


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол № 7 от 26.01 2021 г.

Зав. кафедрой  / Юмагулов М.Г.

Согласовано:  
Председатель УМК факультета математики и  
информационных технологий

 / Ефимов А.М.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина Теория бифуркаций динамических систем

Часть, формируемая участниками образовательных отношений

**программа магистратуры**

Направление подготовки (специальность)

01.04.01 Математика

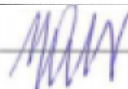
Направленность (профиль) подготовки

«Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление»

Квалификация

магистр

Разработчики (составители)  
зав. кафедрой, д.ф.-м.н., профессор

 / Юмагулов М.Г.

Для приема: 2021

Уфа 2021 г.

Составитель: зав. кафедрой , д.ф.-м.н., профессор Юмагулов М.Г.

Рабочая программа дисциплины актуализирована на заседании кафедры дифференциальных уравнений протокол от «26» января 2021 г. № 7

Дополнения и изменения, внесённые в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры дифференциальных уравнений: обновлён фонд оценочных средств. протокол № 7 от «26» января 2021 г

Зав. кафедрой  / Юмагулов М.Г.

### **Список документов и материалов**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
  - 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.
  - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
  - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК- 1 Способен демонстрировать фундаментальные знания математических и естественных наук	ПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- историческое значение исследуемой проблемы</li> <li>- современное состояние исследуемой проблемы</li> <li>- основные методы решения классических задач математики</li> </ul>
	ПК-1.2. Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно- исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	<b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- видеть и понимать пути дальнейшего развития теории и методов ее решения</li> <li>- корректно ставить научные задачи</li> <li>- применять классические методы при решении поставленных задач</li> </ul>
	ПК-1.3. Имеет практический опыт научно исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	<b>Владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- адекватным математическим аппаратом для ведения научно-исследовательской работы</li> </ul>
ПК – 2 Способен проводить научные исследования, на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-2.1. Владеет современными методами сбора и анализа исследуемого материала, способами его аргументации. Владеет навыками научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языках.	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методологические приемы представления научных знаний</li> <li>- формы представления новых научных результатов – презентации, статьи в периодической печати, монографии и т.д.</li> </ul>
	ПК-2.2. Умеет решать научные задачи в связи с поставленной целью	<b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обрабатывать полученные результаты, анализировать и</li> </ul>

	и в соответствии с выбранной методикой	осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных - вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий - представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, рефератов, статей, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями, с привлечением современных средств редактирования и печати
	ПК-2.3. Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации в профессиональной деятельности	<b>Владеть:</b> - приемами публично представить собственные новые научные результаты - методами построения математических моделей реальных объектов и выработать на их основе практические рекомендации

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория бифуркаций динамических систем» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Математический анализ», «Алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Уравнения в частных производных», «Аналитическая геометрия».

Изучение дисциплины «Теория бифуркаций динамических систем» содействует формированию глубокого понимания теории динамических систем и ее приложений.

## 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции

ПК-1: Способен демонстрировать фундаментальные знания математических и естественных наук

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
ПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий	<b>Знать:</b> - историческое значение исследуемой проблемы - современное состояние исследуемой проблемы - основные методы решения классических задач математики	Не знает совсем либо знает неудовлетворительно историческое значение исследуемой проблемы, современное состояние исследуемой проблемы, основные методы решения классических задач математики	Демонстрирует свободное и уверенное знание исторического значения исследуемой проблемы, современное состояние исследуемой проблемы, основные методы решения классических задач математики
ПК-1.2. Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в	<b>Уметь:</b> - видеть и понимать пути дальнейшего развития теории и методов ее решения - корректно ставить научные задачи	Отсутствие умений видеть и понимать пути дальнейшего развития теории и методов ее решения и корректно ставить научные задачи, применять классические методы при решении поставленных задач	Сформированное умение видеть и понимать пути дальнейшего развития теории и методов ее решения и корректно ставить научные задачи, применять классические методы при решении поставленных задач

