

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  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол от «30» ноября 2022 г. № 13

**Рабочая программа дисциплины  
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ  
СИСТЕМ**

*(наименование дисциплины (модуля))*

Уровень высшего образования

**Магистратура**

*(бакалавриат / магистратура / специалитет)*

Направление подготовки / специальность

**01.04.01 Математика**

*(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)*

Направленность образовательной программы

**Фундаментальная математика и приложения**

*(указывается профиль / магистерская программа / специализация)*

Форма обучения

**очная**

*(очная / очно-заочная / заочная)*

Нижегород

2023 год

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Визуализация динамических систем» (Б1.В.ДВ.02.02) относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Дисциплина предусмотрена учебным планом для студентов 1-го курса магистратуры во втором семестре.

## 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**	
<b>ПК-5.</b> Способен составлять научные обзоры, рефераты и отчеты по тематике проводимых исследований, а также подготовить научную публикацию	<b>ПК-5.1.</b> Знать специфику научных обзоров.	<i>Знает основные источники происхождения и базовые понятия вещественной алгебраической геометрии.</i>	<i>Собеседование</i>
	<b>ПК-5.2.</b> Уметь составлять научные обзоры, рефераты и отчеты по тематике проводимых исследований, а также подготовить научную публикацию.	<i>Умеет проводить доказательства основных теорем теории вещественной алгебраической геометрии.</i>	<i>Решение задач</i>
	<b>ПК-5.3.</b> Владеть способностью по составлению научных обзоров, рефератов и отчетов по тематике проводимых исследований.	<i>Владеет основными методами исследования вещественной алгебраической геометрии.</i>	<i>Решение задач</i>
<b>ПК-6.</b> Обладает навыками преподавания математики и информатики в средней школе, специальных	<b>ПК-6.1.</b> Знать уровень подготовки и психологию обучающихся при организации учебного процесса.	<i>Знает основные понятия вещественной алгебраической геометрии, и их свойства. Понимает математическое единство всех рассматриваемых понятий и свойств вещественной алгебраической геометрии., а</i>	<i>Собеседование</i>

учебных заведений на основе полученного фундаментального образования	<b>ПК-6.2.</b> Уметь учитывать уровень подготовки и психологию обучающихся.	<i>также понимать взаимосвязь вещественной алгебраической геометрии с комплексной алгебраической геометрией.</i>  <i>Умеет применять теоретические знания для решения задач вещественной алгебраической геометрии, исследовать асимптотическое поведение траекторий.</i>	<i>Решение задач</i>
	<b>ПК 6.3.</b> Владеть навыками преподавания математики и информатики в средней школе, средних специальных и высших учебных заведениях.	<i>Владеет техникой доказательства математических утверждений и методами исследования асимптотического поведения траекторий, обладающих различными свойствами возвращаемости.</i>	<i>Решение задач</i>

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>3 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	<b>34</b>
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа	16
- занятия лабораторного типа	
- текущий контроль (КСР)	2
<b>самостоятельная работа</b>	<b>38</b>
<b>Промежуточная аттестация – экзамен</b>	<b>36</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Основные понятия динамических систем и инвариантных множеств	6	2			2	4
Освоение программных средств научных вычислений	13	2	2		4	9
Освоение программных средств разработки программного обеспечения	13	2	2		4	9
Реализация алгоритмов построения в графическом окне фазовых кривых (проекций фазовых кривых) и графиков решений систем обыкновенных дифференциальных уравнений	15	3	3		6	9
Реализация построения траекторий дискретных динамических систем	12	2	2		4	8
Реализация алгоритмов построения неустойчивых множеств гиперболических неподвижных и периодических точек для отображений плоскости	11	1	2		3	8
Реализация построения отображения Пуанкаре через период возмущения в системах с $3/2$ степенями свободы	11	1	2		3	8
Реализация построения 3-мерных сцен для визуализации многомерных объектов	13	2	1		3	10
Реализация алгоритмов визуализации с помощью цветовых оттенков	13	1	2		3	10

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (экзамен).

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

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины включает выполнение заданий под контролем преподавателя, решение домашних заданий и подготовку к экзамену.

1. Р.М. Кроновер. Фракталы и хаос в динамических системах.-М.: Постмаркет, 2000, 352 с (10 экз. в библиотеке ННГУ).
2. Т. Н. Драгунов, А. Д. Морозов. Использование программы WinSet для визуализации динамических систем. – Нижний Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета, 2007 (<http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/41.pdf>).
3. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. «Теория колебаний», изд. 2-е, ГИФМЛ, 1959г.

