

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

*Факультет математики и компьютерных наук*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Динамические системы и теория бифуркаций**

Кафедра дифференциальных уравнений и функционального анализа  
факультета математики и компьютерных наук

Образовательная программа

**02.03.01 – Математика и компьютерные науки**

Профиль подготовки

**Математический анализ и приложения**

Уровень высшего образования

**бакалавриат**

Форма обучения

**очная**

Статус дисциплины: **вариативная по выбору**

Махачкала, 2018

Рабочая программа дисциплины «**Динамические системы и теория бифуркаций**» составлена в 2018 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 02.03.01 – Математика и компьютерные науки (уровень бакалавриата) от «7» августа 2014 г., № 949

Разработчик: кафедра дифференциальных уравнений и функционального анализа, Меджидов З. Г., к. ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры ДУ и ФА от 31.05.2018 г., протокол № 10

Зав. кафедрой  Сиражудинов М.М.  
(подпись)

на заседании Методической комиссии факультета М и КН от 27.06.2018 г., протокол № 6.

Председатель  Бейбалаев В.Д.  
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«29» июня 2018 г.  Гасангаджиева А.Г.

## Содержание

Аннотация рабочей программы дисциплины.....	4
1. Цели освоения дисциплины.....	5
2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.....	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).....	5
4. Объем, структура и содержание дисциплины. ....	6
5. Образовательные технологии.....	9
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.....	9
7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины .....	9
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	13
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	15
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины. ....	15
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.....	16
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине. ....	16

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Динамические системы и теория бифуркаций» входит в вариативную часть образовательной программы бакалавриата по направлению 01.03.01 - Математика.

Дисциплина реализуется на факультете математики и компьютерных наук кафедрой дифференциальных уравнений и функционального анализа.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основными понятиями динамических систем, теории бифуркаций и их приложениями.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных – ОПК-1, профессиональных – ПК-3.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия и самостоятельная работа.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости: в форме *3-х коллоквиумов (модулей)*, промежуточный контроль в форме *зачета.*

Объем дисциплины 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Се- местр	Учебные занятия						СРС, в том числе экза- мен	Форма промежу- точной ат- тестации
	Все- го	в том числе						
		Контактная работа обучающихся с пре- подавателем						
		из них						
Лек- ции	Лабора- торные занятия	Практи- ческие занятия	КСР	Кон- суль- тации				
8	108	30		30			48	Зачет

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины является изучение методов качественной теории дифференциальных уравнений, или теории динамических систем. Под динамической системой понимается любой объект, или процесс, для которых определено понятие состояния (задаваемое обычно числовым вектором в  $R^n$ ) и изменение которых определяется этим начальным состоянием. Данное определение допускает моделирование динамическими системами явлений и процессов в механике, физике, химии, теории вычислительных процессов, процессах переработки информации, совершаемых согласно некоторым алгоритмам. Выросшая в основном из задач, пришедших из приложений, теория динамических систем превратилась в настоящее время в самостоятельную дисциплину со своими задачами и методами. Основные задачи теории динамических систем и теории:

- 1) каково асимптотическое поведение систем на бесконечном интервале времени;
- 2) какова зависимость асимптотического поведения от начальных данных;
- 3) какова зависимость асимптотического поведения от возмущений.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Динамические системы и теория бифуркаций» входит в вариативную часть образовательной программы *бакалавриата* по направлению *01.03.01 - Математика*.

Курс «Динамические системы и теория бифуркаций» преподается на 4 курсе факультета математики и компьютерных наук. Для его успешного изучения необходимы знания и умения, приобретённые в результате освоения предшествующих дисциплин: математический анализ, дифференциальные уравнения, алгебра, системы компьютерной математики.

Освоение дисциплины «Динамические системы и теория бифуркаций» необходимо при написании выпускной квалификационной работы, а также последующем изучении дисциплин магистратуры, связанных с моделированием различных процессов в природе и обществе. Этот раздел науки является необходимым для обучения в аспирантуре по специальностям «Дифференциальные уравнения», «Математическое моделирование».

