

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Учебно-научный институт радиоэлектроники и информационных технологий
(ИРИТ)
(Полное и сокращенное название института, реализующего данное направление)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института:
_____ А.В. Мякиньков
подпись _____ ФИО
10 июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.Б.5 «Нелинейная динамика»
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)
для подготовки магистров

Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика
(код и направление подготовки, специальности)

Направленность: Математическое моделирование
(наименование профиля, программы магистратуры, специализации)

Форма обучения: очная
(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки 2021

Выпускающие кафедры ПМ
аббревиатура кафедры

Кафедра-разработчик ПМ
аббревиатура кафедры

Объем дисциплины 180 / 5
часов/з.е

Промежуточная аттестация экзамен, зачет
экзамен, зачет с оценкой, зачет

Разработчик(и): Куркина О.Е., к.ф.-м.н., доц.
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

Нижний Новгород, 2021

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 10 января 2018 года № 9, на основании учебного плана принятого УМС НГТУ протокол № 4 от 03.12.2020

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 4.06.2021 № 9/1.

Зав. кафедрой д.ф-м.н, профессор А.А. Куркин

Программа рекомендована к утверждению ученым советом ИРИТ.
Протокол от 10.06.2021 № 1

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный № 01.04.02-П-5
Начальник МО

Заведующая отделом комплектования НТБ _____ Н.И. Кабанина
(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля).....	4
4. Структура и содержание дисциплины	8
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.	14
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины	16
7. Информационное обеспечение дисциплины.....	16
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с овз	17
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине	19
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины	20
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	23

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины является:

ознакомить студентов с методами анализа нелинейных динамических систем, описывающих различные процессы и явления, протекающие в физических, химических, биологических, экономических и социальных системах. Приобретенные теоретические знания и практические навыки позволяют студентам самостоятельно ставить и решать задачи нелинейной динамики.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

Дисциплина «Нелинейная динамика» способствует подготовке студентов к решению следующих профессиональных задач:

1. развитие и использование математических и информационных инструментальных средств, автоматизированных систем в научной и практической деятельности;
2. построение математических моделей и исследование их аналитическими методами, разработка алгоритмов, программного обеспечения, инструментальных средств по тематике проводимых научно-исследовательских проектов;
3. исследование систем методами математического прогнозирования и системного анализа.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Нелинейная динамика» включена в перечень дисциплин обязательной части образовательной программы по направлению подготовки «Прикладная математика и информатика». Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

Дисциплина базируется на дисциплинах программы бакалавриата по направлению «Прикладная математика и информатика» профиля «Математическое моделирование». Сопровождающими курсами являются «Обобщенные решения дифференциальных уравнений», «Методы исследования операций», «Математические модели в экономике». Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при подготовке к защите выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Нелинейная динамика» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)¹

Таблица 1 – Формирование компетенций по дисциплинам

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки			
	1	2	3	4
<i>ОПК-2 (Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач)</i>				
Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно		Семестры, формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки		
		1	2	3

Обобщенные решения дифференциальных уравнений		*		
Методы исследования операций		*		
Выполнение и защита ВКР				*
<i>ОПК-3 (Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач)</i>				
Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно		Семестры, формирования дисциплины Компетенции берутся из Учебного плана по направлению подготовки		
	1	2	3	4
Математические модели в экономике			*	
Выполнение и защита ВКР				*

**ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ,
СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП**

Таблица 2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
			Текущего контроля	Промежуточной аттестации		
ОПК-2. Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ИОПК-2.1. Понимает современные математические методы решения прикладных задач.	Знать: основные понятия, термины и эталонные модели нелинейной динамики; методы качественного исследования динамических систем;	Уметь: проводить качественное исследование динамических систем (определять положения равновесия и предельные циклы, исследовать их на устойчивость, строить фазовые и параметрические портреты динамических систем, строить бифуркационные диаграммы динамических систем);	Владеть: навыками применения методов Ляпунова для исследования на устойчивость положений равновесия различных динамических систем.	Задания для контрольных работ	Билеты для экзамена, зачета

<p>ОПК-3. Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности</p>	<p>ИОПК-3.2. Выбирает методы научных, производственных и математических исследований математических моделей, исследует математические модели выбранными методами.</p>	<p>Знать: в каких научных, производственных и социально-общественных сферах деятельности возникают прикладные задачи, связанные с исследованием различных физических явлений, описываемых динамическими системами;</p>	<p>Уметь: описывать прикладные задачи математическим языком с использованием линейных и нелинейных динамических систем;</p>	<p>Владеть: навыками решения задач, связанных с исследованием динамических систем.</p>	<p>Задания для контрольных работ</p>	<p>Билеты для экзамена, зачета</p>
--	---	---	--	---	--------------------------------------	------------------------------------

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач.ед. 180 часов, распределение часов по видам работ представлено в таблице 3.

