

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
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
 / Ефимов А.М.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

дисциплина Методы качественной теории в нелинейной динамике

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 присма: 2022 г.

Уфа 2022 г.

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

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

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

Зав. кафедрой  / Юмагулов М.Г.

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 4
 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) 5
 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 5
 - 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 7
 - 4.3. Рейтинг-план дисциплины 7
 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
 - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины 11
 - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины 11
 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине 12
- 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (с ориентацией на карты компетенций)**

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	Знать фундаментальные основы, полученные в области математических и (или) естественных наук, программирования и

		информационных технологий
	ПК-1.2. Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	Уметь: находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий
	ПК-1.3. Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	Владеть: практическим опытом в научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий
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.	Владеть: современными методами сбора и анализа исследуемого материала, способами его аргументации, навыками научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языках.
	ПК-2.2. Умеет решать научные задачи в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой	Уметь: решать научные задачи в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-2.3. Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации в профессиональной деятельности	Владеть: навыками выступлений и научной аргументации в профессиональной деятельности

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Динамические системы с дискретным временем» относится к части Дисциплины по выбору.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Математический анализ», «Алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Уравнения в частных производных», «Динамические системы». Изучение дисциплины «Динамические системы с дискретным временем» 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	Знать фундаментальные основы, полученные в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий	Не знает совсем либо знает неудовлетворительно фундаментальные основы, полученные в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий	Демонстрирует свободное и уверенное знание фундаментальные основы, полученные в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий
ПК-1.2. Умеет находить, формулировать и решать стандартные	Уметь: находить, формулировать и решать стандартные	Отсутствие умений находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской	Сформированное умение находить, формулировать и решать

задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	деятельности в области программирования и информационных технологий	стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий
ПК-1.3. Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	Владеть: практическим опытом в научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	Отсутствие владений практическим опытом в научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	Успешные владения практическим опытом в научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий

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 методами сбора и анализа исследуемого материала, способами его аргументации. Владеет навыками научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике	Владеть: современными методами сбора и анализа исследуемого материала, способами его аргументации, навыками научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых	Не владеет совсем современными методами сбора и анализа исследуемого материала, способами его аргументации, навыками научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на	Успешные владения современным и методами сбора и анализа исследуемого материала, способами его аргументации, навыками научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языках.

проводимых исследований на русском и английском языках.	исследований на русском и английском языках.	русском и английском языках.	
ПК-2.2. Умеет решать научные задачи в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой	Уметь: решать научные задачи в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой	Отсутствие умений решать научные задачи в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой	Сформированное умение решать научные задачи в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
ПК-2.3. Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации в профессиональной деятельности	Владеть: навыками выступлений и научной аргументации в профессиональной деятельности	Отсутствие владений навыками выступлений и научной аргументации в профессиональной деятельности	Успешные владения навыками выступлений и научной аргументации в профессиональной деятельности

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.

Критериями оценивания 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

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	Знать фундаментальные основы, полученные в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий	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	Уметь: находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно- исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	Лабораторная работа, доклад на семинаре
ПК-1.3. Имеет практический опыт научно исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	Владеть: практическим опытом в научно исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	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.	Владеть: современными методами сбора и анализа исследуемого материала, способами его аргументации, навыками научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языках.	Лабораторная работа, доклад на семинаре
ПК-2.2. Умеет решать научные задачи в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой	Уметь: решать научные задачи в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой	Лабораторная работа, доклад на семинаре
ПК-2.3. Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации в профессиональной деятельности	Владеть: навыками выступлений и научной аргументации в профессиональной деятельности	Лабораторная работа, доклад на семинаре

Примерные вопросы для зачета:

1. Устойчивость неподвижных точек и циклов динамических систем. При-

знаки 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.

Примерный список тем на семинары

1. 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):

- 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:

```
$ \left\{
  \begin{array} {l}
x_{1}' = 2x_1x_2 - 4x_2^2, \\
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 линейности $\varphi_1(x, \mu)$ и $\varphi_2(x, \mu)$ содержит слагаемые второй и более высокой степени по x , а $A_1(\mu)$ и $A_2(\mu)$ -- это матрицы:

Варианты:

```
$ A_1 = \left[ \begin{array} {cc}
-4\mu & 3 \\
-2 & 1
\end{array} \right], \quad
```

```
A_2 = \left[ \begin{array} {cc}
3 & 8 - 2\mu \\
-1 & -\mu
\end{array} \right], .
```

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 μ) топологический тип нулевой точки равновесия полученной системы. Найти точки бифуркации и указать их сценарий.

Варианты:

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

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. Шильников Л.П., Шильников А.Л., Тураев Д.В., Чуа Л. Методы качественной теории в нелинейной динамике. Часть 1. - М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. 416 с. &Часть 2. - М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований. 2009. 548 с.
2. 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 .

Дополнительная литература:

3. Анищенко В.С., Вадивасова Т.Е. Лекции по нелинейной динамике: уч. пособие для вузов. – М.- Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2011. – 516 с.
4. 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/>>
5. 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. «Электронная библиотека БашГУ» <http://www.bashlib.ru/echitzal/>
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.bashlib.ru/echitzal/>
3. ЭБС «ЛАНЬ» <http://www.bashlib.ru/echitzal/>

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

Наименование специализированных аудиторий, кабине-	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения

тов, лабораторий		
1	2	3
Аудитория 523	Лекции, практические занятия	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины Методы качественной теории в нелинейной динамике
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Рабочую программу осуществляют:

Лекции: д.ф.-м.н., профессор Юмагулов М.Г.
(должность, уч. степень, ф.и.о.)

Практические занятия: д.ф.-м.н., профессор Юмагулов М.Г.
(должность, уч. степень, ф.и.о.)

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
Лекций	16
практических/ семинарских	
лабораторных	16
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем)	0,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС) включая подготовку к экзамену/зачету	39,8

Формы контроля:

зачет 2 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,
----------	-------------------	---	---	---	---

		Всего	ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СРС			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Введению в нелинейную динамику. Динамические системы и их классификация.	32	6		6	20	[1]- [5]	[1]-[3]	Контрольная работа, доклад на семинаре
2.	Точки равновесия и циклы динамических систем. Основные виды траекторий. Неподвижные точки и циклы. Фазовые портреты линейных систем, паутиная диаграмма. Устойчивость неподвижных точек и циклов.	32	6		6	20	[1]-[5]	[1]-[3]	Контрольная работа, доклад на семинаре
3.	Непрерывные динамические системы. Основные виды траекторий. Неподвижные точки и циклы. Фазовые портреты линейных	38	8		8	22	[1] -[5]	[1]-[3]	Доклад на семинаре

	систем. Устойчивость неподвижных точек и циклов.								
4.	<p>Качественное исследование нелинейных динамических систем.</p> <p>Топологические типы точек равновесия и циклов ДС. Гиперболические точки равновесия и циклы. Построение точек равновесия и циклов. Фазовые портреты.</p>	38,8	8		8	22,8	[1]-[5]	[1]-[3]	Контрольная работа, доклад на семинаре
5.	<p>Бифуркации и хаос в динамических системах.</p> <p>Структурная устойчивость динамических систем. Динамические системы, зависящие от параметров. Основные сценарии локальных бифуркаций ДС. Сценарии перехода к хаосу. Исследование основных моделей ДС.</p>	38	8		8	22	[1]-[5]	[1]-[3]	Контрольная работа, доклад на семинаре

	Всего часов:	71,8	16	16		39,8			