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОПК-1	Готовность использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и	<b>Знает:</b> основные понятия теории динамических систем, определения и свойства математических объектов в этой области, формулировки утвер-

	функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в будущей профессиональной деятельности	ждений, методы их доказательства, возможные сферы их приложений. <b>Умеет:</b> решать задачи вычислительного и теоретического характера в области качественного анализа дифференциальных уравнений. <b>Владеет:</b> математическим аппаратом теории динамических систем, методами анализа и решения задач, в том числе с помощью инструментальных средств.
ПК-3	Способность строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата	<b>Знает:</b> основные понятия теории динамических систем, определения и свойства математических объектов в этой области, формулировки утверждений, методы их доказательства. <b>Умеет:</b> решать задачи вычислительного и теоретического характера в области качественного анализа дифференциальных уравнений. <b>Владеет:</b> математическим аппаратом теории динамических систем, методами анализа и решения задач, в том числе с помощью инструментальных средств.

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации
				Лекции	Практич. занятия	Лаборат. занятия	Контр. сам. раб.	Самост. работа	

<b>Модуль 1. Динамические системы первого порядка</b>									
1	Основные понятия и определения теории динамических систем.	8	1	2	2			4	Устный опрос
2	Бифуркации	8	2-3	4	4			6	Контрольная работа
3	Потоки на окружности	8	4-5	4	4			6	
	<i>Итого по модулю 1</i>			<b>10</b>	<b>10</b>			<b>16</b>	Коллоквиум
<b>Модуль 2. Системы второго порядка</b>									
1	Линейные системы	8	6-8	4	4			6	Устный опрос
3	Фазовая плоскость		9-11	6	6			8	
2	Консервативные системы	8	12	2	2			6	Контрольная работа
	<i>Итого по модулю 2</i>			12	12			20	Коллоквиум
<b>Модуль 3. Предельные циклы. Теорема Пуанкаре-Бендиксона</b>									
1	Предельные циклы	8	13-14	4	4			6	Устный опрос
2	Теорема Пуанкаре-Бендиксона		15-16	4	4			6	Контрольная работа
	<i>Итого по модулю 2</i>			8	8			12	Коллоквиум
	<b>ИТОГО</b>			<b>30</b>	<b>30</b>			<b>48</b>	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (*разделам*).

#### **4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине**

##### **Модуль 1. . Введение в теорию динамических систем**

*Тема 1. Основные понятия и определения теории динамических систем.*

Геометрическое представление решений дифференциальных уравнений, равновесные точки, фазовые портреты.

*Тема 2. Бифуркации.*

Бифуркация «седло-узел», транскритическая бифуркация, вильчатая бифуркация. Неполные бифуркации и катастрофы. Приложения.

*Тема 3. Потоки на окружности.*

Определения и примеры. Равномерные. Неравномерные и вынужденные колебания, период колебаний, фазовый замок, дрейф фазы.

##### **Модуль 2. Системы второго порядка**

#### *Тема 4. Линейные системы.*

Двумерная автономная система, устойчивое и неустойчивое многообразие, классификация неподвижных точек.

#### *Тема 5. Фазовая плоскость.*

Типы неподвижных точек на плоскости, топологическая эквивалентность фазовых портретов.

#### *Тема 6. Консервативные системы*

Консервативные системы, обратимые системы, индекс кривой и индекс точки.

### ***Модуль 3. Предельные циклы. Теорема Пуанкаре-Бендиксона***

#### *Тема 7. Предельные циклы.*

Примеры предельных циклов. Некоторые методы доказательства отсутствия предельных циклов.

#### *Тема 8. Теорема Пуанкаре-Бендиксона*

Теорема Пуанкаре-Бендиксона. Слабые нелинейные колебания.

### ***4.3.2. Содержание практических занятий по дисциплине***

#### ***Модуль 1. . Введение в теорию динамических систем***

##### *Тема 1. Основные понятия и определения теории динамических систем.*

Геометрическое представление решений дифференциальных уравнений, равновесные точки, фазовые портреты.

##### *Тема 2. Бифуркации.*

Бифуркация «седло-узел», транскритическая бифуркация, вильчатая бифуркация. Неполные бифуркации и катастрофы. Приложения.

##### *Тема 3. Потoki на окружности.*

Определения и примеры. Равномерные. Неравномерные и вынужденные колебания, период колебаний, фазовый замок, дрейф фазы.

#### ***Модуль 2. Системы второго порядка***

##### *Тема 4. Линейные системы.*

Двумерная автономная система, устойчивое и неустойчивое многообразие, классификация неподвижных точек.

##### *Тема 5. Фазовая плоскость.*

Типы неподвижных точек на плоскости, топологическая эквивалентность фазовых портретов.

## Тема 6. Консервативные системы

Консервативные системы, обратимые системы, индекс кривой и индекс точки.

## Модуль 3. Предельные циклы. Теорема Пуанкаре-Бендиксона

### Тема 7. Предельные циклы.

Примеры предельных циклов. Некоторые методы доказательства отсутствия предельных циклов.

### Тема 8. Теорема Пуанкаре-Бендиксона

Теорема Пуанкаре-Бендиксона. Слабые нелинейные колебания.

## 5. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС при реализации различных видов учебной работы в процессе изучения дисциплины «Динамические системы и теория бифуркаций» предусматривается использование в учебном процессе следующих активных и интерактивных форм проведения занятий:

- практические занятия в диалоговом режиме;
- компьютерное моделирование и практический анализ результатов;
- научные дискуссии;
- работа в малых группах по темам, изучаемым на практических занятиях.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Виды самостоятельной работы студентов, распределенные по темам:

№	темы	Виды СРС	
		обязательные	дополнительные
1.	Основные понятия и определения теории динамических систем.	Работа с литературой, решение домашнего задания	
2	Бифуркации	Работа с литературой, решение домашнего задания	
3	Потоки на окружности	Работа с литературой, решение домашнего задания	подготовка к коллоквиуму
4.	Линейные системы.	Работа с литературой, решение домашнего задания	
5.	Фазовая плоскость	Работа с литературой	подготовка к

		рой, решение домашнего задания	коллоквиуму
6.	Консервативные системы.	Работа с литературой, решение домашнего задания	подготовка к коллоквиуму

## 7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОПК-1	<p>Знает: основные понятия теории динамических систем, определения и свойства математических объектов в этой области, формулировки утверждений, методы их доказательства, возможные сферы их приложений.</p> <p>Умеет: решать задачи вычислительного и теоретического характера в области качественного анализа дифференциальных уравнений.</p> <p>Владеет: математическим аппаратом теории динамических систем и теории бифуркаций, методами анализа и решения задач, в том числе с помощью инструментальных средств.</p>	Подготовка и сдача коллоквиума
ПК-3	<p>Знает: основные понятия теории динамических систем и теории бифуркаций, определения и свойства математических объектов в этой области, формулировки утверждений, методы их доказательства, возможные сферы их приложений.</p> <p>Умеет: решать задачи вычислительного и теоретического характера в области качественного анализа дифференциальных уравнений.</p> <p>Владеет: математическим аппаратом теории динамических систем и теории бифуркаций, методами анализа и решения задач, в том числе с помощью инструментальных средств.</p>	Коллоквиум, зачет

## 7.2. Типовые контрольные задания

### 7.2.1. Примерные задания для контрольных работ

1. Для каждого из следующих уравнений найти неподвижные точки, определить их тип, нарисовать фазовый портрет, найти общее решение и изобразить несколько интегральных кривых на поле направлений.

(а)  $x' = x^3 - 3x$ ; (б)  $x' = \sin^2 x$ ; (в)  $x' = |1 - x^2|$ ; (г)  $x' = ax + 2$  ( $a$  – число).

2. Для следующих уравнений найти потенциалы и с их помощью исследовать неподвижные точки на устойчивость.

(а)  $x' = (1 - x)x$ ; (б)  $x' = 1 - \sin 2x$ .

3. В каждом из следующих уравнений найти бифуркационное значение, определить тип бифуркации и нарисовать бифуркационную диаграмму.

(а)  $x' = \mu x^2 - 2\mu x + 3x$ ; (б)  $x' = \frac{\mu x}{x^2 + 7} - x$ .

4. Исследовать систему с «неполным» параметром  $k$ . Нарисовать бифуркационные диаграммы уравнения  $x' = x^2 - \mu x + k$  при  $k < 0$ ,  $k = 0$  и  $k > 0$ . Изобразить на плоскости  $(\mu, k)$  области, соответствующие различным типам фазовых портретов.

5. Исследовать систему на наличие/отсутствие периодических орбит. Фазовый портрет доказательством не является, а только подтверждением.

$$\begin{cases} x' = y \cos x \\ y' = \sin x \end{cases}.$$

6. Определить точки равновесия системы и найти индексы этих точек. Построить фазовый портрет.

$$\begin{cases} x' = x^2 - y^2 \\ y' = 2xy \end{cases}.$$

7. Определить точки равновесия системы и найти индексы этих точек. Построить фазовый портрет.

$$\begin{cases} x' = x^2 \\ y' = -y \end{cases}.$$

8. Для системы  $\begin{cases} x' = -x + y(x+a) - b \\ y' = -cx(x+a) \end{cases}$ , где  $a, b, c$  положительные константы и  $b > a$  на области  $D = \left\{ X \in \mathbb{R}^2 : x < -a \text{ и } y < \frac{x+b}{x+a} \right\}$  доказать, что не существует периодических орбит, проходящих через некую точку области  $D$ .

9. Для системы  $\begin{cases} x' = ax + yx \\ y' = bx^2 - cy \end{cases}$ , где  $a, b, c$  положительные константы и  $c > a$  на области  $D = \{X \in \mathbb{R}^2 : y \geq 0\}$  доказать, что не существует периодических орбит, проходящих через некую точку области  $D$ .

10. Рассмотреть систему  $\begin{cases} x' = y \\ y' = -(2b - g(x))ay - a^2x \end{cases}$ ,  $a, b > 0$ ,  $g(x) = \begin{cases} 0, |x| > 1 \\ k, |x| \leq 1 \end{cases}$ .

Показать, что при  $k < 2b$  не существует, а при  $k > 2b$  - существуют периодические орбиты.

### 7.2.2. Примерные вопросы к зачёту

1. Дана система  $X' = A \cdot X$ , где  $A = \begin{pmatrix} 4 & -10 \\ 1 & -3 \end{pmatrix}$ . Найти:

(а) жорданову форму;

(б) матрицу перехода  $M$ ;

(в) матрицу  $A1$  для системы  $X' = A1 \cdot X$ , получающейся из исходной после ее поворота на угол  $-\frac{\pi}{2}$ .

2. Дана система  $\begin{cases} x' = x^2 - y^2 \\ y' = xy - 1 \end{cases}$ . Найти неподвижные точки и определить их тип.

3. Определить, как меняются главные направления (директрисы) седловой точки  $(0;0)$  нелинейной системы  $\begin{cases} x' = -x + x^2 \\ y' = x + y \end{cases}$  по отношению к ее линеаризации.

4. Исследовать дифференциальное уравнение  $x' = -x + \beta \tanh x$ . Найти бифуркационное значение, построить диаграмму и определить тип бифуркации.

5. Исследовать систему  $\begin{cases} x' = -2x + y \\ y' = \mu + x^2 - y \end{cases}$ . Найти и определить тип бифуркации.

Нарисовать бифуркационную диаграмму.

6. Построить фазовый портрет и определить тип бифуркации при  $\mu = 0$  для системы  $\begin{cases} x' = \mu x - y + xy^2 \\ y' = x + \mu y - x^2 \end{cases}$ .

7. Рассмотреть модель  $\begin{cases} x' = x(x(1-x) - y) \\ y' = y(x-a) \end{cases}$ , где  $x \geq 0$  - популяция жертв,  $y \geq 0$  - популяция хищников и  $a \geq 0$  - параметр. Найти и классифицировать неподвижные точки системы. Определить бифуркационное значение и тип бифуркации.

