

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 11 от 25.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Современные проблемы прикладной математики и информатики

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

02.04.01 - Математика и компьютерные науки

---

Направленность образовательной программы

Математика и компьютерные науки

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.04 Современные проблемы прикладной математики и информатики относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-2: Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, совершенствовать и разрабатывать концепции, теории и методы	ОПК-2.1: Владеет навыками создания и исследования новых математических моделей в естественных науках ОПК-2.2: Умеет использовать их в профессиональной деятельности ОПК-2.3: Имеет практический опыт создания и исследования подобных математических моделей и разработки теорий и методов для их описания	ОПК-2.1: Знать: - как создавать математические модели, - находить стационарные режимы систем и области их существования в пространстве параметров; - как определять автомодуляционные режимы и исследовать их бифуркации на основе применения методов и приемов качественно-численного исследования нелинейных динамических систем.  ОПК-2.2: Уметь: - профессионально разрабатывать и использовать программное обеспечение для принятия статистических решений, когда процесс имеет случайный характер; - проводить процедуры тестирования информационных систем.  ОПК-2.3: Владеть: - терминологией нелинейной динамики, основными теоретическими подходами и прикладными методами,	Задачи Собеседование Контрольная работа	Экзамен: Контрольные вопросы

		<p>позволяющими получить решение задач прикладной нелинейной динамики систем, владеть навыками применения полученных знаний при анализе конкретных нелинейных математических моделей, навыками разработки необходимых алгоритмов численного моделирования;</p> <p>- современными инструментальными методами теории вероятностей и математической статистики</p>		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>12</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>432</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>64</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>64</b>
- КСР	<b>4</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>228</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>72</b>
	<b>Экзамен</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1. Введение. Нелинейная динамика как часть общей науки о явлениях в мире нелинейных объектов и систем, активно	30	2		2	28

взаимодействующих с внешней средой.					
Тема 2. Основы нелинейной динамики.	56	14	14	28	28
Тема 3. Применение методов и подходов нелинейной динамики к моделированию систем фазовой синхронизации.	59	14	16	30	29
Тема 4. Моделирование сложной динамики конкретных систем.	33	2	2	4	29
1. Функции случайных величин и их распределения. 1.1. Взаимно-однозначная функция и ее распределение. 1.2. Композиция (свертка) случайных величин. Хи-квадрат распределение. 1.3. Распределение Релея и Райса. Распределение Мизеса. Распределение амплитуды и фазы океанских волн. 1.4. Логистическое распределение как свертка распределений экстремальных порядковых статистик. 1.5. Распределение частного независимых величин. Распределение Стюдента и Фишера. 1.6. Проверка гипотез по многим малым выборкам. Пример: геологическая статистика.	49	10	10	20	29
2. Моментная теория построения вероятностных распределений по эмпирическим данным. 2.1. Кривые Пирсона в построении вероятностных моделей. 2.2. Гистограмма и эмпирическая функция распределения.	41	6	6	12	29
3. Предельные теоремы для независимых с.в. и модели теории вероятностей. 3.1. Предельные распределения для экстремальных порядковых статистик. Распределение Вейбулла (распределение слабого звена). Распределение Гнеденко и Парето. Распределение максимальных высот волн. 3.2. Центральные теоремы для независимых с.в.: Леви, Феллера, Ляпунова. Задача о конкуренции. 3.3. Устойчивые распределения: применение в экономике. 3.4. Обратное нормальное распределение. Распределение Вальда.	45	8	8	16	29
4. Вероятностные модели роста. 4.1. Вероятностные модели роста. Логарифмически нормальное распределение. 4.2. Случайные величины, реализующие достижение заданного размера. Распределение Бирнбаума-Сондерса.	43	8	8	16	27
Аттестация	72				
КСР	4			4	
Итого	432	64	64	132	228

### Содержание разделов и тем дисциплины

#### 1 семестр

Тема 1. Введение. Нелинейная динамика как часть общей науки о явлениях в мире нелинейных объектов и систем, активно взаимодействующих с внешней средой.

Тема 2. Основы нелинейной динамики.

Тема 3. Применение методов и подходов нелинейной динамики к моделированию систем фазовой синхронизации.

Тема 4. Моделирование сложной динамики конкретных систем.

#### 2 семестр

1. Функции случайных величин и их распределения.

1.1. Взаимно-однозначная функция и ее распределение.

1.2. Композиция (свертка) случайных величин. Хи-квадрат распределение.

1.3. Распределение Релея и Райса. Распределение Мизеса. Распределение амплитуды и фазы океанских волн.

1.4. Логистическое распределение как свертка распределений экстремальных порядковых статистик.

1.5. Распределение частного независимых величин. Распределение Стюдента и Фишера.

