

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

Численные методы исследования динамических систем с помощью
пакета MatLab

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
01.03.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы
Математическое моделирование и вычислительная математика

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.08.02 Численные методы исследования динамических систем с помощью пакета MatLab относится к части, формируемой участниками образовательных отношений 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
ПК-6: Способен изучать и применять программное обеспечение, проводить расчётные работы и выполнять обработку результатов исследований	ПК-6.1: Знает методы применения современных программных комплексов, пакетов прикладных программ и автоматизированных систем для решения прикладных задач при проведении исследований ПК-6.2: Умеет самостоятельно проводить расчётные работы, выбирать и применять современные программные комплексы, пакеты прикладных программ и автоматизированные системы, обрабатывать и анализировать полученные результаты ПК-6.3: Имеет практический опыт применения современного программного обеспечения для решения прикладных задач	ПК-6.1: Знать основные понятия теории колебаний, современные методы исследования в области решения задач теории колебаний, а также знает методы применения современных программных комплексов, пакетов прикладных программ и автоматизированных систем для решения прикладных задач при проведении исследований ПК-6.2: Уметь осуществлять анализ и выбор методов теории колебаний к решению современных прикладных задач, обрабатывать и анализировать полученные результаты ПК-6.3: Владеть опытом применения базовых знаний и современного математического аппарата теории колебаний при решении прикладных задач, опыт применения современного программного обеспечения	Дискуссия Практическое задание	Зачёт: Контрольные вопросы

--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

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/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
1. Постановка задачи численного исследования динамических систем	11	3	3	6	5
2. Классификация динамических систем по типу времени, размерности, наличию симметрий, инвариантов. Численные методы построения отображения Пуанкаре для потоковых систем.	10	1	3	4	6
3. Анализ локальных бифуркаций. Численные методы поиска периодических орбит, их продолжение по параметру. Численные методы исследования глобальных бифуркаций, анализ поведения инвариантных многообразий седловых состояний равновесия и периодических орбит.	13	2	3	5	8
4. Двухпараметрический анализ динамических систем с помощью применения методов построения карт периодических режимов, показателей Ляпунова, средней дивергенции.	20	6	4	10	10
5. Исследования типичных сценариев возникновения хаоса в динамических системах. Классификация хаотических режимов.	17	4	3	7	10
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	16	16	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Постановка задачи численного исследования динамических систем
2. Классификация динамических систем по типу времени, размерности, наличию симметрий, инвариантов. Численные методы построения отображения Пуанкаре для потоковых систем.
3. Анализ локальных бифуркаций. Численные методы поиска периодических орбит, их продолжение по параметру. Численные методы исследования глобальных бифуркаций, анализ поведения инвариантных многообразий седловых состояний равновесия и периодических орбит.
4. Двухпараметрический анализ динамических систем с помощью применения методов построения карт периодических режимов, показателей Ляпунова, средней дивергенции.
5. Исследования типичных сценариев возникновения хаоса в динамических системах. Классификация хаотических режимов.

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.

Самостоятельная работа заключается в ознакомлении с теоретическим материалом по учебникам и монографиям, указанным в списке литературы, подготовке теоретических и практических заданий к семинарам. Отдельные вопросы программы, включены как дополнительные, излагаемые в виде обзора и выносятся на самостоятельную проработку студентов, обсуждаются на семинарских занятиях.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов опирается на рекомендуемую учебную литературу и интернет-источники, которые отражены в разд. 6. Методические материалы для самостоятельной работы по темам семинаров могут включать использование источников, доступных в библиотеке ННГУ: Кузнецов А. П. и др. «Бифуркации отображений» / Учебно-научное издание – Саратов: ООО Издательский центр «Наука», 2012, 196 с. (21 экз); Кузнецов С. П. Динамический хаос // М.: Физматлит. – 2001. – Т. 296. – С. 10. (10 экз.).

Контроль самостоятельной работы – по итогам проведения опросов по теории, по итогам выступлений на дискуссиях, выполнения практических заданий.

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 - Дискуссия) для оценки сформированности компетенции ПК-6:

1. Треугольник устойчивости неподвижной точки.
2. Анализ локальных бифуркаций в отображении Эно.
3. Многомерный метод секущих для поиска периодических точек.
4. Метод Эно построения отображения Пуанкаре, метод интерполяций для поиска пересечения траектории и секущей.

5. Гомоклиническая траектория Пуанкаре. Гомоклиническая структура.
6. Теорема Л.П. Шильникова о сложной структуре в окрестности петли седло-фокуса. Примеры.

Критерии оценивания (оценочное средство - Дискуссия)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-6:

1. Построить карту режимов и карту показателей Ляпунова для двумерного отображения Эно. Изучить сценарий перехода к хаосу, возникающий при изменении параметра.
2. Запрограммировать алгоритм поиска периодических точек. Продемонстрировать работу алгоритма на двумерном каком-нибудь двумерном отображении. Продолжить периодическую точку по параметру до бифуркации
3. Запрограммировать алгоритм продолжения неподвижной точки по параметру до бифуркации.
4. Написать алгоритм расчета показателей Ляпунова для точечных отображений.
5. Построить карту старшего показателя Ляпунова для системы Лоренца. Изучить сценарий перехода к хаосу, возникающий при изменении параметра.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

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 отдельными 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 некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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 ПК-6

1. Основные бифуркации состояний равновесия потоковых систем
2. Седло-узловая бифуркация
3. Бифуркация сложного узла, сложного седла
4. Бифуркация Андронова-Хопфа (мягкая и жесткая потери устойчивости)
5. Основные локальные бифуркации неподвижных точек отображений
6. Седло-узловая (касательная бифуркация)
7. Бифуркация вилка
8. Бифуркация Неймарка-Сакера
9. Треугольник устойчивости
10. Нелокальные бифуркации в потоковых системах
11. Теорема Шильникова о сложной структуре в окрестности петли седло-фокуса
12. Гомоклинические пересечения и касания. Гомоклиническая структура.

13. Классификация аттракторов в динамических системах
14. Алгоритмы поиска неподвижных и периодических точек

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки

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

Основная 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. 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.

Дополнительная литература:

1. Чен Ке. Matlab в математических исследованиях = Mathematical Explorations With Matlab / пер. с англ. В. Е. Кондрашова, С. Б. Королева. - М. : Мир, 2001. - 346 с. : ил. - ISBN 5-03-002821-8. - ISBN 0-521-63920-4 : 190.00., 2 экз.

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

1. Современная цифровая образовательная среда РФ. [сайт]. Учебные курсы. URL: <https://online.edu.ru/public/courses?faces-redirect=true>
2. Во время практических занятий используется лицензионное программное обеспечение: 10 комплектов математического пакета MATLAB, установленных в лаб. 220 (2 корп) ННГУ (лицензионное ПО приобретено в 2006/2007 гг при выполнении нац. проекта «Образование», ключ у системного администратора).
3. Шильников Л. П. Гомоклинические траектории: От Пуанкаре до наших дней //Математические события XX века. М.: ФАЗИС. – 2003. – С. 465. [Доступна электронная версия публикации в журнале «Математика в высшем образовании» №5, 2007. URL: http://www.unn.ru/math/no/5/_nom5_006_shilnikov.pdf – доступ свободный]

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Презентационное оборудование для компьютерных демонстраций

Компьютерный класс для выполнения практикумов на 12 рабочих мест с установленным лицензионным программным обеспечением нужной комплектации: – операционные системы семейства Microsoft Windows, – лицензия по подписке Microsoft Imagine; – математический пакет MatLab

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 01.03.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук.

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