

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт радиотехники и электроники им.В.А.Котельникова РАН**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

**И.О. Директора**

\_\_\_\_\_ **С.А. Никитов**

«    » \_\_\_\_\_ **2014 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

\_\_\_\_\_ **« Динамический хаос в физических и технических системах»**

*(наименование дисциплины)*

**Направление подготовки:**

\_\_\_\_\_ **03.06.01 «Физика и астрономия»**

*(наименование направления подготовки)*

**Направленность подготовки:**

\_\_\_\_\_ **01.04.03 «Радиофизика»**

*(наименование направленности)*

Квалификация: **Исследователь. Преподаватель-исследователь.**

Форма обучения: **очная**

Москва, 2014 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса является изучение физико-математических основ нелинейных динамических явлений в радиофизике, электронике и телекоммуникационных системах, включая базовые вопросы теории и приложений к генерации хаотических колебаний в электронных и радиотехнических устройствах, исследованию условий возникновения и развития неустойчивостей, информационные свойства динамического хаоса, поведение ансамблей взаимодействующих нелинейных систем.

Задачами данного курса являются:

- Ознакомление аспирантов с фундаментальными аспектами теории динамических систем;
- Формирование у аспирантов знаний в области бифуркационных явлений и сложного поведения нелинейных динамических систем с приложениями в науке и технологиях;
- Привитие навыков к развитию новых подходов при постановке и решении задач фундаментального и прикладного значения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина относится к *обязательным* дисциплинам программы аспирантуры.

Актуальность курса обусловлена большой практической значимостью исследования нелинейных динамических явлений в радиофизике, электронике и инфокоммуникационных системах и необходимостью создания различного рода устройств, приборов и систем, принципы работы которых используют эти явления.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

1. способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
2. способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
3. готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
4. готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
5. способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);
6. способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
7. готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2).

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих профессиональных компетенций:

Способность проводить исследование радиофизических закономерностей излучения, распространения, взаимодействия и трансформации колебаний и волн в различных средах, в том числе в неоднородных, нелинейных и нестационарных, позволяет включить радиофизические методы как универсальное средство исследования окружающей среды на самых различных уровнях: от микромира до космического пространства (ПК-2).

### Карты профессиональных компетенций

**КОМПЕТЕНЦИЯ: ПК-2 (01.04.03)** Способность проводить исследование радиофизических закономерностей излучения, распространения, взаимодействия и трансформации колебаний и волн в различных средах, в том числе в неоднородных, нелинейных и нестационарных, позволяет включить радиофизические методы как универсальное средство исследования окружающей среды на самых различных уровнях: от микромира до космического пространства (ПК-2).

(шифр и название)

#### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

*Профессиональная компетенция выпускника программы аспирантуры по направлению подготовки «Физика и астрономия» осваивается в течение всего периода обучения в рамках дисциплин (модулей) вариативной части и педагогической практики независимо от формирования других компетенций, и обеспечивает реализацию обобщенной трудовой функции «Проводить научные исследования и реализовывать проекты»*

#### ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы аспирантуры должен:

**ЗНАТЬ:** физическую, естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, основные тенденции развития радиофизики.

**УМЕТЬ:** осуществлять отбор материала, характеризующего область радиофизики, с учетом конкретной научной или технической задачи.

**ВЛАДЕТЬ:** навыками работы в научном коллективе; приемами целеполагания, планирования, реализации необходимых видов деятельности, оценки и самооценки результатов деятельности по решению задач радиофизики.

#### ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК-4) И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: методики анализа современных физико-технических проблем, способы и методы решения экспериментальных и	Не имеет базовых знаний о методиках анализа современных физико-технических проблем радиофизики,	Допускает существенные ошибки при раскрытии содержания методик анализа современных физико-технических проблем	Демонстрирует частичные знания содержания методик анализа современных физико-технических проблем радиофизики,	Демонстрирует знания сущности методик анализа современных физико-технических проблем радиофизики,	Раскрывает полное содержание методик анализа современных физико-технических проблем радиофизики,

теоретических задач радиофизики	способах и методах решения экспериментальных и теоретических задач	радиофизики, способов и методов решения экспериментальных и теоретических задач.	способов и методов решения экспериментальных и теоретических задач, указывает способы реализации, но не может обосновать возможность их использования в конкретных ситуациях.	способов и методов решения экспериментальных и теоретических задач, отдельных особенностей методик и способов их реализации, но не выделяет критерии выбора конкретных методов и способов при решении научных задач.	способов и методов решения экспериментальных и теоретических задач, всех их особенностей, аргументированно обосновывает критерии выбора методик анализа современных физико-технических проблем конденсированного состояния, способов и методов решения экспериментальных и теоретических задач при решении профессиональных задач.
УМЕТЬ: критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, исходя из тенденций развития радиофизики	Не умеет и не готов критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, исходя из тенденций развития области	Имея базовые представления о современных физико-технических проблемах радиофизики, и способах их решения, не способен определить границы их применимости в конкретных ситуациях.	При анализе конкретной научной задачи не учитывает тенденции развития радиофизики	Умеет критически анализировать современные физико-технические проблемы, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, но не полностью учитывает тенденции развития радиофизики.	Готов и умеет критически анализировать проблемы радиофизики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты, исходя из тенденций развития области радиофизики.

	профессиональной деятельности.				
ВЛАДЕТЬ: приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению научных задач радиофизики.	Не владеет приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению задач радиофизики.	Владеет отдельными приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению <b>стандартных</b> научных задач радиофизики, допуская ошибки при выборе приемов и технологий их реализации	Владеет отдельными приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению <b>стандартных</b> задач радиофизики, давая не полностью аргументированное обоснование предлагаемого варианта решения.	Владеет приемами и технологиями целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению <b>стандартных</b> профессиональных задач радиофизики, полностью аргументируя предлагаемые варианты решения.	Демонстрирует владение системой приемов и технологий целеполагания, целереализации и оценки результатов деятельности по решению <b>нестандартных</b> профессиональных задач радиофизики, полностью аргументируя выбор предлагаемого варианта решения

#### ПРОЦЕДУРЫ И ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ У ОБУЧАЮЩИХСЯ

Предусмотрены **следующие виды контроля и аттестации обучающихся** при освоении основных образовательных программ:

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточная аттестация по завершению периода обучения (учебного года (курса), семестра);
- рубежный контроль (по завершению освоения образовательного модуля) – *проводится в случае реализации образовательной программы в модульном или частично модульном формате;*
- итоговая (государственная итоговая) аттестация по завершению основной образовательной программы в целом.

Под **образовательным модулем** понимается структурный элемент образовательной программы, имеющий определённую логическую завершённость по отношению к требуемым результатам освоения образовательной программы в целом (компетенциям). Образовательный модуль имеет «входные требования» в виде набора необходимых для его освоения компетенций (или ВУЗов) и четко сформулированные планируемые результаты обучения, которые в совокупности должны обеспечить обучающемуся освоение одной компетенции или группы компетенций. Если модуль столь велик, что не может быть реализован в течение одного учебного года, его можно разделить на учебные элементы (дисциплины, части дисциплин, междисциплинарные виды учебной деятельности), каждый из которых реализуется в рамках одного семестра или учебного года. Для таких учебных элементов должны быть определены свои результаты обучения (имеющие промежуточный характер по отношению к результатам обучения по модулю в целом), создано соответствующее учебно-методическое обеспечение (согласованное с рабочей программой и учебно-методическим обеспечением модуля в целом). Учебные элементы модуля, которые реализуются в рамках одного учебного года, должны заканчиваться промежуточной аттестацией. По результатам освоения всего модуля должен быть проведен рубежный контроль уровня сформированности запланированной компетенции (компетенций). Модуль может

осваиваться параллельно или последовательно с другими структурными элементами образовательной программы, дискретно или непрерывно.

**Текущий контроль успеваемости** обеспечивает оценивание хода освоения дисциплин (модулей) и прохождения практик, он может проводиться в виде оценки участия обучающихся в научных и научно-методических мероприятиях, в т.ч. семинарах, дискуссиях, конференциях, исследовательской и публикационной активности, результативности исследовательской и преподавательской деятельности и т.д.

По ПК-2 проводится в основном в виде оценки подготовленных по промежуточным результатам проведенных исследований материалов для участия в научных семинарах и конференциях, собственно участия в научных семинарах и конференциях, а также в виде оценки публикационной активности и результативности исследовательской деятельности.

**Промежуточная аттестация** имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по каждой дисциплине (модулю) и практике за определенный период обучения (семестр) и может проводиться в форме экзаменов, зачетов, защиты промежуточных результатов исследовательской работы, в т.ч. подготовленных в виде публикаций в соответствии с предъявляемыми требованиями и др.

По ПК-2 проводится в форме защиты перед аттестационной комиссией промежуточных результатов исследовательской работы, как правило, за годовой период обучения с предоставлением рабочих материалов и публикаций.

**Итоговая (государственная итоговая) аттестация** имеет целью определить степень сформированности всех компетенций обучающихся (или всех ключевых компетенций, определенных образовательной организацией совместно с работодателями – заказчиками кадров). ГИА проводится в форме государственного экзамена по обязательным дисциплинам учебного плана по направлению подготовки и выбранной научной специальности (профиля).

## **Типы контроля для оценивания результатов обучения.**

Для оценивания результатов обучения в виде **знаний** используются следующие типы контроля:

- тестирование;
- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

Тестовые задания должны охватывать содержание всего пройденного материала. Индивидуальное собеседование, письменная работа проводятся по разработанным вопросам по отдельному учебному элементу программы (дисциплине).

Для оценивания результатов обучения в виде **умений и владений** используются следующие типы контроля:

- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить.

По сложности ПКЗ разделяются на простые и комплексные задания.

Простые ПКЗ предполагают решение в одно или два действия. К ним можно отнести: простые ситуационные задачи с коротким ответом или простым действием; несложные задания по выполнению конкретных действий. Простые задания применяются для оценки умений. Комплексные задания требуют многоходовых решений как в типичной, так и в нестандартной ситуациях. Это задания в открытой форме, требующие поэтапного решения и развернутого ответа, в т.ч. задания на индивидуальное или коллективное выполнение проектов, на выполнение практических действий или лабораторных работ. Комплексные практические задания применяются для оценки владений.

Типы практических контрольных заданий:

- задания на установление последовательности разработки программы исследования при решении профессиональной задачи в области радиофизики;
- задания на аргументированное обоснование критериев выбора методики исследования при решении профессиональной задачи в области радиофизики;
- задания на разработку плана реализации экспериментальных исследований, учитывающего ресурсные и временные ограничения участников проекта;
- задания на понимание специфики особенностей различных типов представления результатов экспериментальных исследований перед разными аудиториями;
- задания на умение интерпретировать, представлять и применять полученные результаты экспериментальных исследований, исходя из тенденций развития радиофизики.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, в том числе 2 ЗЕ аудиторных занятий и 5 ЗЕ самостоятельной работы.