(25 экз. в библиотеке ННГУ)

4. R.H. Rand. Introduction to Maxima Computer Algebra System

<http://maxima.sourceforge.net/docs/intromax/intromax.html>

5. Introduction to SciLab

<https://wiki.scilab.org/Documentation>

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				
<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 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 незначительными 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 владения	При решении стандартных	Имеется минимальны	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрированы

	материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	й набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	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
Определение динамической системы. Дискретные динамические системы. Определение инвариантного множества динамической системы. Примеры инвариантных множеств.	ПК-5
Аналитическое построение фазового портрета двумерной динамической системы.	ПК-5
Применение программных средств научных вычислений для построения фазовых портретов и графиков решений систем обыкновенных	ПК-5

дифференциальных уравнений.	
Применение программных средств научных вычислений для визуализации двумерных дискретных динамических систем.	ПК-5
Приемы работы со списками и другими структурами данных в программных средствах научных вычислений.	ПК-5
Средства построения двумерных и трехмерных графиков в программных средствах научных вычислений.	ПК-5
Основы машинной графики. Экранная и мировая системы координат. Прямое и обратное преобразования на плоскости. Матрицы преобразования.	ПК-6
Создание пустого «проекта» - стартового набора файлов с текстами программ для выполнения произвольных графических построений в выбранной среде разработки программного обеспечения.	ПК-6
Библиотечные программные компоненты для выполнения произвольных графических построений в выбранной среде разработки программного обеспечения.	ПК-6
Библиотечные программные компоненты для создания стандартного пользовательского интерфейса.	ПК-6
Алгоритм построения фазовой траектории двумерной динамической системы (проекции фазовой траектории).	ПК-6
Сравнение результатов, полученных двумя различными численными методами решения задачи Коши: метод Эйлера, метод Рунге-Кутты 4-го порядка.	ПК-6
Алгоритм построения отображения Пуанкаре через период возмущения для системы с $3/2$ степенями свободы.	ПК-5
Базовые средства библиотеки OpenGL для визуализации фазовых траекторий.	ПК-5
Различные представления цветовых оттенков, преобразования между ними. Использование библиотечных функций, предоставляемых выбранной средой разработки программного обеспечения.	ПК-5

#### 5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции

Не предусмотрены

#### 5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-5, ПК-6

1. Выбрать свободно распространяемое средство разработки программного обеспечения в соответствии с имеющимися знаниями языков и технологий программирования. Самостоятельно установить на собственной или доступной для использования ПЭВМ.
2. Построение фазового портрета нелинейной двумерной динамической системы с применением аналитического исследования, программы WInSet или универсальных программных средств научных вычислений.
3. Разработка программы построения графика заданной функции в заданной прямоугольной области, построения ступенчатой диаграммы для одномерного отображения.

4. Разработка программы построения отрезка положительной полутраектории для двумерного отображения.
5. Разработка программы построения неустойчивых множеств гиперболических неподвижных и периодических точек для отображений плоскости.
6. Разработка и отладка универсального компонента для численного решения задачи Коши для системы дифференциальных уравнений (методом Эйлера, методом Рунге-Кутты 4-го порядка).
7. Разработка программы построения отрезков фазовых кривых (проекций фазовых) для системы обыкновенных дифференциальных уравнений.
8. Разработка программы построения отображения Пуанкаре для системы с  $3/2$  степенями свободы, построения устойчивых и неустойчивых множеств гиперболических неподвижных и периодических точек отображения Пуанкаре.
9. Разработка программы построения трехмерной сцены фазовых траекторий трехмерной динамической системы, с возможностью вращения трехмерной сцены. Построение аттрактора Лоренца.
10. Разработка программы, позволяющей масштабировать выполненное построение путем изменения координат прямоугольной (кубической) области, добавление возможности увеличения выделенного фрагмента построения.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) основная литература:

1. Р.М. Кроновер. Фракталы и хаос в динамических системах.-М.: Постмаркет, 2000, 352 с (10 экз. в библиотеке ННГУ).
2. Т. Н. Драгунов, А. Д. Морозов. Использование программы WinSet для визуализации динамических систем. – Нижний Новгород: Издательство Нижегородского государственного университета, 2007 (<http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/41.pdf>).

б) дополнительная литература:

1. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. «Теория колебаний», изд. 2-е, ГИФМЛ, 1959г. (25 экз. в библиотеке ННГУ)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

система компьютерной алгебры Maxima,

программный пакет SciLab <https://wiki.scilab.org/Documentation>;

программа WinSet,

свободно распространяемая среда разработки программ (Microsoft Visual Studio, PascslABC.NET, Lazarus, Qt, NetBeans и др.).

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения:

Класс с ПЭВМ, подключенными к локальной вычислительной сети,

Экран, компьютерный проектор,



Программное обеспечение: операционная система, средства демонстрации презентаций/слайдов, универсальные математические пакеты, типовые средства разработки прикладных программ (например, Microsoft Windows, Adobe Reader, Maxima, SciLab, Microsoft Visual Studio C++).

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 ВО ННГУ - магистратура по направлению подготовки 01.04.01 Математика.

Автор (ы) к.ф.-м.н. Т.Н. Драгунов

Рецензент (ы)

Заведующий кафедрой А.В. Калинин

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.