

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
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
Президиумом Ученого совет ННГУ
протокол от
«14» декабря 2021 г. № 4

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

Нижний Новгород

2022 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к обязательной части. Код дисциплины – **Б1.О.04**.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина Б1.О.04. «Современные проблемы прикладной математики и информатики» относится к обязательной части ООП направления подготовки направления подготовки 02.04.01 Математика и информатика и компьютерные науки.

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**	
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.	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.	Задачи
	ОПК-2.2. Умеет использовать их в профессиональной деятельности.	Уметь: - профессионально разрабатывать и использовать программное обеспечение для принятия статистических решений, когда процесс имеет случайный характер; - проводить процедуры тестирования информационных систем.	Собеседование
	ОПК-2.3. Имеет навыки создания новых математических методов решения	Владеть: - терминологией нелинейной динамики, основными теоретическими подходами и прикладными методами,	Контрольная работа

	<p><i>прикладных задач</i></p> <p>ОПК-2.3. <i>Имеет практический опыт создания и исследования подобных математических моделей и разработки теорий и методов для их описания.</i></p>	<p><i>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;</i></p> <p><i>- современными инструментальными методами теории вероятностей и математической статистики</i></p>	
--	---	---	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	12 ЗЕТ
Часов по учебному плану	432
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	132
- занятия лекционного типа	64
- занятия семинарского типа	64
- текущий контроль (КСР)	4
самостоятельная работа	228
Промежуточная аттестация – экзамен	72

1 семестр

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	6 ЗЕТ
Часов по учебному плану	218
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	66
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	32
- текущий контроль (КСР)	2
самостоятельная работа	114
Промежуточная аттестация – экзамен	36

2 семестр

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	6 ЗЕТ
Часов по учебному плану	218
в том числе	

аудиторные занятия (контактная работа):	66
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	32
- текущий контроль (КСР)	2
самостоятельная работа	114
Промежуточная аттестация – экзамен	36

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	в том числе						Самостоятельная работа студента часы
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы						
		из них						
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Лабораторные работы		Всего контактных часов	Всего КРС	
1 семестр								
Тема 1. Введение. Нелинейная динамика как часть общей науки о явлениях в мире нелинейных объектов и систем, активно взаимодействующих с внешней средой.	30	2				2	28	
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	
Текущий контроль	2					2		
Промежуточная аттестация – экзамен 36								
Итого	218	32	32			66	114	

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 Стьюдента 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	45	8	8			16	29

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.	43	8	8			16	27
Текущий контроль	2					2	
Промежуточная аттестация – экзамен 36							
Итого	218	32	32			66	78
Итого	436	64	64			132	228

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа.

Семинарские занятия организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает решение прикладной задачи с использованием изученных методов и представление полученных результатов в форме отчета.

На проведение практических занятий (семинарских занятий) в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- способности представлять результаты проведенной работы в области профессиональной деятельности;
- умения применять новые математические методы решения прикладных задач при сопровождении проекта – (компетенция ОПК-2).

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (экзамен).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

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>

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс «Современные проблемы прикладной математики и информатики», созданный в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru/>.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
<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 незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные

	наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	умения. Имели место грубые ошибки.	задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. 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 некоторыми недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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 оценки при промежуточной аттестации

Уровень подготовки	
Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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»
Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код формируемой
--------	-----------------