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Предмет курса.	Основные понятия..
2	Порядок и беспорядок - физическая точка зрения.	Роль порядка и беспорядка в общей картине мира. Флуктуации, кооперативность поведения, параметры порядка. Параметры порядка и возможность конечномерного описания сложных объектов. Структурная устойчивость и сложность. “Вычленение” динамической компоненты из общей ситуации с порядком и беспорядком. Проблема горизонта моделирования.
3	Детерминированный хаос.	Историческая справка. Дифференциальные уравнения и отображения. Как возникает хаос? Характеристики хаотического движения.
4	Одномерные отображения.	Почему детально изучают динамику простых одномерных отображений? Отображение сдвига Бернулли. Тент отображение. Логистическая парабола. Эволюция динамики отображения при изменении параметра. Бифуркационные явления. Переходы к хаосу. Теорема Шарковского. Динамика кусочно-линейного отображения отрезка в себя. Структура циклов кусочно-линейного отображения.
5	Двумерные отображения.	Отображение пекаря. Подкова Смейла. Отображение Хенона. Механизмы возникновения хаоса. Типичные бифуркации. Фрактальная структура хаотических аттракторов. Квадратичное отображение в комплексной плоскости. Множества Мандельброта и Жулиа.
6	Странные аттракторы и фракталы.	Масштабная инвариантность. Примеры простейших фракталов: канторовское множество, самоподобие снежинки, ковры Серпинского, Кривая Гильберта. Случайные фракталы. Размерность для фракталов. Фрактальность странных аттракторов и бассейнов их притяжения. Фрактальная размерность странных аттракторов.
7	Динамические системы, описываемые обыкновенными дифференциальными уравнениями..	Элементы теории бифуркаций. Понятие коразмерности. Локальные бифуркации коразмерности 1. Суперкритические бифуркации неподвижной точки. Субкритические бифуркации неподвижной точки. Бифуркации коразмерности 1 периодических орбит.
8	Странные аттракторы. Строгие понятия.	Гиперболические аттракторы. Квазигиперболические аттракторы. Квазиаттракторы.
9	Странные аттракторы. Сценарии перехода к хаосу.	Бифуркации удвоение периода. Тангенциальная бифуркация. Перемежаемость. Переходы к хаосу через



		разрушение двумерного тора. Переходы через разрушение трехмерного тора. Классификация странных аттракторов в трехмерных системах. Аттрактор Смейла. Аттрактор Шильникова. Торовый хаос. Бифуркации и кризисы странных аттракторов.
10	Сложная динамика трехмерных систем и двумерных неавтономных систем.	Система Лоренца. Система Реслера. Кольцевая система. Неавтономное уравнение Дюффинга. Неавтономный колебательный контур с нелинейной емкостью. Неавтономное уравнение Ван-дер-Поля - Дюффинга.
11	Хаос в системах с повышенной размерностью.	Кольцевые системы. Системы связанных осцилляторов.
12	Хаотическая синхронизация.	Обобщение понятия классической синхронизации на хаотические системы. Синхронизация хаотической системы внешним периодическим сигналом. Взаимная синхронизация двух связанных хаотических систем. Синхронный хаотический отклик. Хаотическая синхронизация в цепочках и решетках отображений. Слабая и сильная хаотическая синхронизация. Обобщенная хаотическая синхронизация.
13	Методы исследования систем с хаосом	Обнаружение хаотических колебаний в изучаемой системе. Определение критических значений бифуркационных параметров и построение бифуркационных диаграмм. Выделение различных хаотических режимов. Идентификация качественных характеристик хаотического аттрактора. Количественные характеристики странных аттракторов. Спектр мощности. Показатели Ляпунова. Инвариантная мера. Корреляционная размерность.
14	Анализ временных рядов методами нелинейной динамики	Реконструкция странных аттракторов по наблюдаемым временным рядам. Теорема Такенса. Очистка хаотических сигналов от шума. Прогнозирование поведения временных рядов методами нелинейной динамики.
15	Динамический хаос и случайные процессы.	Шумы: белый, розовый, коричневый и черный. Броуновское движение. Уравнение Ланжевена. Броуновское движение как случайный фрактал. Шумы в радиофизических системах. Дробовой шум. Автокорреляционная функция и спектральная плотность. Тепловой шум и теорема Найквиста. Фрактальная размерность случайных процессов. Марковские процессы. Воздействие шумов на системы с хаосом. Естественные процессы: динамический хаос плюс шум.
16	Динамический хаос и информационные процессы.	Динамический хаос как информационный процесс. Применение методов нелинейной динамики для обработки сигналов. Передача аналоговой и цифровой информации на основе систем со сложной динамикой. Формирование хаотических сигналов с заданной структурой. Прием и анализ хаотических сигналов. Прохождение информационных хаотических сигналов по каналу связи.
17	Сложная динамика	Клеточные автоматы как простейшая модель