Таблица 3

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Для студентов очного обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час		
	Всего час.	В т.ч. по семестрам	
		1 сем	2 сем
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения		
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	180	72	108
1. Контактная работа:	74		
1.1.Аудиторная работа, в том числе:	74	36	38
занятия лекционного типа (Л)	34	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	17	17	
лабораторные работы (ЛР)	17		17
КРС	6	2	4
1.2.Внеаудиторная, в том числе			
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	6	2	4
текущий контроль, консультации по дисциплине			
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)			
2. Самостоятельная работа (СРС)	70	36	34
реферат/эссе (подготовка)			
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)			
контрольная работа			
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)			
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	64	30	34
Подготовка к зачету	6	6	
Подготовка к экзамену	36		36

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам для студентов очного обучения

Планируемые (результаты контролируемые) освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС ¹²	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹³	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹⁴	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁵										
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час														
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час															
1 семестр																			
ОПК-2, ОПК-3	Раздел 1. Моделирование – универсальный инструмент, изучения динамических систем.																		
	Тема 1.1 Основные понятия нелинейной динамики. Численные значения характеризующих систему величин. Переменные и параметры.	2		2		5	Подготовка к лекциям 6.1-6.4	Лекция -объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, выполнение индивидуальных заданий											
	Тема 1.2 Динамический и статический подходы к описанию объектов и явлений. Линейность и нелинейность.	3		3		5													
	Итого по 1 разделу	5		5		10													
ОПК-2, ОПК-3	Раздел 2. Динамические системы и их устойчивости. Элементы теории бифуркаций.																		
	Тема 2.1 Фазовое пространство динамической системы. Фазовые портреты автономных динамических систем.	1		1		3	Подготовка к лекциям 6.1-6.4	Лекция -объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, выполнение индивидуальных заданий											
	Тема 2.2 Линейный анализ устойчивости. Устойчивость и характеристические показатели Ляпунова.	1		1		3													
	Тема 2.3 Структурная устойчивость и	2		2		4													

Планируемые (результаты контролируем ые) освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы					Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹³	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹⁴	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁵
		Контактная работа		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час	КРС	Самостоятельная работа студентов (СРС), час	
бифуркации динамических систем.	Наименование разделов, тем						Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹³	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹⁴	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁵
	Тема 2.4 Бифуркации неподвижных точек. Бифуркации периодических решений.			2		2		3	
	Итого по 2 разделу			6		6	1	13	
	Раздел 3. Динамические системы с непрерывным временем на прямой.								
ОПК-2, ОПК-3	Тема 3.1 Динамические системы с параметрами. Уменьшение размерности области параметров.			2		2		4	Подготовка к лекциям 6.1-6.4
	Тема 3.2 Параметрический портрет бифуркационная диаграмма динамической системы.			2		2		4	
	Тема 3.3 Правила определения типа бифуркации негиперболической особой точки.			2		2		5	
	Итого по 3 разделу			6		6	1	13	
	Итог за 1 семестр			17		17	2	36	
	Подготовка к промежуточной аттестации (Зачет)							6	
2 семестр									
ОПК-2, ОПК-3	Раздел 4. Динамические системы с непрерывным временем на плоскости								
	Тема 4.1 Линейные динамические системы (ЛДС). Уменьшение размерности области параметров. Существование и устойчивость	2					Подготовка к лекциям	Лекция -объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, выполнение индивидуальных заданий	