	компетенции
Вопросы по 1 семестру «Нелинейная динамика и ее приложения»	ОПК-2
1. Понятие устойчивости движения. Анализ локальной устойчивости состояний равновесия динамических систем. Теорема Гробмана-Хартмана.	ОПК-2
2. Исследование устойчивости состояний равновесия с использованием метода функций Ляпунова.	ОПК-2
3. Динамические системы первого порядка.	ОПК-2
4. Типы состояний равновесия в двумерных динамических системах. Разбиение плоскости параметров характеристического уравнения по типу его корней.	ОПК-2
5. Устойчивость периодических движений динамических систем второго порядка.	ОПК-2
6. Метод точечных преобразований для исследования предельных циклов динамических систем второго порядка.	ОПК-2
7. Устойчивость периодических движений многомерных динамических систем. Мультипликаторы периодических движений. Седловые предельные циклы.	ОПК-2
8. Устойчивость непериодических движений многомерных динамических систем. Показатели Ляпунова.	ОПК-2
9. Бифуркации состояний равновесия автономных динамических систем второго порядка: седло-узловая бифуркация, бифуркация рождения предельного цикла (бифуркация Андронова-Хопфа).	ОПК-2
10. Бифуркации автономных динамических систем второго порядка: сепаратрисные связки и петли сепаратрис, двойной предельный цикл.	ОПК-2
11. Седло-узловая бифуркация периодических движений многомерных динамических систем.	ОПК-2
12. Бифуркация удвоения периода предельного цикла в многомерных динамических системах.	ОПК-2
13. Бифуркация рождения двумерного тора в многомерных динамических системах.	ОПК-2
14. Нелокальные бифуркации многомерных динамических систем: бифуркация петли сепаратрисы седло-узла, бифуркация петли сепаратрисы седло-фокуса.	ОПК-2

15. Сценарии перехода к хаотическому поведению: каскад бифуркаций удвоения периода, разрушение двумерного тора, перемежаемость.	ОПК-2
16. Приемы исследования динамических систем второго порядка: критерий отсутствия предельных циклов, циклы без контакта, поворот векторного поля.	ОПК-2
17. Метод малого параметра (метод Понtryгина) исследования предельных циклов в системах, близких к нелинейным консервативным системам.	ОПК-2
18. Нелинейный осциллятор: построение фазового портрета консервативного нелинейного осциллятора, период колебаний, неизохронность.	ОПК-2
19. Одномерные отображения (неподвижные точки и их устойчивость, бифуркации).	ОПК-2
20. Логистическое отображение.	ОПК-2
21. Структурная схема системы с фазовым управлением. Получение общего уравнения динамики системы в операторной форме.	ОПК-2
22. Получение дифференциальных уравнений системы с фазовым управлением для фильтров первого и второго порядка в цепях управления.	ОПК-2
23. Динамическая модель системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + \lambda\dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: фазовые портреты консервативной модели ($\lambda=0$), оценка месторасположения предельного цикла второго рода, доказательство существования предельного цикла при значениях $\gamma > 1$.	ОПК-2
24. Динамическая модель системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + \lambda\dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: исследование предельных циклов методом точечных преобразований.	ОПК-2
25. Динамическая модель системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + \lambda\dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: оценка области глобальной асимптотической устойчивости.	ОПК-2
26. Динамическая модель системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + \lambda\dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: оценка области существования предельного цикла второго рода.	ОПК-2
27. Динамическая модель системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + \lambda\dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: доказательство существования бифуркации петли сепаратрис второго рода и анализ ее устойчивости.	ОПК-2

28. Динамическая модель системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + \lambda \dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: параметрический портрет системы, режимы поведения системы, область захвата в режим синхронизации.	ОПК-2
29. Динамическая модель системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + b \cos \varphi \dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: анализ состояний равновесия, оценка месторасположения предельного цикла второго рода, доказательство отсутствия предельных циклов при значениях $\gamma > 1$, существование круговых движений.	ОПК-2
30. Обобщенная динамическая модель системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + (\lambda + b \cos \varphi) \dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: свойство диссипативности, глобальная асимптотическая устойчивость при $\gamma = 0$, доказательство отсутствия предельных циклов первого рода.	ОПК-2
31. Обобщенная динамическая модель системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + (\lambda + b \cos \varphi) \dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: оценка области глобальной асимптотической устойчивости, фазовые портреты при малых значениях параметра λ , доказательство существования бифуркаций петли сепаратрис и двойного предельного цикла второго рода.	ОПК-2
32. Обобщенная динамическая модель системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + (\lambda + b \cos \varphi) \dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$: параметрический и фазовые портреты, область захвата в режим синхронизации.	ОПК-2
33. Применение метода малого параметра (метода Понтрягина) к исследованию модели системы с фазовым управлением $\ddot{\varphi} + (\lambda + b \cos \varphi) \dot{\varphi} + \sin \varphi = \gamma$.	ОПК-2
Вопросы по 2 семестру «Современные проблемы прикладной теории вероятностей»	ОПК-2
1. Функции случайных величин и векторов. Взаимно-однозначная функция и ее распределение.	ОПК-2
2. Композиция (свертка) случайных величин.	ОПК-2
3. Распределение Релея и Райса. Распределение Мизеса. Распределение амплитуды и фазы океанских волн.	ОПК-2
4. Логистическое распределение как свертка распределений экстремальных порядковых статистик.	ОПК-2
5. Кривые Пирсона в построении вероятностных моделей.	ОПК-2
6. Гистограмма и эмпирическая функция распределения.	ОПК-2
7. Предельные распределения для экстремальных порядковых статистик. Распределение Вейбулла (распределение слабого звена). Распределение Гнеденко и Парето. Распределение	ОПК-2

