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
президиумом Ученого совета ННГУ
протокол от
«14» декабря 2021 г. № 4

Рабочая программа дисциплины

Качественно–численные методы исследования динамических систем–2

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки
01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы
Прикладная математика и информатика (общий профиль)

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2021 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Код дисциплины по учебному плану Б1.В.ДВ.06.06.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина *к* Б1.В.ДВ.06.06 «Качественно-численные исследования динамических систем -2» относится к части ООП направления подготовки *01.03.02 «Прикладная математика и информатика»*, формируемой участниками образовательных отношений.

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****	
***ПК-13.**: Способен участвовать в исследовании математических моделей в естественных науках и технике*	***ПК-13.1.**: Знает методы создания, анализа и исследования математических моделей в естественных науках и технике*	*Знать:* – *методы отыскания и исследования предельных циклов автономных динамических систем второго порядка;* – *методы и приемы качественного исследования автономных динамических систем высших порядков.*	*собеседование*
	***ПК-13.2.**: Знает математические методы обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований*	*Знать схемы бифуркаций состояний равновесия и периодических движений автономных динамических систем высших порядков.*	*собеседование*
	***ПК-13.3.**: Умеет корректно использовать методы создания, анализа и исследования математических моделей, умеет применять численные и аналитические методы решения базовых математических задач и классических задач естествознания в практической деятельности*	*Уметь* – *строить параметрические портреты автономных динамических систем высших порядков;* – *устанавливать бифуркации, приводящие к возникновению и смене характера устойчивости состояний равновесия и периодических движений автономных динамических систем высших порядков.*	*контрольная работа*

	***ПК-13.4.**: Владеет навыками использования математических методов обработки информации, полученной в результате экспериментальных исследований*	*Владеть опытом качественно – численного исследования конкретных динамических систем высших порядков и интерпретации полученных результатов.*	*контрольная работа*

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	**2 ЗЕТ**
Часов по учебному плану	**72**
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа): **- занятия лекционного типа** **- занятия семинарского типа** **- занятия лабораторного типа** **- текущий контроль (КСР)**	**33** **16** **16** **0** **1**
самостоятельная работа	**39**
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание 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**	**Занятия лабораторного типа**	**Всего**	
1. Изучение окрестности замкнутых траекторий автономной динамической системы второго порядка: Предельные циклы. Устойчивые и неустойчивые предельные циклы. Отыскание предельных циклов методом точечных отображений отрезка прямой в себя. Неподвижная точка точечного отображения. Условия устойчивости неподвижной точки. Характеристический показатель замкнутой траектории. Сложные предельные циклы. Некоторые приемы качественного исследования. Индекс Пуанкаре. Поворот векторного поля. Топографические системы кривых. Поведение траекторий на бесконечности. Критерии Бендиксона и Дюлака отсутствия предельных циклов.	26	6	6		12	14

2.Грубые динамические системы: Определение грубой динамической системы. Классификация траекторий, возможных в грубых системах.	8	2	2		4	4
3.Автономные динамические системы высших порядков: Типы состояний равновесия и периодических движений в грубых системах. Схемы бифуркаций состояний равновесия и периодических движений, приводящие к их возникновению и смене типа.	29	6	6		12	17
4. Хаотические движения динамических систем: Некоторые механизмы возникновения хаотических движений. Гомоклинические структуры.	8	2	2		4	4
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация – зачет						
Итого	72	16	16		33	39

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

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Виды самостоятельной работы студентов:

- проработка теоретического материала лекционных занятий;
- подготовка к выполнению письменной контрольной работы;
- подготовка к промежуточной аттестации.

Проработка теоретического материала лекционных занятий

Выполняется самостоятельно обучающимся с использованием материалов лекций и рекомендованной основной и дополнительной литературы. Контроль проводится в часы контроля самостоятельной работы студентов.

Подготовка к выполнению письменной контрольной работы

Аудиторная контрольная работа проводится по теме «Состояния равновесия автономных динамических систем высших порядков».

Для подготовки к контрольной работе рекомендуется повторно просмотреть материалы соответствующих лекций и практических занятий.

Разбор контрольной работы и исправление ошибок проводится в часы контроля самостоятельной работы студентов.

Подготовка к промежуточной аттестации

Фактором успешного прохождения промежуточной аттестации является систематическая работа студента в течение всего периода изучения дисциплины. В этом случае подготовка к зачету будет концентрированной систематизацией всех полученных знаний, умений и навыков.

В качестве методических материалов при подготовке к зачету рекомендуется использовать собственные конспекты лекций и рекомендованную основную и дополнительную литературу.

