики; место дисциплины среди естественных наук;	- знание основных типовых задач, решённых с помощью применения асимптотических методов	- способность самостоятельно повторить решение типовых задач с помощью применения асимптотических методов.
	Умеет	записывать уравнения эволюции систем; находить стационарные состояния	- умение применять полученные знания для выбора оптимального асимптотического метода в различных математических моделях. правильно подбирать асимптотический метод, в зависимости от математической модели, описывающей исследуемый процесс	- способность выполнять анализ предложенной математической модели с целью выбора асимптотического метода;
	Владеет	терминологией нелинейной динамики систем; основными методами решений дифференциальных уравнений	- владение методами асимптотического анализа прикладных и научно-исследовательских задач. основными методами асимптотического анализа для решения прикладных и научно-исследовательских задач	- способность проанализировать задачу на возможность применения асимптотических методов; - способность представить решение задачи несколькими асимптотическими методами
ПК-5 способностью самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения	Знает	основы системного подхода и динамики нелинейных систем, позволяющие анализировать процессы в системах различной природы	- перечислить области приложения асимптотических методов, наиболее важные практические и научные задачи, решённые с помощью применения асимптотических методов.	области приложения асимптотических методов, наиболее важные практические и научные задачи, решённые с помощью применения асимптотических методов.
	Умеет	анализировать стационарные состояния на устойчивость; находить точки бифуркаций	применять асимптотические методы при решении практических задач нахождение асимптотики интеграла или решения	применять асимптотические методы при решении практических задач нахождение интеграла или решения алгебраического или

математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня)			алгебраического или дифференциального уравнения;	дифференциального уравнения;
	Владеет	основными современными методами расчета объекта научного исследования, использующими передовые информационные технологии	навыками интерпретации и анализа полученных результатов исследования и оценки точности полученного решения, доведение решения до практически приемлемого результата	- способность оценить полученное решение и выбрать равномерно пригодное решение или привести полученное решение к равномерно пригодному; - способность на основе полученного представления сделать качественные выводы о решении поставленной задачи.
ПК-12 умением извлекать актуальную научно-техническую информацию и наукометрическую информацию из электронных ресурсов, в том числе Science Direct, Elsvier Freedom Collection, SCOPUS	Знает	основные научные проблемы в нелинейной динамике.	способность определения направлений перспективных исследований с учетом мировых тенденций развития науки, техники и технологий; выполнение научно-технических работ в интересах научных организаций, предприятий промышленности.	способность применения информационных технологий в научно-исследовательской, научно-педагогической; проектно-конструкторской; производственно-технологической; научно-инновационной; консультационно-экспертной деятельности
	Умеет	формулировать логичные и обоснованные выводы из анализа собственных научных результатов и опубликованных материалов	умение выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач,	способность применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы
	Владеет	навыками корректной постановки научного исследования и выявления актуальной научно-технической и наукометрической информации из электронных ресурсов	способность решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей.	способность самостоятельно осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы, новые системы компьютерной математики и системы компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга (CAD/CAE-системы) для эффективного решения профессиональных задач

**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания  
результатов освоения дисциплины**

**Оценочные средства для текущей аттестации**

**Вопросы к устным опросам**

1. Какая система называется нелинейной?
2. Приведите классификацию нелинейных характеристик.
3. По указанию преподавателя нарисовать статическую характеристику и уравнение типового нелинейного звена.
4. Приведите примеры нелинейностей в реальных технических устройствах.
- 5.

**Критерии оценки**

✓ 100-85 баллов выставляется студенту, если его ответ показывает прочные знания основных положений изучаемого раздела дисциплины, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение грамотно описывать проблему из выбранной предметной области.

✓ 85-76 баллов выставляется студенту, если его ответ, обнаруживающий прочные знания основных положений изучаемого раздела, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение грамотно описывать проблему из выбранной предметной области. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 балл выставляется студенту, если его ответ, свидетельствующий в основном о знании основных положений изучаемого

раздела дисциплины, отличается недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками владения пройденным материалом, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение четко описывать проблему из выбранной предметной области.

✓ 60-50 баллов выставляется студенту, если его ответ, обнаруживающий незнание процессов основных положений изучаемого раздела дисциплины, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками владения пройденным материалом; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; неумение грамотно описывать проблему из выбранной предметной области

### **Темы рефератов**

1. Изучение динамики маятника с вынуждающей силой, пропорциональной  $\sin(x)$ .
2. Изучение динамики маятника с вынуждающей силой, пропорциональной  $x^3$
3. Изучение динамики маятника Дуффинга.
4. Изучение зависимости решений уравнения Ван-дер-Поля от параметра.
5. Изучение странного аттрактора системы Лоренца.
6. Изучение странного аттрактора системы Рёсслера.
7. Изучение одномерных отображений.

8. Изучение бифуркационной диаграммы в динамике популяций Фейгенбаума.

### **Критерии оценки рефератов:**

✓ 10-9 баллов выставляется студенту, если студент раскрыл полностью все пункты темы доклада. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 8-7 - баллов – тема доклада раскрыта полностью; допущено не более 1 ошибки при анализе всех аспектов темы или одна-две ошибки в оформлении работы. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 7-6 балл – работа выполнена полностью. Допущено не более 2 ошибок в докладе или оформлении работы. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

✓ 6-5 баллов - Работа выполнена. Допущено три или более трех ошибок при защите, в оформлении работы. При защите студент не отвечает на 2-3 вопроса преподавателя.

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

#### **Вопросы к зачету**

1. Динамические системы и их математические модели. Классификация динамических систем.

2. Математический аппарат для описания динамических систем. Роль нелинейности.

3. Пружинный маятник на ленте транспортера.

4. Осциллятор Дуффинга.

5. Маятник с меняющейся длиной нити.

6. Автоколебания в электрических цепях. Уравнение Ван-дер-Поля.

7. Система Лоренца. Динамика процессов в слое жидкости, находящимся в поле тяжести и подогреваемой снизу.
8. Свойства системы Лоренца. Исследование стационарных состояний.
9. Свойства системы Лоренца. Устойчивость неподвижных точек. Бифуркации в модели Лоренца.
10. Одномодовый лазер. Нелинейный диссипативный осциллятор.
11. Отображения. Одномерное отображение.
12. Модели с дискретным временем. Отображения Эно, Чирикова.
13. Одномерное отображение и свойства системы Лоренца. Сечение Пуанкаре.
14. Устойчивость. Критерии устойчивости. Показатели Ляпунова.
15. . Показатели Ляпунова для отображений и критерии хаоса.

#### **Критерии оценки зачета**

<b>Баллы (рейтингово й оценки)</b>	<b>Оценка экзамена (стандартная)</b>	<b>Требования к сформированным компетенциям</b>
60-100	«зачет»	«Зачет» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил учебный материал по дисциплине, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, связанных с проектированием и реализацией программ в области профессиональной деятельности.
0-59	«не зачет»	«Не зачет» выставляется студенту, который не знает значительной части учебного материала по дисциплине, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. «Не зачет» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине