

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

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол № 9 от «28» февраля 2022 г.

Зав. кафедрой  / Юмагулов М.Г.

Согласовано:

Председатель УМК  
факультета математики и  
информационных технологий



/ А.М. Ефимов

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина Теория динамического хаоса

Обязательная часть

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (Специальность)

**01.03.01 Математика**

*(шифр, название направления)*

Направленность (профиль) подготовки

**Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление**

Квалификация

бакалавр

Разработчик (составитель)  
зав. кафедрой, д.ф.-м.н., профессор



/ Юмагулов М.Г.

Для приема: 2022

Уфа 2022

Рабочая программа дисциплины актуализирована на заседании кафедры дифференциальных уравнений протокол от «28» февраля 2022 г. № 9

Дополнения и изменения, внесённые в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры дифференциальных уравнений: обновлён фонд оценочных средств. протокол от «28» февраля 2022 г. № 9

Зав. кафедрой  / Юмагулов М.Г.

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
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 с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 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
  - 4.3. Рейтинг-план дисциплины
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
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:

Категория (группа) компетенций (при наличии ОПК)	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	<p>ПК-1: Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий</p> <p>ПК-2: Способен преподавать математику и информатику в средней школе, специальных учебных заведениях на основе полученного фундаментального образования и научного мировоззрения</p>	<p>ПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий</p> <p>ПК-2.1. Знает требования к организационно-методическому и педагогическому обеспечению программ профессионального обучения, среднего профессионального образования и дополнительных профессиональных программ; знает методические основы преподавания профессиональных дисциплин</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-содержание материала по предмету;</li> <li>-основные методы решения задач;</li> <li>-основные теоремы преподаваемой дисциплины.</li> </ul>
		<p>ПК-1.2. Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской</p>	<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-решать задачи по преподаваемой дисциплине;</li> <li>-определять корректность</li> </ul>

		<p>деятельности в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий.</p> <p>ПК-2.2. Умеет планировать лекционные и семинарские занятия по программам профессионального обучения математике и информатике, с учетом уровня подготовки и психологию аудитории</p>	<p>поставленной задачи; -применять на практике знания по предмету.</p>
		<p>ПК-1.3. Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий.</p> <p>ПК-2.3. Имеет практический опыт проведения индивидуальных занятий</p>	<p><b>Владеть:</b> - навыками корректной постановки задач; -классическими и современными методами дисциплины; -понятийным аппаратом предмета</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория динамического хаоса» относится к части *Дисциплины по выбору*.  
Дисциплина изучается на 4 курсе в 8 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 динамического хаоса» 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 и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.

Код и формулировка компетенций:

ПК-1: Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий

ПК-2: Способен преподавать математику и информатику в средней школе, специальных учебных заведениях на основе полученного фундаментального образования и научного мировоззрения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий  ПК-2.1.	<b>Знать:</b> -содержание материала по предмету; -основные методы решения задач; - основные теоремы преподаваемой дисциплины.	Отсутствие знаний фундаментальных понятий и теорем алгебры	Частичные знания фундаментальных понятий и теорем алгебры	Полные и четкие, но содержащие отдельные пробелы знания фундаментальных понятий и теорем алгебры	Полные и четкие знания фундаментальных понятий и теорем алгебры

<p>Знает требования к организационно-методическому и педагогическому обеспечению программ профессионального обучения, среднего профессионального образования и дополнительных профессиональных программ; знает методические основы преподавания профессиональных дисциплин</p>					
<p>ПК-1.2. Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области математических и (или) естественных наук, программирования и</p>	<p><b>Уметь:</b> -решать задачи по преподаваемой дисциплине; -определять корректность поставленной задачи;  - применять на практике</p>	<p>Отсутствие умений применять математические знания для решения задач вычислительного и теоретического характера в области алгебры</p>	<p>Фрагментарные умения применять математические знания для решения задач вычислительного и теоретического характера в области алгебры</p>	<p>В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения применять математические знания для решения задач вычислительного и теоретического характера в</p>	<p>Сформированное умение применять математические знания для решения задач вычислительного и теоретического характера в области алгебры</p>



<p>информационных технологий.</p> <p>ПК-2.2. Умеет планировать лекционные и семинарские занятия по программам профессионального обучения математике и информатике, с учетом уровня подготовки и психологию аудитории</p>	<p>знания по предмету.</p>			<p>области алгебры</p>	
<p>ПК-1.3. Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий.</p>	<p><b>Владеть:</b> - навыками корректной постановки задач; -классическими и современными методами дисциплины; - понятийным аппаратом</p>	<p>Отсутствие готовности использовать фундаментальные знания в области алгебры в будущей профессиональной деятельности</p>	<p>В целом успешная, но не систематическая готовность использовать фундаментальные знания в области алгебры в будущей профессиональной деятельности</p>	<p>В целом успешная, но содержащая отдельные пробелы готовность использовать фундаментальные знания в области алгебры в будущей профессионально</p>	<p>Успешная готовность использовать фундаментальные знания в области алгебры в будущей профессиональной деятельности</p>