максимальных высот волн.	
8. Смесь распределений. Отрицательное биномиальное распределение как смесь.	ПК-3
9. Интегральная геометрия. Распределение расстояния в круге. Проверка гипотез о распределении полезных ископаемых.	ПК-3
10. Проверка гипотез по многим малым выборкам. Геологическая статистика.	ПК-3
11. Распределение частного независимых величин. Распределение Стьюдента и Фишера.	ПК-3
12. Логарифмическое распределение. Современные подходы к проверке гипотез о количестве и разнообразии биологических типов по экологическим данным.	ПК-3
13. Центральные теоремы для независимых с.в.: Леви, Феллера, Ляпунова. Задача о конкуренции.	ПК-3
14. Устойчивые распределения: применение в экономике.	ПК-3
15. Обратное нормальное распределение. Распределение Вальда.	ПК-3
16. Цепи Маркова с дискретным временем. Переходные вероятности. Примеры.	ПК-3
17. Эргодические теоремы и распределение экстремальных статистик для неоднородных и зависимых величин. Расчет статистических характеристик.	ПК-3
18. Применение марковских цепей и экстремальных статистик.	ПК-3
19. Вероятностные модели роста. Логарифмически нормальное распределение.	ПК-3
20. Случайные величины, реализующие достижение заданного размера. Распределение Бирнбаума-Сондерса.	ПК-3

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенций

Типовые задания/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 α и β .

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

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

Задача 4. Найти состояния равновесия и проанализировать их устойчивость в зависимости от параметров m и g в системе

$$\frac{dx}{dt} = mx + y - xz, \quad \frac{dy}{dt} = -x, \quad \frac{dz}{dt} = -gz + gx$$

Задача 5. Найти границу бифуркации Андронова-Хопфа в системе

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{x}{T} + \frac{F(z)}{T}, \quad \frac{dy}{dt} = x - z, \quad \frac{dz}{dt} = y - \frac{z}{Q}, \quad \text{где } F(z) = Mz \exp(-z^2), \quad M > 1, Q, T > 0$$

Задача 6. Определить число и характер состояний равновесия динамической системы

$$\frac{dx}{dt} = y, \quad \frac{dy}{dt} = \beta - F(x) - (\lambda + bF'(x))y, \quad F(x) = x + 2ax/(1 + a^2x^2),$$

Задача 7. При каких значениях параметров динамическая система

$$\frac{dx}{dt} = y, \quad \frac{dy}{dt} = \beta - F(x) - (\lambda + bF'(x))y, \quad F(x) = x + 2ax/(1 + a^2x^2),$$

не имеет предельных циклов на фазовой плоскости (x, y) ?