Допуском к зачету является выполнение письменной контрольной работы.

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**
	Не зачтено		Зачтено				
Знания	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 ошибки.	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, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
Умения	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 задания, но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Навыки	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

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	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»
не зачтено	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

Вопросы	*Код формируемой компетенции*
1. Предельные циклы автономных динамических систем. Простые и сложные предельные циклы.	*ПК-13.1*
2. Характеристический показатель замкнутой траектории. Устойчивость предельного цикла.	*ПК-13.1*
3. Критерии Бендиксона и Дюлака отсутствия предельных циклов.	*ПК-13.1*
4. Индекс Пуанкаре. Признаки отсутствия предельных циклов, вытекающие из свойств индекса замкнутой кривой. Топографическая система кривых.	*ПК-13.1*
5. Исследование поведения траекторий на бесконечности.	*ПК-13.1*
6. Точечное отображение прямой в прямую. Функция последования. Неподвижные точки и их устойчивость. Диаграмма Кенигса-Ламерея.	*ПК-13.1*
7. Грубые динамические системы. Классификация траекторий, возможных в грубых системах.	*ПК-13.1*
8. Состояния равновесия автономных динамических систем *n*-го порядка.	*ПК-13.1*
9. Периодические решения автономных динамических систем *n*-го порядка.	*ПК-13.1*

10. Структура окрестности обыкновенной точки автономной динамической системы. Теорема о спрямлении.	*ПК-13.1*
11. Бифуркации состояний равновесия при переходе через бифуркационную поверхность N_0.	*ПК-13.2*
12. Бифуркации состояний равновесия при переходе через бифуркационную поверхность N_ω.	*ПК-13.2*
13. Бифуркации периодических движений при переходе через бифуркационную поверхность N_{+1}.	*ПК-13.2*
14. Бифуркации периодических движений при переходе через бифуркационную поверхность N_{-1}.	*ПК-13.2*
15. Бифуркации периодических движений при переходе через бифуркационную поверхность N_φ.	*ПК-13.2*
16. Хаотические движения динамических систем. Некоторые механизмы их возникновения. Гомоклинические структуры.	*ПК-13.1*

5.2.2. Типовая контрольная работа для оценки сформированности компетенций *ПК-13.3, ПК-13.4*
Дана автономная система

$$\begin{cases} \dot{x} = ax - yz \\ \dot{y} = y(a - z) \\ \dot{z} = z - x \end{cases}.$$

Задание 1: *ПК-13.3*

Аналитически найти состояния равновесия и исследовать их тип и характер устойчивости в зависимости от параметра a.

Задание 2: *ПК-13.4*

На оси параметра a построить бифуркационные диаграммы состояний равновесия.

Задание 3: *ПК-13.3, ПК-13.4*

Выяснить бифуркации, происходящие при бифуркационных значениях параметра a.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Андронов А.А., Леонтович Е.А., Гордон И.И., Майер А.Г. Теория бифуркаций динамических систем на плоскости. - М.:Наука, 1967. (127 экз)

2. Неймарк Ю.И. Метод точечных отображений в теории нелинейных колебаний. - М.:Наука, 1972. (68 экз)

3. Неймарк Ю.И., Ланда П.С. Стохастические и хаотические колебания. -М.:Наука, 1987. (51 экз)

б) дополнительная литература:

1. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. - М.: Наука, 1981. (357 экз)

2. Баутин Н.Н., Леонтович Е.А. Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости. -М.:Наука, 1976; 1990. (19+15 экз)
3. Бутенин Н.В., Неймарк Ю.И., Фуфаев Н.А. Введение в теорию нелинейных колебаний. - М.: Наука, 1987. (80 экз)

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: имеются в наличии учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Наличие рекомендованной литературы.

Компьютерный класс с ОС Microsoft Windows и установленными комплектами лицензионных математических пакетов MatLab (лаб.220 2-го корпуса):

- Операционные системы семейства Microsoft Windows, – лицензия по подписке MicrosoftImagine;
- Математический пакет MatLab, – лицензионное ПО приобретено в 2006/2007 гг при выполнении нац. проекта «Образование», бессрочная лицензия, ключ у системного администратора.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.03.02 Прикладная математика и информатика.

Автор: к.ф.-м.н., доцент кафедры ТУиДС_____ Киселева Н.В.

Рецензент _____

Заведующий кафедрой ТУиДС, д.ф.-м.н._____ Осипов Г.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 1 декабря 2021 года, протокол № 2.