ПК-2.3. Имеет практический опыт проведения индивидуальных занятий	предмета			й деятельности	
--	----------	--	--	----------------	--

**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.**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
<p>ПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий</p> <p>ПК-2.1. Знает требования к организационно-методическому и педагогическому обеспечению программ профессионального обучения, среднего профессионального образования и дополнительных профессиональных программ; знает методические основы преподавания</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-содержание материала по предмету;</li> <li>-основные методы решения задач;</li> <li>-основные теоремы преподаваемой дисциплины.</li> </ul>	Контрольная работа

профессиональных дисциплин		
<p>ПК-1.2. Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий.</p> <p>ПК-2.2. Умеет планировать лекционные и семинарские занятия по программам профессионального обучения математике и информатике, с учетом уровня подготовки и психологию аудитории</p>	<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-решать задачи по преподаваемой дисциплине;</li> <li>-определять корректность поставленной задачи;</li> <li style="padding-left: 40px;">-применять на практике знания по предмету.</li> </ul>	<p>Контрольная работа</p>
<p>ПК-1.3. Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий.</p> <p>ПК-2.3. Имеет практический опыт проведения индивидуальных занятий</p>	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками корректной постановки задач;</li> <li>-классическими и современными методами дисциплины;</li> <li style="padding-left: 40px;">-понятийным аппаратом предмета</li> </ul>	<p>Контрольная работа</p>

Критериями оценивания при *модульно-рейтинговой системе* являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; для зачета: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

*для зачета:*

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),

не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов)

**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**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	<b>Знать:</b> -содержание материала по предмету; -основные методы решения задач; -основные теоремы преподаваемой дисциплины.	ПК-1.1. Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий  ПК-2.1. Знает требования к организационно-методическому и педагогическому обеспечению программ профессионального обучения, среднего профессионального образования и дополнительных профессиональных программ; знает методические основы преподавания профессиональных дисциплин	Контрольная работа, доклад на семинаре
2-й этап Умения	<b>Уметь:</b> -решать задачи по преподаваемой дисциплине; -определять корректность поставленной задачи; -применять на практике знания по предмету.	ПК-1.2. Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в	Контрольная работа, доклад на семинаре

		<p>области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий.</p> <p>ПК-2.2. Умеет планировать лекционные и семинарские занятия по программам профессионального обучения математике и информатике, с учетом уровня подготовки и психологию аудитории</p>	
<p>3-й этап</p> <p>Владеть навыками</p>	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками корректной постановки задач;</li> <li>-классическими и современными методами дисциплины;</li> <li>-понятийным аппаратом предмета</li> </ul>	<p>ПК-1.3. Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий.</p> <p>ПК-2.3. Имеет практический опыт проведения индивидуальных занятий</p>	<p>Контрольная работа, доклад на семинаре</p>

### Экзаменационные билеты

Структура экзаменационного билета: 2 теоретических вопроса.

Вопросы для экзамена:

1. Динамические системы. Классификация ДС. Непрерывные и дискретные ДС. Диссипативные и консервативные ДС.

2. Точки равновесия и циклы ДС. Устойчивость. Гиперболические и негиперболические точки равновесия и циклы.
3. Предельные циклы. Отображение Пуанкаре. Инвариантные торы. Непериодические решения. Показатели Ляпунова.
4. Аттракторы диссипативных ДС. Регулярные и сингулярные аттракторы.
5. Структурная устойчивость ДС.
6. Основные сценарии локальных бифуркаций ДС.
7. Нелокальные бифуркации. Бифуркации сепаратрисных контуров..
8. Понятие о динамическом хаосе. Каскады бифуркаций. Сценарии перехода к хаосу.
9. Хаотическая динамика одномерных отображений. Логистическое отображение.
10. Динамический хаос в двумерных неавтономных диссипативных системах. Хаос в уравнении Ван-дер-Поля.
11. Динамический хаос в трехмерных автономных диссипативных системах. Уравнение Лоренца.
12. Динамический хаос в гамильтоновых и консервативных ДС. Обобщенные уравнения Матье и Дуффинга.
13. Комплексные динамические системы. Множества Жюлиа. Множество Мандельброта.
14. Фракталы и хаос в динамических системах.