1.6. Проверка гипотез по многим малым выборкам. Пример: геологическая статистика.

2. Моментная теория построения вероятностных распределений по эмпирическим данным.

- 2.1. Кривые Пирсона в построении вероятностных моделей.
- 2.2. Гистограмма и эмпирическая функция распределения.
- 3. Предельные теоремы для независимых с.в. и модели теории вероятностей.
- 3.1. Предельные распределения для экстремальных порядковых статистик. Распределение Вейбулла (распределение слабого звена). Распределение Гнеденко и Парето. Распределение максимальных высот волн.
- 3.2. Центральные теоремы для независимых с.в.: Леви, Феллера, Ляпунова. Задача о конкуренции.
- 3.3. Устойчивые распределения: применение в экономике.
- 3.4. Обратное нормальное распределение. Распределение Вальда.
- 4. Вероятностные модели роста.
- 4.1. Вероятностные модели роста. Логарифмически нормальное распределение.
- 4.2. Случайные величины, реализующие достижение заданного размера. Распределение Бирнбаума-Сондерса.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:  
Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

«Современные проблемы прикладной математики и информатики», [https://e-learning.unn.ru/..](https://e-learning.unn.ru/)

Иные учебно-методические материалы:

Самостоятельная работа обучающихся реализована в виде подготовки к практическим занятиям, работы с электронными источниками, а также самостоятельного проведения вычислительных экспериментов по исследованию конкретных математических моделей.

<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=6862>

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:**

**Задача 1.** Построить фазовый портрет системы  $\frac{dx}{dt} = x^3 + \alpha x + \beta$  в зависимости от параметров  $\alpha$  и  $\beta$ .

**Задача 2.** Для динамической системы  $\frac{dx}{dt} = y, \frac{dy}{dt} = a - bx - cy(1 + 2x)$  получить систему, линеаризованную в малой окрестности состояния равновесия:

**Задача 3.** Являются ли грубыми состояния равновесия динамических систем

$$\frac{dx}{dt} = f(x) \text{ для: } f(x) = \sin x, 1 - \cos x, x^2, e^x - 1 ?$$

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, получен неверный ответ, результаты работы не представлены преподавателю).

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-2:

Провести статистический анализ. Подобрать подходящую модель. Именно:

1) подсчитать выборочное среднее  $\bar{x}$ , выборочную дисперсию  $s^2$ , среднее квадратичное отклонение  $s$ , асимметрию  $\hat{\beta}_1$ , эксцесс  $\hat{\beta}_2$ , выборочную медиану  $me$ .

2) По полной выборке построить гистограмму.

3) а) по выборке: 299735, 299745, 299755, 299775, 299805 построить эмпирическую функцию распределения;

б) построить эмпирическую функцию распределения по исходной выборке.

4) Подобрать по гистограмме наиболее подходящую плотность распределения.

Сделать выводы.

#### Вариант 1.

Рассматривается ряд распределения остаточного удлинения болтового железа (%):

$x_i$ (%)	26	28	30	32	34	36	38	40	42
$m_i$ (сколько раз наблюдалось)	1	6	27	40	54	45	23	7	2

Источник: Беккер, Р., Плаут, Г., Рунге, И. Математическая статистика в применении к проблемам массового производства, М.: Гостехиздат, 1933. - 120 с., с. 25.

т.е. имеется повторная выборка  $x_1, x_2, \dots, x_n$  объема  $n = 205$  из неизвестного непрерывного распределения  $F(x)$ , где  $x_i$  — остаточное удлинение железа.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент получил верный ответ во всех заданиях. При этом студент продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент получил верный ответ во всех заданиях.
очень хорошо	Студент получил верный ответ в большинстве заданий.
хорошо	Студент решил большую часть задач с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент решил большую часть задач с существенными недочетами.
неудовлетворительно	Студент допускает грубые ошибки в решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач.

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без

			задания, но не в полном объеме	все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	объеме, но некоторые с недочетами	несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-2

Вопросы по 1 семестру «Нелинейная динамика и ее приложения»



