

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**

**Качественная теория двумерных динамических систем**  
(наименование дисциплины (модуля))

---

Уровень высшего образования

**специалитет**

---

Направление подготовки

**01.05.01 Фундаментальные математика и механика**

---

Направленность образовательной программы

**Фундаментальная механика и приложения**

---

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

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.04.02, «Качественная теория двумерных динамических систем» относится к части ООП специальность 01.05.01 Фундаментальные математика и механика, 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-6. Владение навыками самостоятельно го анализа поставленной задачи, выбора корректного метода ее решения, построения алгоритма и его реализации	ПК-6.1. Умеет самостоятельно анализировать задачу, выбирать методы решения, создавать алгоритм решения и реализовывать его.  ПК-6.2. Владеет навыками решения практических задач, анализа результатов решения.	<b>Уметь</b> проводить полное качественное исследование двумерных динамических систем, сочетая аналитические методы с численными результатами, полученными на компьютере <b>Владеть:</b> математическим аппаратом качественной теории и теории бифуркаций двумерных динамических систем, методами и приемами качественного исследования, доказательствами утверждений в этой области	Контрольная работа
ПК-12. Владение навыками применения математически сложных алгоритмов в современных специализированных программных комплексах, реализации в них собственных методов, моделей и алгоритмов	ПК-12.1. Знает теоретические основы фундаментальных компьютерных наук.  ПК-12.2. Умеет ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики.  ПК-12.3. Имеет практический опыт использования математически сложных алгоритмов в современных программных комплексах, включая реализацию в них собственных методов и моделей	<b>Знать:</b> теоретические основы фундаментальных компьютерных наук. <b>Уметь:</b> проводить полное качественное исследование двумерных динамических систем, сочетая аналитические методы с численными результатами, полученными на компьютере . <b>Владеть</b> практическим опытом использования математически сложных алгоритмов в современных программных комплексах, включая реализацию в них собственных методов и моделей. Владеет математическим аппаратом качественной теории и теории бифуркаций двумерных динамических систем, методами и приемами качественного исследования, доказательствами утверждений в этой области	Контрольная работа  Контрольная работа  Контрольная работа

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	50
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа	32
- занятия лабораторного типа	0
- текущий контроль (КСР)	2
самостоятельная работа	58
Промежуточная аттестация – экзамен	36

### 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.				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Тема 1: Динамические системы на плоскости: траектории, особые точки, теория индексов, предельные циклы, сфера Пуанкаре.	36	5	11		16	20
Тема 2: Бифуркации состояний равновесия. Грубые системы. Бифуркация рождения предельных циклов.	36	5	11		16	20
Тема 3. Динамические системы, зависящие от параметров. Гамильтоновы системы. Консервативные системы	34	6	10		16	18
Текущий контроль (КСР)	2				2	
Промежуточная аттестация – экзамен	36					
Итого	144	16	32		50	58

Практические занятия (семинарские занятия) 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 (семинарских занятий) в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: математическим аппаратом качественной теории и теории бифуркаций двумерных динамических систем, методами и приемами качественного исследования, математически сложных алгоритмов в современных программных комплексах

- компетенций – ПК-6, ПК-12.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (экзамен), включающий выполнение заданий.

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

Промежуточная аттестация проходит в форме экзамена.

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

Самостоятельная работа обучающихся:

Выполнение заданий и решение задач на самостоятельную подготовку.

Подготовка к контрольной работе.

Образовательный материал для самостоятельной работы студента:

1. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний (2-е изд.) М.: Физматгиз, 1959

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/wave.htm>

2. Бутенин Н.В. Введение в аналитическую механику. М.: Наука, 1971

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/theoretical.htm>

3. Андронов А.А., Леонтович Е.В., Гордон И.И., Майер А.Г. Качественная теория динамических систем второго порядка. М.: Наука, 1966

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/ode.htm>

4. Немыцкий В.В., Степанов В.В. Качественная теория дифференциальных уравнений. М.-Л.: ОГИЗ, 1947

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/ode.htm>

6. Морозов А.Д. Введение в математические методы нелинейной динамики. Электронное учебно-методическое пособие.-Н.Новгород:Нижегородский госуниверситет, 2012.098 с. ([www.unn.ru/books](http://www.unn.ru/books)).