8. Определить бифуркационное значение и тип бифуркации для системы

$$\begin{cases} x' = \mu x + y + \sin x \\ y' = x - y \end{cases}$$

в начале координат. Построить фазовые портреты для значений  $\mu$  в окрестности  $\mu_0$ .

9. Используя функцию Ляпунова, показать, что система  $\begin{cases} x' = -x + 2y^3 - 2y^4 \\ y' = -x - y + xy \end{cases}$  не имеет предельных циклов.

10. Найти периодические решения системы  $\begin{cases} x' = -x - y + x(x^2 + 2y^2) \\ y' = x - y + y(x^2 + 2y^2) \end{cases}$ .
11. Рассмотреть систему  $\begin{cases} x' = \mu(y - F(x)) \\ y' = -\frac{x}{\mu} \end{cases}$ , где  $F(x) = \begin{cases} x+2, & x \leq -1, \\ -x, & |x| \leq 1, \\ x-2, & x \geq 1. \end{cases}$  Имеются ли у этой системы периодические решения? Построить фазовый портрет.
12. Рассмотреть систему  $\begin{cases} x' = -4x + y^3 \\ y' = -3x - y + y^3 \end{cases}$ . Найти неподвижные точки и классифицировать их. Найти инвариантные линии. Построить фазовый портрет.
13. Для уравнения  $x' = x - \mu x(1-x)$ :
- найти неподвижные точки и их характер;
  - найти бифуркационное значение и тип бифуркации;
  - построить бифуркационную диаграмму.
14. Доказать наличие предельного цикла у системы  $\begin{cases} x' = -\mu y + x(1-x^2-y^2) \\ y' = \mu x + y(1-x^2-y^2) \end{cases}$  и построить ее фазовый портрет.
15. Найти положительно инвариантное множество для системы  $\begin{cases} x' = x(y^2 - x) \\ y' = -y(y^2 - x) \end{cases}$  и построить ее фазовый портрет.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 50% и промежуточного контроля – 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий – 10 баллов,
- участие на практических занятиях – 10 баллов,
- коллоквиум – 40 баллов,
- выполнение аудиторных контрольных работ – 40 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 50 баллов,
- письменная контрольная работа – 50 баллов.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### а) основная литература:

1. Матвеев, Павел Николаевич.

Лекции по аналитической теории дифференциальных уравнений : учеб. пособие / Матвеев, Павел Николаевич. - СПб. [и др.] : Лань, 2008. - 330,[6] с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0571-8 : 278-52.

Местонахождение: Научная библиотека ДГУ

**2. Треногин, В.А.**

Обыкновенные дифференциальные уравнения: учебник / В.А. Треногин. - Москва :Физматлит, 2009. - 312 с. - ISBN 978-5-9221-1063-1; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82614> (17.10.2018).

**3. Андронов Александр Александрович, Витт А.А., Хайкин С.Э.**

Теория колебаний / Андронов Александр Александрович, Витт А.А., Хайкин С.Э. - Изд.2-е, Перераб.и доп. Н.А.Железцова. - М.: Физматгиз, 1959. – 915 с.

Местонахождение: Научная библиотека ДГУ

**4. Эрроусмит, Д.**

Обыкновенные дифференциальные уравнения. Качественная теория с приложениями = Ordinary differential equations / Д. Эрроусмит, К. Плейс ; Пер. с англ. Т.Д. Вентцель; Под ред. Н.Х.Розова. - М. : Мир, 1986. - 243 с. : ил. - 00-95.