собственной научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	- применять классические методы при решении поставленных задач		
ПК-1.3. Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	<b>Владеть:</b> - адекватным математическим аппаратом для ведения научно-исследовательской работы	Отсутствие владений адекватным математическим аппаратом для ведения научно-исследовательской работы	Успешные владения адекватным математическим аппаратом для ведения научно-исследовательской работы

ПК- 2 - Способен проводить научные исследования, на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
ПК-2.1. Владеет современными	<b>Знать:</b> - методологические приемы представления научных знаний	Не знает совсем либо знает неудовлетворительно методологические приемы	Полные и четкие знания исторического значения методологических приемов представления научных знаний, форм

<p>методами сбора и анализа исследуемого материала, способами его аргументации. Владеет навыками научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языках.</p>	<p>- формы представления новых научных результатов – презентации, статьи в периодической печати, монографии и т.д.</p>	<p>представления научных знаний, формы представления новых научных результатов – презентации, статьи в периодической печати, монографии и т.д.</p>	<p>представления новых научных результатов – презентации, статьи в периодической печати, монографии и т.д.</p>
<p>ПК-2.2. Умеет решать научные задачи в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой</p>	<p><b>Уметь:</b>  - обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных  - вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий  - представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, рефератов, статей, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями, с привлечением</p>	<p>Отсутствие умений обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных, вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий и представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, рефератов, статей, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями, с привлечением современных средств редактирования и печати</p>	<p>Сформированное умение обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных, вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий и представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, рефератов, статей, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями, с привлечением современных средств редактирования и печати</p>



	современных средств редактирования и печати		
ПК-2.3. Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации в профессиональной деятельности	<b>Владеть:</b> - приемами публично представить собственные новые научные результаты - методами построения математических моделей реальных объектов и выработать на их основе практические рекомендации	Отсутствие владений приемами публично представить собственные новые научные результаты и методами построения математических моделей реальных объектов и выработать на их основе практические рекомендации	Успешные владения приемами публично представить собственные новые научные результаты и методами построения математических моделей реальных объектов и выработать на их основе практические рекомендации

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются оценки (зачтено /не зачтено), которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения разделов дисциплины, а именно — оценивается выполнение контрольных работ, ответы на занятиях, выступление на семинарах.

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- историческое значение исследуемой проблемы</li> <li>- современное состояние исследуемой проблемы</li> <li>- основные методы решения классических задач математики</li> </ul>	Лабораторная работа, доклад на семинаре
ПК-1.2. Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно- исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	<b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- видеть и понимать пути дальнейшего развития теории и методов ее решения</li> <li>- корректно ставить научные задачи</li> <li>- применять классические методы при решении поставленных задач</li> </ul>	Лабораторная работа, доклад на семинаре
ПК-1.3. Имеет практический опыт научно исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	<b>Владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- адекватным математическим аппаратом для ведения научно-исследовательской работы</li> </ul>	Лабораторная работа, доклад на семинаре
ПК-2.1. Владеет современными методами сбора и анализа исследуемого материала, способами его аргументации. Владеет навыками научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языках.	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методологические приемы представления научных знаний</li> <li>- формы представления новых научных результатов – презентации, статьи в периодической печати, монографии и т.д.</li> </ul>	Лабораторная работа, доклад на семинаре
ПК-2.2. Умеет решать научные задачи в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой	<b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных</li> <li>- вести библиографическую работу с привлечением</li> </ul>	Лабораторная работа, доклад на семинаре

	<p>современных информационных технологий</p> <p>- представлять итоги проделанной работы в виде отчетов, рефератов, статей, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями, с привлечением современных средств редактирования и печати</p>	
<p>ПК-2.3. Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации в профессиональной деятельности</p>	<p><b>Владеть:</b></p> <p>- приемами публично представить собственные новые научные результаты</p> <p>- методами построения математических моделей реальных объектов и вырабатывать на их основе практические рекомендации</p>	<p>Лабораторная работа, доклад на семинаре</p>

### Вопросы для зачета :

1. Устойчивость неподвижных точек и циклов динамических систем. Признаки устойчивости.
2. Гиперболические и негиперболические точки равновесия и циклы.
3. Топологический тип точки равновесия и циклов.
4. Структурная устойчивость ДС. Понятие о бифуркациях динамических систем. Примеры.
5. Логистическое отображение и его точки бифуркации.
6. Основные сценарии локальных бифуркаций ДДС: бифуркации состояний равновесия, бифуркации удвоения периода, бифуркация q-циклов. Примеры.
7. Основные сценарии локальных бифуркаций НДС: бифуркации состояний равновесия, бифуркация Андронова-Хопфа. Примеры.
8. Нормальные формы для основных сценариев локальных бифуркаций.
9. Теорема о центральном многообразии. Приложения.
10. Понятие о динамическом хаосе. Сценарий Фейгенбаума.
11. Фракталы и хаос в динамических системах.

### Список тем на семинары

- Периодичность Шарковского.
2. Периодические неавтономные динамические системы.
  3. Отображение Пуанкаре.
  4. Топологическая классификация динамических систем.
  5. Структурная устойчивость динамических систем.
  6. Аттракторы динамических систем.
  7. Модель Лоренца.
  8. Консервативные и диссипативные системы.

**Критерии оценки (в баллах):** за доклад и ответы на семинарах студенту получает текущие оценки, которые потом преподаватель учитывает на зачете

- 5 баллов выставляется студенту за полный и развернутый доклад на семинаре на заданную тему и при верно данных ответах на дополнительные вопросы.
- 4 баллов выставляется студенту в случае, если студент сделал полный и развернутый доклад на семинаре на заданную тему и не ответил на 1-2 дополнительных вопроса, либо сделал неполный и/или нечеткий доклад, но при этом ответил на все дополнительные вопросы.
- 3 балла выставляется студенту в случае, если студент сделал неполный доклад на семинаре на заданную тему и не ответил ни на один дополнительный вопрос.
- 0 баллов (неудовлетворительно) выставляется студенту, если им не был сделан доклад на заданную тему.

### Задания для лабораторной работы

#### Описание лабораторной работы:

В семестре студенту представляется две лабораторные работы. Каждая лабораторная работа состоит из четырех объемных заданий. Задача считается правильно решенной, если студентом приведено подробное и полное ее решение. В случае, если студент не справляется с более 50% заданий по обоим лабораторным работам, он не допускается к сдаче зачета. У каждого студента есть возможность пересдать лабораторную работу.

#### Пример варианта лабораторной работы:

#### Лабораторная работа №1.

1. Определить топологический тип нулевой точки равновесия системы  $x'=f(x)$ . Найти ненулевую точку равновесия системы (если таких точек несколько, оставить одну из них) и определить ее топологический тип.

Варианты:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1' = 2x_1 - 4x_2 \\ x_2' = 4x_2^2 - x_1^2 \end{array} \right.$$

\$

2. Найти точки бифуркации и указать их сценарий для систем  $x'=A_1(\mu)x + \varphi_1(x, \mu)$  и  $x'=A_2(\mu)x + \varphi_2(x, \mu)$ , где нелинейности  $\varphi_1(x, \mu)$  и  $\varphi_2(x, \mu)$  содержит слагаемые второй и более высокой степеней по  $x$ , а  $A_1(\mu)$  и  $A_2(\mu)$  -- это матрицы:

Варианты:

$$A_1 = \begin{bmatrix} -4\mu & 3 \\ -2 & 1 \end{bmatrix}, \quad A_2 = \begin{bmatrix} 3 & 8-2\mu \\ -1 & -\mu \end{bmatrix}$$

3. Перейти от дифференциального уравнения второго порядка  $y''+f(y,y',\mu)+g(y)=0$  к автономной системе  $x'=F(x,\mu)$  ( $x \in \mathbb{R}^2$ ) на основе замены  $x_1=y$ ,  $x_2=y'$ . Определить (в зависимости от значений параметра  $\mu$ ) топологический тип нулевой точки равновесия полученной системы. Найти точки бифуркации и указать их сценарий.