1. Понятие устойчивости движения. Анализ локальной устойчивости состояний равновесия динамических систем. Теорема Гробмана-Хартмана.
2. Исследование устойчивости состояний равновесия с использованием метода функций Ляпунова.
3. Динамические системы первого порядка.
4. Типы состояний равновесия в двумерных динамических системах. Разбиение плоскости параметров характеристического уравнения по типу его корней.
5. Устойчивость периодических движений динамических систем второго порядка.
6. Метод точечных преобразований для исследования предельных циклов динамических систем второго порядка.
7. Устойчивость периодических движений многомерных динамических систем. Мультипликаторы периодических движений. Седловые предельные циклы.
8. Устойчивость непериодических движений многомерных динамических систем. Показатели Ляпунова.
9. Бифуркации состояний равновесия автономных динамических систем второго порядка: седло-узловая бифуркация, бифуркация рождения предельного цикла (бифуркация Андронова-Хопфа).
10. Бифуркации автономных динамических систем второго порядка: сепаратрисные связки и петли сепаратрис, двойной предельный цикл.
11. Седло-узловая бифуркация периодических движений многомерных динамических систем.
12. Бифуркация удвоения периода предельного цикла в многомерных динамических системах.
13. Бифуркация рождения двумерного тора в многомерных динамических системах.
14. Нелокальные бифуркации многомерных динамических систем: бифуркация петли сепаратрисы седло-узла, бифуркация петли сепаратрисы седло-фокуса.
15. Сценарии перехода к хаотическому поведению: каскад бифуркаций удвоения периода, разрушение двумерного тора, перемежаемость.
16. Приемы исследования динамических систем второго порядка: критерий отсутствия предельных циклов, циклы без контакта, поворот векторного поля.
17. Метод малого параметра (метод Понтрягина) исследования предельных циклов в системах, близких к нелинейным консервативным системам.
18. Нелинейный осциллятор: построение фазового портрета консервативного нелинейного осциллятора, период колебаний, неизохронность.
19. Одномерные отображения (неподвижные точки и их устойчивость, бифуркации).
20. Логистическое отображение.

21. Структурная схема системы с фазовым управлением. Получение общего уравнения динамики системы в операторной форме.
22. Получение дифференциальных уравнений системы с фазовым управлением для фильтров первого и второго порядка в цепях управления.
23. Динамическая модель системы с фазовым управлением  $\varphi'' + \lambda\varphi' + \sin\varphi = \gamma$ : фазовые портреты консервативной модели ( $\lambda=0$ ), оценка месторасположения предельного цикла второго рода, доказательство существования предельного цикла при значениях  $\gamma > 1$ .
24. Динамическая модель системы с фазовым управлением  $\varphi'' + \lambda\varphi' + \sin\varphi = \gamma$ : исследование предельных циклов методом точечных преобразований.
25. Динамическая модель системы с фазовым управлением  $\varphi'' + \lambda\varphi' + \sin\varphi = \gamma$ : оценка области глобальной асимптотической устойчивости.
26. Динамическая модель системы с фазовым управлением  $\varphi'' + \lambda\varphi' + \sin\varphi = \gamma$ : оценка области существования предельного цикла второго рода.
27. Динамическая модель системы с фазовым управлением  $\varphi'' + \lambda\varphi' + \sin\varphi = \gamma$ : доказательство существования бифуркации петли сепаратрис второго рода и анализ ее устойчивости.
28. Динамическая модель системы с фазовым управлением  $\varphi'' + \lambda\varphi' + \sin\varphi = \gamma$ : параметрический портрет системы, режимы поведения системы, область захвата в режим синхронизации.
29. Динамическая модель системы с фазовым управлением  $\varphi'' + \lambda\varphi' + \sin\varphi = \gamma$ : анализ состояний равновесия, оценка месторасположения предельного цикла второго рода, доказательство отсутствия предельных циклов при значениях  $\gamma > 1$ , существование круговых движений.
30. Обобщенная динамическая модель системы с фазовым управлением  $\varphi'' + (\lambda + b\cos\varphi)\varphi' + \sin\varphi = \gamma$ : свойство диссипативности, глобальная асимптотическая устойчивость при  $\gamma = 0$ , доказательство отсутствия предельных циклов первого рода.
31. Обобщенная динамическая модель системы с фазовым управлением  $\varphi'' + (\lambda + b\cos\varphi)\varphi' + \sin\varphi = \gamma$ : оценка области глобальной асимптотической устойчивости, фазовые портреты при малых значениях параметра  $\lambda$ , доказательство существования бифуркаций петли сепаратрис и двойного предельного цикла второго рода.
32. Обобщенная динамическая модель системы с фазовым управлением  $\varphi'' + (\lambda + b\cos\varphi)\varphi' + \sin\varphi = \gamma$ : параметрический и фазовые портреты, область захвата в режим синхронизации.
33. Применение метода малого параметра (метода Понтрягина) к исследованию модели системы с фазовым управлением  $\varphi'' + (\lambda + b\cos\varphi)\varphi' + \sin\varphi = \gamma$ .

Вопросы по 2 семестру «Современные проблемы прикладной теории вероятностей»

1. Функции случайных величин и векторов. Взаимно-однозначная функция и ее распределение.
2. Композиция (свертка) случайных величин.