**Образец экзаменационного билета:**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ**

**Экзаменационный билет №1  
по курсу «Теория динамического хаоса »**

1. Точки равновесия и циклы ДС. Устойчивость. Гиперболические и негиперболические точки равновесия и циклы.
2. Хаотическая динамика одномерных отображений. Логистическое отображение.

Преподаватель Юмагулов М. Г. ./ \_\_\_\_\_ /

Зав. кафедрой Юмагулов М. Г. / \_\_\_\_\_ /

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;

- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

### **Критерии и методика оценивания ответа на экзамене (в баллах):**

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены незначительные ошибки;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

### **Список тем на семинары**

1. Инвариантные многообразия динамических систем. Устойчивые и неустойчивые многообразия.
2. Сепаратрисы особых точек. Гомоклинические и гетероклинические траектории. Сепаратрисные контуры.
3. Структурная устойчивость и бифуркации.
4. Бифуркации точек равновесия.
5. Бифуркации предельных циклов.
6. Бифуркации двумерных торов.
7. Хаотическая динамика в модели Лоренца.
8. Примеры трехмерных моделей с хаотическим поведением.

### **Критерии оценки (в баллах):**

- 10 баллов выставляется студенту за полный и развернутый доклад на семинаре на заданную тему и при верно данных ответах на дополнительные вопросы.

- 5-9 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.

- 1-4 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 выставляется студенту, если им не был сделан доклад на заданную тему.

## Задания для контрольной работы

### Описание контрольной работы:

В семестре студенту представляется две контрольные работы. Каждая контрольная работа состоит из четырех объемных заданий. Задача считается правильно решенной, если студентом приведено подробное и полное ее решение. Каждое задание оценивается в 3 балла. В случае, если студент не справляется с более 50% заданий по обоим контрольным, он не допускается к сдаче экзамена. У каждого студента есть возможность пересдать контрольную работу.

### Пример варианта контрольной работы:

#### Контрольная 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:

$$\begin{array}{l} x_1' = 2x_1x_2 - 4x_2 \\ x_2' = 4x_2^2 - x_1^2 \end{array}$$

\$

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:

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

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:

Критерии оценки (в баллах)

12 баллов выставляется студенту, если все задачи решены верно;

9 баллов выставляется студенту, если 3 задачи решены верно;

6 баллов выставляется студенту, если 2 задачи решены верно;

3 балла выставляется студенту, если 1 задача решена верно.

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

$x' = x(x - \mu)(4 - x) - 2xy, \quad \parallel$

$y' = -2y + xy, \quad \parallel$

\end{array}\right.

\$

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

$x' = x(x - \mu)(5 - x) - 8xy, \quad \parallel$

$y' = -3y + xy, \quad \parallel$

\end{array}\right.

\$

\item  $\left\{ \begin{array}{l} \end{array} \right.$

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

### Описание методики оценивания:

Критерии оценки (в баллах)

12 баллов выставляется студенту, если все задачи решены верно;

9 баллов выставляется студенту, если 3 задачи решены верно;

6 баллов выставляется студенту, если 2 задачи решены верно;

3 балла выставляется студенту, если 1 задача решена верно.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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

#### Основная литература:

1. 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/>>
2. 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.
3. Магницкий Н.А. Теория динамического хаоса. – М.: ЛЕНАНД, 2011. – 320 с.

#### Дополнительная литература:

4. 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.
5. 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 .

### 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
<p><b>1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> аудитория № 501 (физмат корпус - учебное), аудитория № 503 (физмат корпус - учебное), аудитория № 517 (физмат корпус - учебное), аудитория № 531 (физмат корпус - учебное)</p> <p><b>2. учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b> аудитория № 501 (физмат</p>	<p><b>Аудитория № 501</b> Учебная мебель, доска настенная меловая, персональный комп. и системный блок /Corei5-4460(3.2)/CIGABAУTEGV-N710D3-1GL/4Gb, Презентер Logitech Wireless PresenterR400 (210134000003592), проектор SonyVPL-DX270, экран ручной ViewScreenLotus 244x183 WLO-4304</p> <p><b>Аудитория № 503</b></p>	<p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p>