Варианты:

$$y'' - \frac{(\mu - y^2)y'}{2} + y = 0,$$

4. Дана одномерная ДДС, описываемая зависящим от скалярного параметра  $\mu$  разностным уравнением

\$\$

$$x_{n+1} = f(x_n, \mu),$$

\$\$

Определить, при каких значениях параметра  $\mu$  неподвижная точка  $x=0$  этой системы является негиперболической. Найти для  $x=0$  точки бифуркации двукратного равновесия и точки бифуркации удвоения периода.

### Описание методики оценивания лабораторной работы № 1:

**Критерии оценки (в баллах):** за выполнение лабораторной работы студент получает текущую оценку, которую потом преподаватель учитывает на зачете

- 5 баллов выставляется студенту, если задачи решены без замечаний;
- 4 балла выставляется студенту, если имеются несущественные замечания;
- 3 баллов выставляется студенту, если в целом получены верные результаты, но имеются существенные замечания.
- 0 (неудовлетворительно) в остальных случаях.

### Лабораторная работа №2.

Рассматривается система с эффектом Олли \footnote{см.: А.С.Братусь, А.С.Новожилов, А.П.Платонов. Динамические системы и модели биологии. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 480 с.}, описываемая приводимой ниже системой дифференциальных уравнений, в которой  $\mu$  -- положительный параметр.

`\begin{enumerate}`

- `\item[1]`] Найти состояния равновесия системы с неотрицательными координатами.
- `\item[2]`] Определить топологические типы найденных состояний равновесия в зависимости от параметра  $\mu$ ;
- `\item[3]`] Для какого-нибудь (одного!) из состояний равновесия найти точку бифуркации  $\mu_0$  неподвижных точек (если таких  $\mu_0$  несколько, оставить одну из них).
- `\item[4]`] Для какой-нибудь (одного!) из состояний равновесия найти точку бифуркации  $\mu_0$  Андронова-Хопфа (если таких  $\mu_0$ , оставить одну из них).

`\end{enumerate}`

}

`\vspace{3mm}`

`\newpage`

{Варианты:}

```

\begin{enumerate}
\item $\displaystyle \left\{ \begin{array}{l} x'=x(x-\mu)(4-x)-2xy, \\ y'=-2y+xy \end{array} \right.$
\end{array} \right.
$

```

```

\item $\displaystyle \left\{ \begin{array}{l} x'=x(x-\mu)(5-x)-8xy, \\ y'=-3y+xy \end{array} \right.$
\end{array} \right.
$

```

```

\item $\displaystyle \left\{ \begin{array}{l} x'=x(x-\mu)(7-x)-6xy, \\ y'=-3y+2xy \end{array} \right.$
\end{array} \right.

```

### Описание методики оценивания лабораторной работы № 2:

**Критерии оценки (в баллах):** за выполнение лабораторной работы студент получает текущую оценку, которую потом преподаватель учитывает на зачете

- 5 баллов выставляется студенту, если задачи решены без замечаний;
- 4 балла выставляется студенту, если имеются несущественные замечания;
- 3 баллов выставляется студенту, если в целом получены верные результаты, но имеются существенные замечания.
- 0 (неудовлетворительно) в остальных случаях.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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

#### Основная литература:

1. Юмагулов, М.Г. Введение в теорию динамических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.Г. Юмагулов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/56177>. Доступ возможен и через Электронную библиотеку БашГУ .
2. Кроновер, Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории : Учеб.пособие для студ. по спец. 01.02 "Прикладная математика" / Пер. с англ. Т.Э.Кренкеля, А.Л.Соловейчика под ред. Т.Э.Кренкеля. — М. : Постмаркет, 2000. — 350 с.

#### Дополнительная литература:

3. Братусь А.С. Динамические системы и модели биологии / А. С. Братусь, А. С. Новожилов, А. П. Платонов. — М. : Физматлит, 2010. — 400 с.
4. Кузнецов С.П. Динамический хаос : Курс лекций / С. П. Кузнецов ; Федеральная целевая программа "Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки". — М. : Физматлит, 2001. — 296 с.

5. Ахромеева, Т.С. Структуры и хаос в нелинейных средах [Электронный ресурс] / Ахромеева Т. С. — М. : Физматлит, 2007 .— 483 с. — Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему «Университетская библиотека online» .— ISBN 978-5-9221-0887-4 .— <URL:<http://www.biblioclub.ru/book/67298/>>
6. Киселев О. М., Введение в теорию нелинейных колебаний. Баш. гос. ун-т, Уфа, 2006, 140 с.