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	Шкала оценивания сформированности компетенций
---------	---

сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		Зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией вследствие отказа обучающегося от ответа	Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач, отсутствие навыков, предусмотренных данной компетенцией.	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>	Отсутствует способность решения стандартных задач	наличие грубых ошибок при решении стандартных задач.	способность решения основных стандартных задач с негрубыми ошибками.	способность решения всех стандартных задач с незначительными погрешностями.	способность решения всех стандартных задач без ошибок и погрешностей.	Способность решения стандартных и некоторых нестандартных задач	способность решения стандартных задач и широкого круга нестандартных задач
<u>Навыки</u>	полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией	отсутствие ряда важнейших навыков, предусмотренных данной компетенцией	наличие минимально необходимого множества навыков	наличие большинства основных навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях	наличие всех основных навыков, продемонстрированных в стандартных ситуациях	наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях	Наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных и нестандартных ситуациях

### 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. Динамические системы на плоскости: траектории, особые точки, теория индексов, предельные циклы, сфера Пуанкаре	ПК-6, ПК-12
2. Интегральная кривая, интеграл, общий интеграл	ПК-6, ПК-12
3. Мат. Определение качественной структуры разбиения траекторий	ПК-6, ПК-12
4. Определение качественной структуры разбиения на траектории	ПК-6, ПК-12
5. Теория Пуанкаре – Бендиксона. Дуга, цикл без контакта	ПК-6, ПК-12
6. Предельная траектория	ПК-6, ПК-12
7. Качественная структура состояния равновесия	ПК-6, ПК-12
8. Простые состояния равновесия (особые точки).	ПК-6, ПК-12
9. Критерий Бендиксона, Дюлака отсутствия предельных циклов	ПК-6, ПК-12
10. Определение грубой системы	ПК-6, ПК-12
11. Поведение траекторий на бесконечности. Сфера Пуанкаре.	ПК-6, ПК-12
13. История возникновения и развития КТДУ	ПК-6, ПК-12

### 5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-6.

#### Контрольная работа

$\dot{x} = x - y, \quad \dot{y} = -y + x^2 y$  Устойчивость состояния равновесия	$\ddot{x} + x - x^3 = 0.$ $x=?$
$\dot{x} = y, \quad \dot{y} = -x + \varepsilon(a + bx - x^2)y, \quad a, b - \text{параметры}$	$\ddot{x} + x + x^3 = 0$ $x=?$
$\ddot{x} + \sin(x) + b\dot{x} + a = 0$	$\ddot{x} - x + x^3 = 0$ $x=?$ в области

Фазовые портреты	$\frac{\dot{x}^2}{2} - \frac{x^2}{2} + \frac{x^4}{4} > 0$
------------------	---

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний (2-е изд.) М.: Физматгиз, 1959. (57 экз.)  
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/wave.htm>
2. Бутенин Н.В. Введение в аналитическую механику. М.: Наука, 1971.  
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/theoretical.htm>

б) дополнительная литература:

1. Морозов А.Д. Введение в математические методы нелинейной динамики. Электронное учебно-методическое пособие. Н.Новгород:Нижегородский госуниверситет, 2012. 98 с. Рег. №480.12.06.  
[http://www.unn.ru/books/met\\_files/MMND-Book.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/MMND-Book.pdf)
2. Андронов А.А., Леонтович Е.В., Гордон И.И., Майер А.Г. Качественная теория динамических систем второго порядка. М.: Наука, 1966.  
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/ode.htm>
3. Немыцкий В.В., Степанов В.В. Качественная теория дифференциальных уравнений. М.-Л.: ОГИЗ, 1947.  
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/ode.htm>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):  
Программа WInSet (Драгунов Т.Н., Морозов А.Д. Использование программы WInSet для визуализации динамических систем: Учебное пособие. Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2007. 102 с., <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/41.pdf>).

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения для лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации.

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

Автор (ы)

Заведующий кафедрой, к.ф.-м.н., доцент\_А.В.Калинин

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