Планируемые (результаты контролируем ые) освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы					Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹³	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹⁴	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁵	
		Контактная работа		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час	КРС	Самостоятельная работа студентов (СРС), час		
	положений равновесия. Бифуркации в линейных ДС. Параметрический и фазовые портреты ЛДС. Модель Колмогорова.								6.1-6.4	дискуссии, беседы, выполнение индивидуальных заданий
	Тема 4.2 Нелинейные динамические системы (НДС). Существование и устойчивость положений равновесия. Бифуркации в нелинейных ДС. Параметрический и фазовые портреты НДС	3								
	Тема 4.3 Предельные циклы. Критерий отсутствия замкнутых траекторий. Критерий Бендиксона. Определение существования и типа предельного цикла с помощью перехода к полярным координатам.	3								
	Тема лабораторной работы: Нелинейные динамические системы. Существование и устойчивость положений равновесия. Бифуркации в нелинейных ДС. Параметрический и фазовые портреты НДС.		7					Подготовка к лабораторной работе		
	Итого по 4 разделу	8	7		2	13				
	Раздел 5. Дискретные динамические системы на прямой									
ОПК-2, ОПК-3	Тема 5.1 Существование и устойчивость	2					5	Подготовка	Лекция -объяснение с	

Планируемые (результаты контролируемое) освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы					Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹³	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹⁴	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁵
		Контактная работа		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час	КРС	Самостоятельная работа студентов (СРС), час	
положений равновесия. Геометрическая интерпретация. Тема 5.2 Существование и устойчивость циклов длины 2.							ак лекциям 6.1-6.4	частичным привлечением формы дискуссии, беседы, выполнение индивидуальных заданий	
	Тема лабораторной работы: Существование и устойчивость положений равновесия.	2				5			
	Итог по 5 разделу:	4	5		1	10	Подготовка к лабораторной работе	Подготовка к лекциям 6.1-6.4	
	Раздел 6. Хаотическое поведение динамических систем								
	Тема 6.1 Система Лоренца	2				5			
	Тема 6.2 Модель Рёсслера	3				6	Подготовка к лекциям 6.1-6.4	Лекция -объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы, выполнение индивидуальных заданий	

Планируемые (результаты контролируем ые) освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы					Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий ¹³	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах) ¹⁴	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах) ¹⁵
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час	КРС	Вид СРС ¹²					
	Тема лабораторной работы: применение системы Ресслера для анализа устойчивости динамической системы	5				Подготовка к лабораторной работе			
	Итог по 6 разделу:	5	5	1	11				
	Итог по 2 семестру:	17	17	4	34				
	Подготовка к промежуточной аттестации (Экзамен)				36				
	ИТОГО по дисциплине	34	17	17	6	70			

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности освещены в п.11

Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме экзамена и зачета, хранятся на кафедре «Прикладная математика» ауд. 1204 по адресу Н. Новгород, ул. Минина, 24 и находятся в свободном доступе.

5.2 Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Таблица 5.

Шкала оценивания	Экзамен	Зачет
85-100	Отлично	Зачет
70-84	Хорошо	
60-69	Удовлетворительно	
0-59	Неудовлетворительно	Незачет

Таблица 6 –Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не засчитено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «засчитено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «засчитено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «засчитено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ОПК-2. Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ИОПК-2.1. Понимает современные математические методы решения прикладных задач.	Не способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач;	Фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов. Посредственno реализует математические методы решения прикладных задач;	Знает материал на достаточно хорошем уровне. Способен реализовывать новые математические методы решения прикладных задач;	Имеет глубокие знания всего материала дисциплины. Совершенствует и реализует новые математические методы решения прикладных задач.
ОПК-3. Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	ИОПК-3.2. Выбирает методы исследования математических моделей, исследует математические модели выбранными методами.	Не способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	Фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов. Посредственno разрабатывает математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	Знает материал на достаточно хорошем уровне. Способен разрабатывать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	Имеет глубокие знания всего материала дисциплины. Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности

Таблица 7 - Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	Оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	Оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	Оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	Оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