## 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013г. Лицензии бессрочные.

2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.

1	Электронно-библиотечная система «ЭБ БашГУ»	Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	<a href="https://elib.bashedu.ru/">https://elib.bashedu.ru/</a>
2	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»	Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	<a href="http://www.biblioclub.ru/">http://www.biblioclub.ru/</a>
3	Электронно-библиотечная система издательства «Лань»	Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий	Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет	<a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>

## 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1. учебная аудитория для проведения занятий	Аудитория №517	1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8

<p><b>лекционного типа:</b>  аудитория № 517 (физмат корпус - учебное), аудитория № 523 (физмат корпус - учебное), аудитория № 531 (физмат корпус - учебное)  <b>2. учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b>  аудитория № 517 (физмат корпус - учебное), аудитория № 526 (физмат корпус - учебное), аудитория № 528 (физмат корпус - учебное)  <b>3. учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> аудитория № 517 (физмат корпус - учебное), аудитория № 523 (физмат корпус - учебное), аудитория № 526 (физмат корпус - учебное), аудитория № 528 (физмат корпус - учебное)  <b>4. учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> аудитория № 517 (физмат корпус - учебное), аудитория № 523 (физмат корпус - учебное), аудитория № 526 (физмат корпус - учебное), аудитория № 528 (физмат корпус - учебное)  <b>5. помещения для самостоятельной работы:</b>  читальный зал №2 (физмат корпус - учебное)</p>	<p>Учебная мебель, доска настенная меловая, мультимедиа-проектор Sony VPL-EX120, XGA, 2600 ANSI, 3,2 кг, экран настенный ProjectaSlimScreen 200*200 cm MatteWhite, потолочное крепление для проектора, доска аудитор. ДА32.  <b>Аудитория №523</b>  Учебная мебель, доска настенная меловая  <b>Аудитория №526</b>  Учебная мебель, доска настенная меловая  <b>Аудитория №528</b>  Учебная мебель, доска настенная меловая  <b>Читальный зал №2</b>  Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, стенд по пожарной безопасности, моноблоки стационарные – 8 шт, принтер – 1 шт., сканер – 1 шт.</p>	<p>Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.  2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины *Теория бифуркаций динамических систем* на 4 семестр  
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	12
практических/ семинарских	
лабораторных	24
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	35,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	

**Формы контроля:**

зачет 4 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	<b>Введению в нелинейную динамику.</b> Динамические системы и их классификация.	2		4	7	[1]- [4]	[1]-[2]	Лабораторная работа, доклад на семинаре
2.	<b>Точки равновесия и циклы динамических систем.</b> Основные виды траекторий. Неподвижные точки и циклы. Фазовые портреты линейных систем, паутиная диаграмма. Устойчивость неподвижных точек и циклов.	2		4	7	[1]-[4]	[1]-[2]	Лабораторная работа, доклад на семинаре
3.	<b>Непрерывные динамические системы.</b> Основные виды траекторий. Неподвижные точки и циклы. Фазовые портреты линейных систем. Устойчивость неподвижных точек и циклов.	2		4	7	[1] -[4]	[1]-[2]	Лабораторная работа, доклад на семинаре
4.	<b>Качественное исследование нелинейных динамических систем.</b>	3		6	7,8	[1]-[4]	[1]-[2]	Лабораторная работа, доклад на семинаре

	Топологические типы точек равновесия и циклов ДС. Гиперболические точки равновесия и циклы. Построение точек равновесия и циклов. Фазовые портреты.							
5.	<b>Бифуркации и хаос в динамических системах.</b> Структурная устойчивость динамических систем. Динамические системы, зависящие от параметров. Основные сценарии локальных бифуркаций ДС. Сценарии перехода к хаосу. Исследование бифуркаций в базовых моделях ДС.	3		6	7	[1]-[4]	[1]-[2]	Лабораторная работа, доклад на семинаре
	<b>Всего часов:</b>	12		24	35,8			

