

Минобрнауки России  
Федеральное государственное  
бюджетное учреждение науки  
**Федеральный исследовательский центр**  
**«Карельский научный центр**  
**Российской академии наук»**  
(КарНЦ РАН)

**УТВЕРЖДАЮ**  
Врио председателя КарНЦ РАН  
член-корр. РАН  
\_\_\_\_\_ О.Н. Бахмет  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Дискретные динамические системы»**

Основной образовательной программы высшего образования –  
программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по направлению подготовки  
**01.06.01 «Математика и механика»,**  
**профиль: Дискретная математика и математическая кибернетика**

Петрозаводск  
2018

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.07.2014 г. № 866 и учебным планом по направлению подготовки аспирантуры 01.06.01 Математика и механика, профиль «Дискретная математика и математическая кибернетика».

Составитель рабочей программы:

Вед. научн. сотр., доцент, д.ф.-м.н.  
(должность, ученое звание, ученая степень)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

А.Н. Кириллов  
(Ф.И.О.)

Эксперт:

Реттиева Анна Николаевна, ведущий научный сотрудник ИПМИ КарНЦ РАН, доктор физико-математических наук, доцент

---

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета ИПМИ КарНЦ РАН (протокол № 5 от «24» мая 2018 г.) и рекомендована к утверждению на заседании Ученого совета КарНЦ РАН (протокол № 7 от «25» мая 2018 г.)

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной образовательной программы (ООП) аспирантуры**

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Код компетенции. Этап формирования компетенции	Формулировка компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы достижения компетенции)
УК1	Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	<p><b>Знать:</b> основные понятия, модели, алгоритмы и теоретические положения курса «Динамические системы»</p> <p><b>Уметь:</b> генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач</p> <p><b>Владеть:</b> основными методами научных исследований</p>
УК3	Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач	<p><b>Знать:</b> общее состояние современных научных достижений в области теории динамических систем</p> <p><b>Уметь:</b> вести научно-исследовательскую деятельность.</p> <p><b>Владеть:</b> организационными, коммуникативными навыками, позволяющими осуществлять работу в исследовательских коллективах.</p>
УК4	Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках	<p><b>Знать:</b> основные задачи теории динамических систем и методы их решения</p> <p><b>Уметь:</b> применять полученную теоретическую подготовку для постановки и решения практических задач</p> <p><b>Владеть:</b> основными методами научных исследований</p>
УК5	Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	<p><b>Знать:</b> основные понятия, модели, алгоритмы и теоретические положения курса «Динамические системы»</p> <p><b>Уметь:</b> генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач</p> <p><b>Владеть:</b> основными методами научных исследований</p>

ОПК1	Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<b>Знать:</b> основные теоретические положения курса «Дискретные динамические системы» <b>Уметь:</b> применять полученные теоретические знания для решения новых практических задач <b>Владеть:</b> основными методами научных исследований и информационно-коммуникационными технологиями
ПК1	Понимание роли и места дискретной математики и математической кибернетики в математике в целом, их связи с другими разделами математики и другими областями науки	<b>Знать:</b> основные теоретические положения курса «Дискретные динамические системы» <b>Уметь:</b> применять полученные теоретические знания для решения новых практических задач <b>Владеть:</b> основными методами научных исследований
ПК2	Способность применять и строить самостоятельно эффективные алгоритмы для решения дискретных задач	<b>Знать:</b> основные задачи теории динамических систем и методы их решения <b>Уметь:</b> применять полученную теоретическую подготовку для постановки и решения практических задач <b>Владеть:</b> основными методами научных исследований
ПК3	Способность строить математические модели дискретных процессов при помощи графов, автоматов, логических формул	<b>Знать:</b> основные понятия, модели, алгоритмы и теоретические положения курса «Динамические системы» <b>Уметь:</b> применять полученную теоретическую подготовку для решения новых практических задач <b>Владеть:</b> навыками аналитического и численного анализа данных при математическом моделировании динамических систем
ПК4	Способность применять алгебраические, логические, комбинаторные, вероятностные и	<b>Знать:</b> общее состояние современных научных достижений в области теории динамических систем <b>Уметь:</b> вести научно-исследовательскую деятельность.

	алгоритмические методы анализа графов, автоматов, формальных языков, символьных последовательностей	<b>Владеть:</b> основными методами научных исследований
--	---	--

## 2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры и язык преподавания

Дисциплина «Дискретные динамические системы» входит в вариативную часть учебного плана ООП аспирантуры по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика», профиль – Дискретная математика и математическая кибернетика и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина изучается в 3-м и 4-м семестрах, направлена на формирование компетенций УК1, УК3, УК4, УК5, ОПК1, ПК1, ПК2, ПК3, ПК4.

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные при освоении образовательной программы предыдущего уровня.

Язык преподавания – русский.