Задача 8. Исследовать устойчивость состояний равновесия $(0, 0, 0)$ и $(\pi, 0, 0)$ динамической системы

$$\frac{dx}{dt} = y, \quad \frac{dy}{dt} = z, \quad \frac{dz}{dt} = -\sin x - y - \alpha z - z^2$$

Задача 9. Построить фазовые портреты динамической системы в зависимости от параметра β

$$\frac{d\varphi}{dt} = y, \quad \frac{dy}{dt} = (\sin \varphi - \beta) \cos \varphi, \quad \beta > 0$$

Задача 10. Определить границу области устойчивости состояния равновесия системы

$$\frac{d\varphi}{dt} = u, \quad \frac{du}{dt} = y, \quad \frac{dy}{dt} = z, \quad \mu_1 \frac{dz}{dt} = \gamma - \sin \varphi - u - \varepsilon y - \mu z - b \sin(\beta u), \quad \gamma, \mu, \mu_1, \varepsilon, \beta > 0$$

Задача 11. Рассматривается ряд распределения скорости ветра в Московской области (в м/сек) в процентах ($n = 40000$).

1.5	3.5	5.5	7.5	9.5	11.5	13.5	15.5	17.5
24	34	23	10	5	2	1	0	1

Имеется повторная выборка x_1, x_2, \dots, x_n из неизвестного непрерывного распределения

$F(x)$, где x_i – скорость ветра в процентах.

Задача 12. Рассматривается ряд распределения процентного содержания кремния в рельсовых маргеновских плавках, подвергнутых копровому испытанию (в %, $n = 4850$):

0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36	0.40
3	11	99	346	288	148	83	15	6	1

Имеется повторная выборка x_1, x_2, \dots, x_n из неизвестного непрерывного распределения $F(x)$, где x_i – процентное содержание кремния.

5.2.3. Контрольная работа для оценки 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.

Вариант 2.

Рассматривается ряд распределения скорости ветра в Московской области (в м/сек) в процентах ($n = 40000$).

1.5	3.5	5.5	7.5	9.5	11.5	13.5	15.5	17.5
24	34	23	10	5	2	1	0	1

Источник: Митропольский А.К. Техника статистических вычислений, М.: Наука, 1971. - 576 с., с.287, 288, т.е.

Имеется повторная выборка x_1, x_2, \dots, x_n из неизвестного непрерывного распределения $F(x)$, где x_i – скорость ветра в процентах.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Баутин Н.Н., Леонтович Е.А. Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости. М.: Наука, 1984. 496 с. (19 экз. в биб. фонде ННГУ).
<http://www.lib.unn.ru/php/catalog.php?Index=0&IdField=133519472&DB=1>
2. Кузнецов С.П. Динамический хаос. М.: Физматлит, 2001. 296 с. 46 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=49808&DB=1>
3. Шильман С. В., Конышева В. М. Курс теории вероятностей: учеб. пособие. – Н.Новгород: Изд-во Нижегород. ун-та, 1998. – 154 с. 132 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=32949&DB=1>

б) дополнительная литература:

1. Шильников Л.П., Шильников А.Л., Тураев Д.В., Чуа Л.О. Методы качественной теории в нелинейной динамике. Часть 2. Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2009. 548 с. 2 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=61598&DB=1>
2. Горяченко В.Д. Элементы теории колебаний: Учебное пособие. – Красноярск: изд-во Красноярского университета, 1995. 430 с. 384 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=342140&DB=1>
3. Шалфеев В.Д., Матросов В.В. Нелинейная динамика систем фазовой синхронизации: Монография. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2013. – 366 с. 2 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=454829&DB=1>
4. Некоркин В.И. Лекции по основам теории колебаний: Учебное пособие. – Нижний Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета, 2012. – 311 с. 149 экз.
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=476015&DB=1>
5. Бахвалов Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях [Электронный ресурс]: учебное пособие / под ред. В. А. Садовниченко- Высшая школа, 2000. - 190 с. 10 экз.
(<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=48628&DB=1>)
6. Магнус Я., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика: начальный курс. – М.: Дело, 2000. – 400 с. 3 экз

в) 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

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и 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 3++ по направлению подготовки 02.04.01 «Математика и компьютерные науки»

Автор (ы): С.Н. Стребуляев, М.С. Тихов

Заведующий кафедрой ДУМЧА: д.ф.-м.н. А.В. Калинин

Программа одобрена на заседании методической комиссии Института информационных технологий, математики и механики от 01.12.2021 года, протокол № 2.