<p>корпус - учебное), аудитория № 503 (физмат корпус - учебное), аудитория № 517 (физмат корпус - учебное), аудитория № 531 (физмат корпус - учебное)</p> <p><b>3. учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> аудитория № 501 (физмат корпус - учебное), аудитория № 503 (физмат корпус - учебное), аудитория № 517 (физмат корпус - учебное), аудитория № 531 (физмат корпус - учебное)</p> <p><b>4. учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> аудитория № 501 (физмат корпус - учебное), аудитория № 503 (физмат корпус - учебное), аудитория № 517 (физмат корпус - учебное), аудитория № 531 (физмат корпус - учебное)</p> <p><b>5.помещения для самостоятельной работы:</b> читальный зал №2(физмат корпус - учебное)</p>	<p>Учебная мебель, доска</p> <p><b>Аудитория №517</b></p> <p>Учебная мебель, доска настенная меловая, мультимедиа-проектор Sony VPL-EX120, XGA, 2600 ANSI, 3,2 кг, экран настенный ProjectaSlimScreen 200*200 cmMatteWhite, потолочное крепление для проектора, доска аудитор. ДА32.</p> <p><b>Аудитория №531</b></p> <p>Учебная мебель, доска настенная меловая, мультимедиа-проектор Sony VPL-EX120, XGA, 2600 ANSI, 3,2 кг, потолочное крепление для проектора ,доска аудитор. ДА32.</p> <p><b>Читальный зал №2</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, стенд по пожарной безопасности, моноблоки стационарные – 5 шт, принтер – 1 шт., сканер – 1 шт.</p>	
---	--	--

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

дисциплины *Теория динамического хаоса*

очная

форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	10
практических/ семинарских	22
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	76
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	34,8

**Формы контроля:**

экзамен 8 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
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Динамические системы. Классификация ДС. Непрерывные и дискретные ДС. Диссипативные и консервативные ДС. Точки равновесия и циклы ДС. Устойчивость. Гиперболические и негиперболические точки равновесия и циклы. Предельные циклы. Отображение Пуанкаре. Инвариантные торы. Непериодические решения. Показатели Ляпунова.	2	4		15,2	[1]- [4]	[1]-[2]	Контрольная работа, доклад на семинаре
2.	Аттракторы диссипативных ДС. Регулярные и сингулярные аттракторы. Структурная устойчивость ДС. Основные сценарии локальных бифуркаций ДС. Нелокальные бифуркации. Бифуркации сепаратрисных контуров.	2	4		15,2	[1]-[4]	[1]-[2]	Контрольная работа, доклад на семинаре

3.	<p>Понятие о динамическом хаосе. Каскады бифуркаций. Сценарии перехода к хаосу. Хаотическая динамика одномерных отображений. Логистическое отображение.</p> <p>Динамический хаос в двумерных неавтономных диссипативных системах. Хаос в уравнении Ван-дер-Поля.</p>	2	4		15,2	[1] -[4]	[1]-[2]	Доклад на семинаре
4.	<p>Динамический хаос в трехмерных автономных диссипативных системах. Уравнение Лоренца.</p> <p>Динамический хаос в гамильтоновых и консервативных ДС. Обобщенные уравнения Матье и Дуффинга.</p>	2	4		15,2	[1]-[4]	[1]-[2]	Контрольная работа, доклад на семинаре
5.	<p>Комплексные динамические системы. Множества Жюлиа. Множество Мандельброта.</p> <p>Фракталы и хаос в динамических системах.</p>	2	6		15,2	[1]-[4]	[1]-[2]	Контрольная работа, доклад на семинаре
	<b>Всего часов:</b>	10	22		76			



## Рейтинг – план дисциплины

*Теория динамического хаоса*

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

Направление подготовки 01.03.01 Математика

курс 4, семестр 8

## Рейтинг-план (экзамен)

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1.</b>				
<b>Текущий контроль</b>				<b>25</b>
1. Работа на семинаре			<b>0</b>	<b>13</b>
<b>Рубежный контроль</b>				
Отчёт по домашней контрольной работе № 1	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>12</b>
<b>Модуль 2.</b>				
<b>Текущий контроль</b>				<b>20</b>
1. Работа на семинаре			<b>0</b>	<b>10</b>
<b>Рубежный контроль</b>				
Выступление на семинаре			<b>0</b>	<b>10</b>
<b>Модуль 3.</b>				
<b>Текущий контроль</b>				<b>25</b>
1. Работа на семинаре			<b>0</b>	<b>13</b>
<b>Рубежный контроль</b>				
Отчёт по домашней контрольной работе № 2	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>12</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Студенческая олимпиада или конкурс рефератов			<b>0</b>	<b>5</b>
2. Волонтерская работа при проведении олимпиад и конференций			<b>0</b>	<b>5</b>
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение лекционных занятий			<b>0</b>	<b>-6</b>
2. Посещение практических (семинарских, лабораторных занятий)			<b>0</b>	<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
Экзамен			<b>0</b>	<b>30</b>
<b>Итого</b>			<b>0</b>	<b>100</b>