

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 совет 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

01.04.02 Прикладная математика и информатика

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Математическое моделирование динамики систем и процессов управления

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору). Код дисциплины – **Б1.В.ДВ.02.01.**

№ 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 Б1.В.ДВ.02.01. «Визуализация динамических систем» относится к части ООП направления подготовки 01.04.02 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, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-11 Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач производственно-технологической деятельности	ПК-11.1. Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач	<u>Знать</u> методы качественного исследования динамических систем на плоскости	Собеседование
	ПК-11.2. Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач	<u>Уметь</u> формулировать - постановки задачи по исследованию динамических систем малой размерности, - описание применяемых средств и методов, - результаты аналитического и численного исследования	Собеседование
	ПК-11.3 Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач	<u>Владеть</u> методами и приемами использования современных универсальных программных средств научных вычислений	Задача
ПК-12 Способен разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для	ПК-12.1. Знает основные методы разработки математических методов, системного и прикладного программного обеспечения для решения задач производственно-технологической	<u>Знать</u> основные подходы к разработке прикладного программного обеспечения для современных графических операционных систем ПЭВМ, знать элементарные алгоритмы визуализации инвариантных множеств нелинейных динамических систем.	Собеседование

решения задач производственно- технологической деятельности	деятельности		
	ПК-12.2. Умеет оценивать трудоемкость разработки программных средств для решения задач производственно- технологической деятельности	<u>Уметь</u> применять на практике методы и приемы качественного анализа динамических систем на плоскости, уметь разрабатывать программные компоненты для графической визуализации фазовых кривых систем обыкновенных дифференциальных уравнений и траекторий дискретных динамических систем	Задача
	ПК-12.3. Имеет навыки разработки системного программного обеспечения для решения задач производственно- технологической деятельности	<u>Владеть</u> методами и приемами использования универсальных программных средств разработки прикладного программного обеспечения.	Задача

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):	33
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа	16
- занятия лабораторного типа	0
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация – зачет	

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	5	2	0		2	3

инвариантных множеств						
Освоение программных средств научных вычислений	9	2	2		4	5
Освоение программных средств разработки программного обеспечения	9	2	2		4	5
Реализация алгоритмов построения в графическом окне фазовых кривых (проекций фазовых кривых) и графиков решений систем обыкновенных дифференциальных уравнений	10	3	3		6	4
Реализация построения траекторий дискретных динамических систем	8	2	2		4	4
Реализация алгоритмов построения неустойчивых множеств гиперболических неподвижных и периодических точек для отображений плоскости	7	1	2		3	4
Реализация построения отображения Пуанкаре через период возмущения в системах с 3/2 степенями свободы	7	1	2		3	4
Реализация построения 3-мерных сцен для визуализации многомерных объектов	8	2	1		3	5
Реализация алгоритмов визуализации с помощью цветовых оттенков	8	1	2		3	5
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация – зачет						
Итого	72	16	16		33	39

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- умения применять изученные структуры данных и алгоритмы при решении возникающих вопросов при сопровождении проекта –(ПК-11).
- системного и прикладного программного обеспечения для решения задач производственно-технологической деятельности (ПК-12)

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачет).

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.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс «Визуализация динамических систем», созданный в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru/>.

<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=6856>

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 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
Определение динамической системы. Дискретные динамические системы. Определение инвариантного множества динамической системы. Примеры инвариантных множеств.	ПК-11
Аналитическое построение фазового портрета двумерной динамической системы.	ПК-11
Применение программных средств научных вычислений для построения фазовых портретов и графиков решений систем обыкновенных	ПК-11

дифференциальных уравнений.	
Применение программных средств научных вычислений для визуализации двумерных дискретных динамических систем.	ПК-11
Приемы работы со списками и другими структурами данных в программных средствах научных вычислений.	ПК-11
Средства построения двумерных и трехмерных графиков в программных средствах научных вычислений.	ПК-11
Основы машинной графики. Экранная и мировая системы координат. Прямое и обратное преобразования на плоскости. Матрицы преобразования.	ПК-12
Создание пустого «проекта» - стартового набора файлов с текстами программ для выполнения произвольных графических построений в выбранной среде разработки программного обеспечения.	ПК-12
Библиотечные программные компоненты для выполнения произвольных графических построений в выбранной среде разработки программного обеспечения.	ПК-12
Библиотечные программные компоненты для создания стандартного пользовательского интерфейса.	ПК-12
Алгоритм построения фазовой траектории двумерной динамической системы (проекции фазовой траектории).	ПК-12
Сравнение результатов, полученных двумя различными численными методами решения задачи Коши: метод Эйлера, метод Рунге-Кутты 4-го порядка.	ПК-12
Алгоритм построения отображения Пуанкаре через период возмущения для системы с $3/2$ степенями свободы.	ПК-12
Базовые средства библиотеки OpenGL для визуализации фазовых траекторий.	ПК-12
Различные представления цветовых оттенков, преобразования между ними. Использование библиотечных функций, предоставляемых выбранной средой разработки программного обеспечения.	ПК-12

5.2.2. Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ПК-11, ПК-12

5.2.2.1 Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ПК-11

1. Построение фазового портрета нелинейной двумерной динамической системы с применением аналитического исследования, программы WInSet или универсальных программных средств научных вычислений.
2. Контроль правильности построения ступенчатой диаграммы, выполненного собственной программой, с помощью универсальных средств научных вычислений.
3. Контроль правильности построения фазовых траекторий, выполненного собственной программой, с помощью универсальных средств научных вычислений.
4. Контроль правильности построения отображения Пуанкаре, выполненного собственной программой, с помощью WInSet или универсальных средств научных вычислений.

5. Объяснить различные результаты, полученные при численном решении задачи Коши с помощью различных методов вычислений, отличающихся порядком аппроксимации.
6. Как численно построить сепаратрисы седлового состояния равновесия?
7. Как выполнить обобщение построения седловых многообразий неподвижной точки на случай периодической точки отображения?
8. Изменение матрицы преобразования средствами OpenGL.
9. Способы хранения вычисленных данных для выполнения масштабирования построения или вращения трехмерной сцены.
10. Как реализовать в программе шкалу цветовых оттенков, соответствующую определенному диапазону значений?

5.2.2.2 Типовые задачи для оценки сформированности компетенции ПК-12

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. 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. Добавление возможностей взаимодействия с пользователем для разработанной программы: ввод минимальных и максимальных значений по осям координат, ввод изменяемых значений параметров уравнений, выбор начальных условий с помощью указателя мыши, с помощью ввода значений.

11. 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 госуниверситета, 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, PasciABC.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 ННГУ по направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Автор (ы) к.ф.-м.н._доцент_ Т.Н. Драгунов

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой_ д.ф.-м.н., А.В. Калинин

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