## 3. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц или 72 академических часа.

### 3.1. Виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

Вид учебной работы	Объем часов / зачетных единиц
<b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b>	32
в том числе:	
лекции	14
семинары	-
практические занятия	18
<b>Самостоятельная работа аспиранта (всего)</b>	40
<b>Вид контроля по дисциплине</b>	зачет

### 3.2. Краткое содержание дисциплины по разделам и видам учебной работы

№ п/п	Раздел дисциплины (тематический модуль)	Трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)					Оценочное средство
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа обучающихся	
Семестры № 3, 4							
1	Основные задачи динамики.	17	3	4	0	10	коллоквиум
2	Гомеоморфизмы окружности, теорема Пуанкаре, теорема Данжуа	17	3	4	0	10	коллоквиум
3	Отображения отрезка. Теорема Ли-Йорке. Теорема Шарковского.	16	2	4	0	10	коллоквиум
4	Квадратичные отображения. Универсальность Фейгенбаума. Динамический хаос	13	4	4	0	5	Собеседование, зачет
5	Элементы комплексной динамики. Ренормализация	9	2	2	0	5	Собеседование, зачет
Вид промежуточной аттестации в семестре: зачет							
<b>Итого:</b>		72	14	18	0	40	

### 3.3. Содержание аудиторных занятий

#### Содержание лекционных занятий

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Количество часов	В т.ч. с использованием ДОТ (*)
Семестры № 3,4				
1	1,2	Основные задачи динамики.	3	0
2	2,3	Гомеоморфизмы окружности, теорема Пуанкаре, теорема Данжуа	3	0
3	4	Отображения отрезка. Теорема Ли-Йорке. Теорема Шарковского.	2	0
4	5	Квадратичные отображения.	2	0
4	6	Универсальность Фейгенбаума. Динамический хаос	2	0
5	7	Элементы комплексной динамики. Ренормализация	2	0
<b>Итого:</b>			14	0

### Содержание практических (или семинарских) занятий

№ раздела	№ занятия	Основное содержание	Количество часов	В т.ч. с использованием ДОТ (*)
<b>Семестры № 3,4</b>				
1	1	Основные задачи динамики.	2	0
1	2	Дискретные модели	2	0
2	3, 4	Гомеоморфизмы окружности, теорема Пуанкаре, теорема Данжуа	4	0
3	5, 6	Отображения отрезка. Теорема Ли-Йорке. Теорема Шарковского.	4	0
4	7	Квадратичные отображения	2	0
4	8	Универсальность Фейгенбаума. Динамический хаос	2	0
5	9	Элементы комплексной динамики. Ренормализация	2	0
<b>Итого:</b>			18	0

#### 3.4. Организация самостоятельной работы обучающегося

№	Тема дисциплины	Форма самостоятельной работы	Трудоемкость (час.)
1	Основные задачи динамики	Исследование конкретной динамической системы: траектории, неподвижные точки, циклы, инвариантные множества, предельные множества. Устойчивость	10
2	Гомеоморфизмы окружности, теорема Пуанкаре, теорема Данжуа	Исследование конкретной динамической системы поворота на заданный угол	10
3	Отображения отрезка. Теорема Ли-Йорке. Теорема Шарковского.	Исследование конкретных отображений отрезка	10
4	Универсальность Фейгенбаума. Динамический хаос	Определение признаков хаоса для различных динамических систем	5
5	Элементы комплексной динамики. Ренормализация	Исследование системы с инвариантной мерой	5
<b>Итого:</b>			40

#### **4. Образовательные технологии по дисциплине**

Лекции, практические занятия, коллоквиум, зачет. В течение семестра обучающиеся выполняют практические работы, указанные преподавателем. Внеаудиторная работа обучающихся сопровождается рекомендацией литературы для самостоятельного изучения.

#### **5. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

5.1. Текущий контроль осуществляется преподавателем дисциплины при проведении занятий в форме: коллоквиума, собеседования, дискуссий

Подробно средства оценивания для проведения текущего контроля обучающихся приведены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

5.2. Промежуточная аттестация проводится в виде: зачет.

Подробно средства оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся приведены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

Темы собеседований приведены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине..

#### **6. Методические рекомендации обучающимся по дисциплине, в том числе для самостоятельной работы**

Самостоятельная работа включает следующие виды работ:

- работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы;
- выполнение домашнего задания – решение задач, выдаваемых на практических занятиях;
- чтение статей, рекомендованных преподавателем, по темам для самостоятельного изучения;
- подготовка к зачету.

Рекомендации обучающимся при освоении лекционного материала:

- конспектирование основного содержания лекций;
- для лучшего усвоения материала после лекции рекомендуется прочесть конспект и соответствующий параграф или главу учебника.

#### **7. Методические рекомендации преподавателям по дисциплине**

Практические работы и коллоквиум оцениваются по системе: зачтено, не зачтено. Зачет оценивается по системе: зачтено, не зачтено.

На практических занятиях контроль осуществляется при ответе у доски и при проверке практических работ.

Самостоятельная работа обучающихся должна быть направлена на решение следующих задач:

- развитие навыков работы с разноплановыми источниками;
- осуществление эффективного поиска информации;
- развитие навыков самостоятельной работы с периодическими источниками, в том числе, на иностранном языке.



## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Дисциплина полностью обеспечена учебной литературой, представленной в печатном или электронном виде. Для осуществления образовательной деятельности по дисциплине рекомендуется следующая основная и дополнительная литература.

### 8.1. Основная литература

1. Пригожин Илья. Время, хаос, квант : К решению парадокса времени. - М. : Прогресс, 1999. - 266с
2. Данилов, Ю. А. Лекции по нелинейной динамике : элементарное введение : учеб. пособие / Данилов Ю. А. - 2-е изд., испр. - М. : URSS, 2006. - 203 с. -
3. Мухин, Р. Р. Динамический хаос: взаимодействие физического и математического аспектов / Р. Р. Мухин // Вестник Российской академии наук. - 2007. - Т. 77, N 3. - С. 227-234.
4. Каток, А.Б. Введение в современную теорию динамических систем / Пер.с англ.:Кононенко А.,Ферлегер С. - М. : Факториал, 1999. - 767с.
5. Кириллов А.Н. Линейная алгебра в управляемой динамике - Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2012. - 101 с.
6. Кириллов, А. Н. Глобальная устойчивость в модели нелинейной шумпетеровской динамики / А. Н. Кириллов, А. М. Сазонов // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. Сер.: Математическое моделирование и информационные технологии. - 2018. - № 7. - С. 34-39
7. Кириллов, А. Н. Модель Полтеровича-Хенкина с амортизацией / А. Н. Кириллов, И. В. Данилова // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. Сер.: Математическое моделирование и информационные технологии. - 2017. - № 8. - С. 60-65
8. Кириллов, А. Н. Стабилизация управляемых динамических систем за конечное время / А. Н. Кириллов // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. Сер.: Математическое моделирование и информационные технологии, Вып. 4. - 2013. - № 1. - С. 68-71.

### 8.2. Дополнительная литература

1. Анищенко В.С. Знакомство с нелинейной динамикой - М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. - 143 с.
2. Арнольд, В. И. Геометрические методы в теории обыкновенных дифференциальных уравнений / В. И. Арнольд. - 4-е изд. - Москва : Издательство МЦНМО, 2012. - 380 с.
3. Арнольд, В. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения / В. И. Арнольд. - [Нов. изд., испр.]. - Москва : Издательство МЦНМО, 2012. - 344 с.
4. Нелинейная динамика и управление : Сборник статей / МГУ им. М. В. Ломоносова, Факультет ВМиК, РАН, Институт системного анализа ; ред.: С. В. Емельянов, С. К. Коровин. - Москва : Физматли:  
Вып. 1. - 447 с.(2001 г.)  
Вып. 2. - 335 с. (2002 г.)  
Вып. 3. - 335 с.(2003 г.)  
Вып. 4. - 399 с.(2004 г.)  
Вып. 5. - 396 с. (2007 г.)  
Вып. 7. - 398 с. (2010 г.)  
Вып. 8. - 335 с.(2013 г.)

### 8.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Обучающиеся и преподаватели КарНЦ РАН имеют доступ к ряду электронных библиотечных систем, к которым подключена Научная библиотека КарНЦ РАН. Для электронных ресурсов используется лицензионное программное обеспечение.

Для поиска учебной и научной литературы аспиранты используют следующие ЭБС:

- Электронная библиотека Республики Карелия <http://elibrary.karelia.ru/>
  - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru/>
  - другие базы данных размещены на сайте Научной библиотеки КарНЦ РАН в разделах «Электронные научные ресурсы» и «Электронные библиотеки»
- <http://library.krc.karelia.ru/section.php?plang=r&id=894>,  
<http://library.krc.karelia.ru/section.php?plang=r&id=499>.

<b>Интернет-ресурсы</b>	
<a href="http://www.garant.ru">www.garant.ru</a>	Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы
<a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>	Университетская библиотека Online
<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>	Электронная библиотека
<a href="http://ndce.edu.ru">http://ndce.edu.ru</a>	Каталог учебников, электронных ресурсов для высшего образования
<a href="http://edu.ru">http://edu.ru</a>	Федеральный портал «Российское образование»
<a href="http://windows.edu.ru">http://windows.edu.ru</a>	Портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»
<a href="http://school.edu.ru">http://school.edu.ru</a>	Российский общеобразовательный портал
<a href="http://webofknowledge.com">http://webofknowledge.com</a>	Библиографическая и реферативная база данных Web of Science
<a href="http://www.scopus.com/">http://www.scopus.com/</a>	Библиографическая и реферативная база данных Scopus

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Материально-техническая база КарНЦ РАН обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом и соответствует действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Минимально-необходимый перечень для информационно-технического и материально-технического обеспечения дисциплины:

- аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оснащенная рабочими местами для обучающихся и преподавателя, доской, мультимедийным оборудованием;
- библиотека с читальным залом и залом для самостоятельной работы обучающегося, оснащенное компьютером с выходом в Интернет, книжный фонд которой составляет специализированная научная, учебная и методическая литература, журналы (в печатном или электронном виде).