Местонахождение: Научная библиотека ДГУ

**5. Динамические системы и нелинейные явления: Сб. науч. ст. / АН УССР, Ин-т математики; [Редкол.: А.Н. Шарковский (отв. ред.) и др.]. - Киев: ИМ, 1990. - 73 с.; 20 см. - Библиогр. в конце ст. - 0-90.**

Местонахождение: Научная библиотека ДГУ

**б) дополнительная литература:**

**6. Бейбалаев, Ветлугин Джабраилович. Динамические системы, описываемые дифференциальными уравнениями с производными дробного порядка : [учеб. пособие] / Бейбалаев, Ветлугин Джабраилович, М. А. Назаралиев; Минобрнауки России, Дагест. гос. ун-т. - Махачкала : Изд-во ДГУ, 2012. - 82 с. - 52-50.**

**7. Мачулис В.В. Введение в динамические системы: учебное пособие. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2013. – 196 с.**

**8. Жиганов С.Н. Анализ динамических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Жиганов С.Н. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. – 202 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72794.html>. – ЭБС «IPRbooks»**

## 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

№	Название	Электронный адрес	Содержание
1.	Math.ru	www.math.ru	Сайт посвящён математике (и математикам. Этот сайт – для школьников, студентов, учителей и для всех, кто интересуется математикой. Тех, кого интересует зона роста современной науки математика.
2.	Exponenta.ru	www.exponenta.ru	<p><b>Студентам:</b></p> <p>- запустить установленный у Вас математический пакет, выбрать в списке примеров, решенных в среде этого пакета, подходящий и решить свою задачу по аналогии;</p> <p><b>Преподавателям:</b></p> <p>- использовать математические пакеты для поддержки курса лекций.</p> <p><b>Всем заинтересованным пользователям:</b></p> <p><b>1.</b> можно ознакомиться с примерами применения математических пакетов в образовательном процессе.</p> <p><b>2.</b> найти демо-версии популярных математических пакетов, электронные книги и свободно распространяемые программы.</p>
3.	Математика	www.mathematics.ru	учебный материал по различным разделам математики – алгебра, планиметрия, стереометрия, функции, графики и другие.
4.	Российское образование.	www.edu.ru	федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ.
5.	Электронные каталоги Научной библиотеки ДГУ	http://elib.dgu.ru, http://edu.icc.dgu.ru	
6.	Общероссийский математический портал (Math-Net.Ru)	www.mathnet.ru	Портал, предоставляет различные возможности в поиске информации о математической жизни в России Портал содержит разделы: журналы, видеотека, библиотека, персоналии, организации, конференции.

## 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Специфика изучаемой дисциплины «Динамические системы и теория бифуркаций» состоит в том, что для ее освоения необходимо выработать навыки не только качественного анализа динамических систем, но и графической интерпретации понятий, фактов и результатов, моделирования динамическими системами явлений и процессов в различных областях естествознания.

Систематическое изложение научных материалов, освещение главных тем данной дисциплины проводится в ходе лекционного курса. Изучение теоретического кур-

са выполняется самостоятельно каждым студентом по итогам каждой из лекций, используя конспект лекций, учебники, представленные в разделе 8 «Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины», результаты контролируются преподавателем на практических занятиях.

Если возникают вопросы, следует обратиться на кафедру к преподавателю, согласно графику консультаций ведущего преподавателя. Обращаясь за консультацией, необходимо указать, каким учебником пользовались и какой раздел, глава, параграф вам не понятен.

Решения задач и самостоятельные работы по заданию (индивидуальному, где требуется) преподавателя сдаются в конце каждой зачетной единицы.

### **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине: «Динамические системы и теория бифуркаций» необходимы:

**Системное программное обеспечение:** ОС Windows XP/7/8/10;

**Прикладное программное обеспечение:** MSOffice 2007/10/13;

**Сетевые приложения:** электронная почта, поисковые системы Google, Yandex.

### **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Для проведения лекционных и практических занятий по дисциплине необходима аудитория на 20-25 мест, оборудованная ноутбуком, экраном и цифровым проектором.

Университет обладает достаточной базой аудиторий для проведения всех видов занятий, предусмотренных образовательной программой дисциплины «Динамические системы и теория бифуркаций». Кроме того, на факультете 4 компьютерных класса и 4 учебных класса, оснащенных компьютерами с соответствующим программным обеспечением и мультимедиа-проекторами.

В университете имеется необходимый комплект лицензионного программного обеспечения.