- 6.1 Горелик Г.С. Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику : Учеб.пособие / Г.С. Горелик; Под ред.С.М.Рытова. - 3-е изд. - М. : Физматлит, 2007. - 656 с. - (Физтеховский учебник). - Предм.указ.:с.650-655. - Библиогр.:с.649. - ISBN 978-5-9221-0776-1 : 441-00.
- 6.2 Малинецкий Г.Г. Нелинейная динамика. Подходы, результаты, надежды / Г.Г. Малинецкий, А.Б. Потапов, А.В. Подлазов. - М. : КомКнига, 2006. - 280 с. : ил. - (Синергетика: от прошлого к будущему). - Библиогр.:с.260-279. - ISBN 5-484-00200-1 : 171-21.
- 6.3 Юмагулов, М. Г. Введение в нелинейную динамику: теория, приложения, модели / М. Г. Юмагулов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-9792-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/230366>
- 6.4 Морозов, А. Д. Введение в математические методы нелинейной динамики : учебно-методическое пособие / А. Д. Морозов. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2012. — 98 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153177>

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1 Перечень информационных ресурсов

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа:
2. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> \КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.
3. [Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса](http://elib.tolgas.ru/) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
4. Электронно-библиотечная система Znaniум.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
5. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
6. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
7. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
8. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

7.2 Перечень информационных справочных систем

Таблица 8 - Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/
4	E-LIBRARY.ru	http://elibrary.ru/defaultx.asp

7.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

Таблица 9 - Программное обеспечение

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Adobe Acrobat Reader (FreeWare) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html
Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)	OpenOffice (FreeWare) https://www.openoffice.org/ru/

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- Зал электронно-информационных ресурсов (ауд. 2210 – 11 компьютеров, ауд. 6119 – 9 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

В таблице 12 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые должны быть оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГТУ.

Таблица 11 - Оснащенность аудиторий для проведения учебных занятий по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для проведения учебных занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
			1 2 3
1	6421 учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации; г. Нижний Новгород, Казанская ул., 12	<ul style="list-style-type: none"> • Комплект демонстрационного оборудования: • ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе AMD Athlon 2.8 ГГц, 4 Гб ОЗУ, 250 ГБ HDD, монитор 19" – 1шт. • Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; • Экран – 1 шт.; • Набор учебно-наглядных пособий 	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows7 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14) • Gimp 2.8 (свободное ПО, лицензия GNU GPLv3); • Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655); • Open Office 4.1.1 (свободное ПО, лицензия Apache License 2.0) • Adobe Acrobat Reader (FreeWare); • 7-zip для Windows (свободнораспространяемое ПО, лицензия GNU LGPL); • Dr.Web (Сертификат №EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19).
2	6543 компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), г. Нижний Новгород, Казанская ул., 12)	<ul style="list-style-type: none"> • Проектор Accer – 1шт; • ПК на базе IntelCoreDuo 2.93 ГГц, 2 Гб ОЗУ, 320 Гб HDD, монитор Samsung 19` – 11 шт. <p>ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium, договор № Tr113003 от 25.09.14); • Microsoft Office (лицензия № 43178972); • Adobe Design Premium CS 5.5.5 (лицензия № 65112135); • Adobe Acrobat Reader (FreeWare); • 7-zip для Windows (свободнораспространяемое ПО,

		университета	лицензией GNU LGPL); • Dr.Web (Сертификат №EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19) • КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018); • Gimp 2.8 (свободное ПО, лицензия GNU GPLv3)
--	--	--------------	---

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий (выбирается из приложения к РПД):

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- электронное обучение;

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч с студентами, так и современных информационных технологий: электронная почта, ZOOM.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине преподаватель может применять балльно-рейтинговую систему контроля и оценку успеваемости студентов.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии за набранными за семестр баллами. Студентам, набравшим в ходе текущего контроля успеваемости по дисциплине от 61 до 100 баллов и выполнившим все обязательные виды запланированных учебных занятий, по решению преподавателя без прохождения промежуточной аттестации выставляется оценка в соответствии со шкалой оценки результатов освоения дисциплины.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с

установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует до пороговому уровню.

10.1. Методические указания для занятий лекционного типа¹⁶

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала.

10.2. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях

Подготовку к каждому практическому занятию студент должен начать с ознакомления с конспектом лекций, который отражает содержание предложенной темы. Практические задания выполняются самостоятельно при косвенном контроле преподавателя.

При оценивании выполнения задания учитывается следующее:

- качество выполнения практического задания;
- качество устных ответов на вопросы по заданию.