3. Распределение Релея и Райса. Распределение Мизеса. Распределение амплитуды и фазы океанских волн.
4. Логистическое распределение как свертка распределений экстремальных порядковых статистик.
5. Кривые Пирсона в построении вероятностных моделей.
6. Гистограмма и эмпирическая функция распределения.
7. Предельные распределения для экстремальных порядковых статистик. Распределение Вейбулла (распределение слабого звена). Распределение Гнеденко и Парето. Распределение максимальных высот волн.
8. Смесь распределений. Отрицательное биномиальное распределение как смесь.
9. Интегральная геометрия. Распределение расстояния в круге. Проверка гипотез о распределении полезных ископаемых.
10. Проверка гипотез по многим малым выборкам. Геологическая статистика.
11. Распределение частного независимых величин. Распределение Стьюдента и Фишера.
12. Логарифмическое распределение. Современные подходы к проверке гипотез о количестве и разнообразии биологических типов по экологическим данным.
13. Центральные теоремы для независимых с.в.: Леви, Феллера, Ляпунова. Задача о конкуренции.
14. Устойчивые распределения: применение в экономике.
15. Обратное нормальное распределение. Распределение Вальда.
16. Цепи Маркова с дискретным временем. Переходные вероятности. Примеры.
17. Эргодические теоремы и распределение экстремальных статистик для неоднородных и зависимых величин. Расчет статистических характеристик.
18. Применение марковских цепей и экстремальных статистик.
19. Вероятностные модели роста. Логарифмически нормальное распределение.
20. Случайные величины, реализующие достижение заданного размера. Распределение Бирнбаума-Сондерса.

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент дал развернутый ответ на все вопросы и при этом

Оценка	Критерии оценивания
	продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент дал развернутый ответ на все вопросы.
очень хорошо	Студент дал ответ на все вопросы, возможно с незначительными недочетами.
хорошо	Студент ответил на большую часть вопросов с незначительными недочетами.
удовлетворительно	Студент ответил на большую часть вопросов с существенными недочетами.
неудовлетворительно	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Кузнецов Сергей Петрович. Динамический хаос : курс лекций : учеб. пособие для студентов вузов. - М. : Физматлит, 2001. - 296 с. : ил. - (Современная теория колебаний и волн). - Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки". - ISBN 5-94052-044-8 : 30.00., 46 экз.
2. Шильман Семен Вольфович. Курс теории вероятностей : учеб. пособие / ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 1998. - 154, [1] с. - 11.53., 123 экз.

Дополнительная литература:

1. Методы качественной теории в нелинейной динамике = Methods of qualitative theory in nonlinear dynamics. - М. ; Ижевск : НИЦ "Регулярная и хаот. динамика", Ин-т компьютер. исслед., 2004-. - (Современная математика / ред. совет: А. В. Болсинов [и др.]). Методы качественной теории в нелинейной динамике. Ч. 2 / пер. с англ. В. А. Осотовой ; под науч. ред. Д. В. Тураева и А. Л. Шильникова. - М. ; Ижевск, 2009. - 548 с. - ISBN 978-5-93972-700-6 : 165.00., 2 экз.
2. Горяченко Вадим Демьянович. Элементы теории колебаний : учеб. пособие для студентов вузов. - Красноярск : Изд-во Краснояр. ун-та, 1995. - 430 с. - ISBN 5-7470-0127-2 : 10000.00., 389 экз.
3. Шалфеев Владимир Дмитриевич. Нелинейная динамика систем фазовой синхронизации : монография / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2013. - 366 с. - ISBN 978-5-91326-201-1 : 691.79., 2 экз.
4. Некоркин Владимир Исаакович. Лекции по основам теории колебаний : учеб. пособие для студентов ННГУ, специализирующихся в области радиофизики, приклад. математики и мат. моделирования / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 311 с. - ISBN 978-5-91326-230-1 :

162.13., 148 экз.

5. Бахвалов Н. С. Численные методы в задачах и упражнениях : учеб. пособие / под ред. В. А. Садовниченко. - М. : Высшая школа, 2000. - 190 с. - (Высшая математика). - ISBN 5-06-003684-7 : 40.04., 10 экз.

6. Магнус Ян Р. Эконометрика. Начальный курс : учебник для вузов / Акад. нар. хоз-ва при Правительстве РФ. - [3-е изд., перераб. и доп.]. - М. : Дело, 2000. - 400 с. : ил. - ISBN 5-7749-0055-X : 66.50., 3 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Научная электронная библиотека

<http://e-library/>

2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов //

<http://scholl-collection.edu.ru/>

### **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 02.04.01 - Математика и компьютерные науки.

Автор(ы): Стребуляев Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент

Тихов Михаил Семенович, доктор физико-математических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Калинин Алексей Вячеславович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.