

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Современные проблемы прикладной математики и информатики

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Математическая робототехника

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 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 совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ОПК-2.1: Знает современные математические методы решения прикладных задач ОПК-2.2: Умеет совершенствовать математические методы решения прикладных задач ОПК-2.3: Имеет навыки создания новых математических методов решения прикладных задач	ОПК-2.1: Знать: -как 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, позволяющими получить решение	Задачи Контрольная работа	Экзамен: Контрольные вопросы

		задач прикладной нелинейной динамики систем, владеть навыками применения полученных знаний при анализе конкретных нелинейных математических моделей, навыками разработки необходимых алгоритмов численного моделирования; - современными инструментальными методами теории вероятностей и математической статистики		
ПК-3: Способен представлять результаты проведенной работы в области профессиональной деятельности	<p>ПК-3.1: Знает методы подготовки отчетов, статей, докладов, презентаций, публикаций по результатам проведенной работы в области профессиональной деятельности</p> <p>ПК-3.2: Умеет оформлять отчеты, статьи, доклады, презентации по результатам проведенной работы в области профессиональной деятельности</p> <p>ПК-3.3: Имеет опыт подготовки отчетов, докладов, статей, презентаций по результатам проведенной работы в области профессиональной деятельности</p>	<p>ПК-3.1: Знать: -методы подготовки отчетов, статей, докладов, презентаций, публикаций по результатам проведенной работы.</p> <p>ПК-3.2: Уметь: -оформлять отчеты, статьи, доклады, презентации</p> <p>ПК-3.3: Владеть: - опытом подготовки отчетов, докладов, статей, презентаций по результатам проведенной работы.</p>	Задачи Контрольная работа	Экзамен: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	9
Часов по учебному плану	324
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	64

- КСР	4
самостоятельная работа	120
Промежуточная аттестация	72 Экзамен

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	17	2		2	15
Тема 2. Основы нелинейной динамики	43	14	14	28	15
Тема 3. Применение методов и подходов нелинейной динамики к моделированию систем фазовой синхронизации	45	14	16	30	15
Тема 4. Моделирование сложной динамики конкретных систем	19	2	2	4	15
Тема 5. Функции случайных величин и их распределения	35	10	10	20	15
Тема 6. Моментная теория построения вероятностных распределений по эмпирическим данным	27	6	6	12	15
Тема 7. 3. Предельные теоремы для независимых с.в. и модели теории вероятностей	31	8	8	16	15
Тема 8. Вероятностные модели роста	31	8	8	16	15
Аттестация	72				
КСР	4			4	
Итого	324	64	64	132	120

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 Стьюдента 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.

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

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

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:

- электронный курс "Современные проблемы прикладной математики и информатики" (<https://e-learning.unn.ru/enrol/index.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 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

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

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) ?

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

Задача 3. 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 4. 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 5. Рассматривается ряд распределения процентного содержания кремния в рельсовых мартезовских 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.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Задачи решены верно или с незначительными ошибками
не зачтено	Задачи не решены или допущены грубые ошибки

5.1.3 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 \hat{m}_e .
- 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. (ОПК-2)

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

Источники: 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.

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

Вариант 8. (ПК-3)

Ниже приведено распределение числа 200 респондентов по времени сна (источник: институт экономики и организации промышленного производства СО РАН) (в мин.):
(верхняя строка длительность сна, нижняя число респондентов)

240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560
3	5	10	12	14	17	21	20	20	18	17	17	12	6	3	2	1

Вариант 9. (ПК-3)

Ниже приведено распределение роста 346 мужчин в Ирландии (данные взяты из: Final Report of the Anthropometric Committee to the British Association, 1883, p. 4,5):
(верхняя строка рост в м, нижняя – число мужчин)

1.50	1.55	1.58	1.60	1.63	1.65	1.68	1.70	1.73	1.75	1.78	1.80	1.83	1.86
1	2	2	7	15	33	58	73	62	40	25	15	10	3

Вариант 10. (ПК-3)

Ниже приведено распределение веса 247 мужчин в Ирландии (данные взяты из: Final Report of the Anthropometric Committee to the British Association, 1883, p. 4,5):
(верхняя строка рост в кг, нижняя – число мужчин)

45.5	50.0	54.5	59.1	63.6	68.2	72.7	77.3	81.8	85.4	90.9	95.5
5	1	7	42	57	51	36	25	13	8	1	1

Вариант 11. (ПК-3)

На одном крупном газовом месторождении на западе США фирма за последние 10 лет пробурила 75 скважин. Ниже приведены данные о распределении запасов газа на скважину в единицах 10^9 фут³ (верхняя строчка – данные о запасе, нижняя – сколько раз повторилось это значение) (источник: Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование экспериментов в технике и науке: методы обработки данных, М.: Мир, 1980 – 512 с., с.185):

1	3	5	7	9	11	13	15	17	27
30	15	11	9	3	1	2	1	2	1

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Контрольная работа выполнена верно или с незначительными ошибками
не зачтено	Контрольная работа не выполнена или допущены грубые ошибки

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	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без 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	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован 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

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	ОПК-2

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Понятие устойчивости движения. Анализ локальной устойчивости состояний равновесия динамических систем. Теорема Гробмана-Хартмана.	ПК-3
2. Исследование устойчивости состояний равновесия с использованием метода функций Ляпунова.	ПК-3
3. Динамические системы первого порядка.	ПК-3
4. Типы состояний равновесия в двумерных динамических системах. Разбиение плоскости параметров характеристического уравнения по типу его корней.	ПК-3
5. Устойчивость периодических движений динамических систем второго порядка.	ПК-3
6. Метод точечных преобразований для исследования предельных циклов динамических систем второго порядка.	ПК-3
7. Устойчивость периодических движений многомерных динамических систем. Мультипликаторы периодических движений. Седловые	ПК-3

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
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»

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

Основная литература:

1. Баутин Николай Николаевич. Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости. - 2-е изд., доп. - М. : Наука, 1990. - 486, [2] с. : ил. - (Справочная математическая библиотека : СМБ). - ISBN 5-02-014321-9 : 3.20., 15 экз.

2. 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.
3. Шильман Семен Вольфович. Курс теории вероятностей : учеб. пособие / Нижегородский государственный университет 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 ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

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

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

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.