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указаны в разделе Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении

дисциплины.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Список для устного опроса

1. Понятие динамической системы и классификация. Сосредоточенные динамические системы первого порядка. Свойство удвоения.
2. Сосредоточенные динамические системы первого порядка: устойчивость и состояния равновесия. Взрывной динамический процесс. Процессы с нелинейным насыщением. Логистическая кривая.
3. Фазовая плоскость для сосредоточенной динамической системы второго порядка: состояния равновесия, анализ плоскости. Поведение фазовых траекторий вблизи и вне особых точек. Фазовое пространство, изображающая точка, интегральная кривая, фазовая траектория.
4. Понятие бифуркации динамической системы. Пример.
5. Линейный и нелинейный осциллятор. Консервативность. Механическая аналогия для анализа динамических систем, описываемых ОДУ второго порядка.
6. Динамическая система «хищник-жертва». Ее качественный анализ, интегральные кривые.
7. Линейный и нелинейный резонанс (анализ резонансной кривой с применением метода Ван-дер-Поля). Нелинейный гистерезис.
8. Автоколебательные системы. Уравнение Ван-дер-Поля.
9. Метод Ван-дер-Поля для уравнения осциллятора с малой правой частью. Укороченные уравнения.
10. Решение задачи Коши для линейных волн методом Фурье.
11. Дисперсионное соотношение. Фазовая и групповая скорость волн. Нормальная и аномальная дисперсия. Понятие огибающей волн.
12. Представление волны: амплитуда, фаза, частота, волновое число, фазовая скорость. Введение этих характеристик для слабо меняющихся в пространстве времени модулированных волн.
13. Колебания в упорядоченных структурах. Вывод дисперсионного соотношения на волновые движения для однородной цепочки из частиц одного сорта. Предельный переход к сплошной среде.
14. Пространственно-временная геометрическая оптика. Уравнения переноса для волнового числа и частоты. Эволюция волны с частотной модуляцией.
15. Проявление нелинейности волн в представление Фурье. Нелинейная поправка к частоте. Возникновение второй гармоники в среде с квадратичной нелинейностью. Условия нелинейного резонанса волн. Солитон уравнения Кортевега – де Вриза как стационарное решение.

Билеты к экзамену

Билет № 1

Теоретический вопрос: сосредоточенные динамические системы первого порядка: устойчивость и состояния равновесия. Взрывной динамический процесс. Процессы с нелинейным насыщением. Логистическая кривая.

Задача: исследовать дисперсионные свойства продольных волн в стержне, описываемых уравнением $u_{tt} - c^2 u_{xx} - \beta^2 u_{xxtt} + \omega_0^2 u = 0$

1. Найти дисперсионное уравнение $\omega = \omega(k)$
2. Построить график дисперсионной кривой, а также зависимость фазовой и групповой скоростей от волнового числа
3. Волны с какими частотами не могут распространяться в такой системе?

Билет № 2

Теоретический вопрос: фазовая плоскость для сосредоточенной динамической системы второго порядка: состояния равновесия, анализ плоскости. Поведение фазовых траекторий вблизи и вне особых точек. Фазовое пространство, изображающая точка, интегральная кривая, фазовая траектория.

Задача: исследовать дисперсионные свойства волн в регуляризованном (улучшенном уравнении длинных волн) $u_t + cu_x + \beta_1 u_{xxx} - \beta_2 u_{xxt} = 0$

1. Найти дисперсионное уравнение $\omega = \omega(k)$
2. Построить график дисперсионной кривой, а также зависимость фазовой и групповой скоростей от волнового числа
3. Волны с какими частотами не могут распространяться в такой системе?

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института ИРИТ

“ ____ ” 202__ г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины

Б1.Б.5 «Нелинейная динамика»

индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров

Направление: 01.04.02 Прикладная математика

Программа: «Математическое моделирование»

Форма обучения очная

Год начала подготовки: 2021

Курс 1

Семестр 1, 2

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20__ г.
начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

- 1);
- 2);
- 3)

Разработчик (и): Куркина О.Е., к. ф.-м. наук, доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«__» 202__ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ПМ

_____ протокол № _____ от «__» 202__ г.

Заведующий кафедрой

А.А. Куркин

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой _____ «__» 202__ г.

Методический отдел УМУ: _____ «__» 202__ г.