	многомерных и распределенных систем.	распределенной системы. Игра “Жизнь”. Динамические режимы. Временные и пространственные структуры. Динамика связанных цепочек и решеток отображений. Нейроподобные системы
18	Обработка информации нелинейными динамическими системами.	Модель Хопфилда. Клеточные нейронные сети. Ассоциативная память на основе одномерных и многомерных отображений. Реализация универсальных вычислений на цепочках хаотических отображений
19	Complexity — жизнь на кромке хаоса.	Четвертый тип поведения динамических систем на кромке хаоса. Адаптивные свойства многоэлементных связанных систем, приводящие их к кромке хаоса. Кембрианский взрыв. Альтернативные теории эволюции. Самоорганизованная критичность. Модели.
20	Применение идеологии хаоса и сложной динамики в естественных и социально-экономических науках. Примеры.	Механика. Гидродинамика. Аэродинамика. Астрофизика. Радиофизика. Электроника. Оптика. Физика низких температур. Физика твердого тела. Информационно-вычислительные системы. Коммуникационные сети и системы. Защита информации. Химия. Биология. Экология. Медицинская диагностика. Экономический анализ. Социология.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ п/п	Вид занятия	Форма проведения занятий	Цель
1	лекция	Изложение теоретического материала	Получение теоретических знаний по дисциплине
2	семинар	Рассмотрение вопросов применения теоретического материала к решению физических задач	Получение практических знаний по дисциплине
3	самостоятельная работа студента	самостоятельное изучение рекомендованной литературы, в том числе научно-периодических изданий, подготовка к экзамену	Повышение степени понимания материала

## 7. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### *Основная литература*

1. Дмитриев А.С., Панас А.И. Динамический хаос: новые носители информации для систем связи. – М.: Изд. ФМЛ, 2002, – 252 с.
2. Шустер Г. Детерминированный хаос. PDF-DJVU-EBOOKS, [lib4study.com/read2196.html](http://lib4study.com/read2196.html), 2008.

### *Дополнительная литература*

3. Рабинович М.И., Трубецков В.И. Введение в теорию колебаний и волн. – М., Наука, 1998.
4. Дмитриев А.С., Кислов В.Я. Стохастические колебания в радиофизике и электронике. АН СССР ИРЭ, Отв. ред. Гуляев Ю.В. – М., Наука, 1989.
5. Странные аттракторы. Сб. статей. Пер. с англ. под ред. Синая Я.Г., Шильникова Л.П. – М., Мир, 1981.

6. Онищенко В.С. Сложные колебания в простых системах. – М., Наука, 1990.
7. Мун Ф. Хаотические колебания. Пер. с англ. – М., Мир, 1990.
8. Берже П., Попо И., Видаль К. Порядок в хаосе. Пер. с фр. – М., Мир, 1991.
9. Тоффולי Т., Морголуз Н. Машина клеточных автоматов. – М., Мир, 1991.

## **ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО- ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»**

Ссылки на ресурсы приведены в ООП.

### **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лабораторные генераторы хаотических колебаний в различных диапазонах частот электромагнитного спектра. Современная измерительная аппаратура: осциллографы, анализаторы спектров мощности, измерительные антенны. Специальные комплексы для цифровой обработки и формирования электромагнитных сигналов.

Библиотека с читальным залом, книжный фонд которой составляет специализированная методическая и учебная литература, журналы. Залы, оснащенные компьютером с проектором, обычной доской – для проведения семинаров, лекционных и практических занятий.

Обеспечение самостоятельной работы: доступ в сеть Интернет, доступ к рекомендованной литературе.

### **9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Обучение по дисциплине ведется с применением как традиционных методов, так и с использованием инновационных подходов: активное участие аспирантов в научных семинарах, представление докладов на научные конференции, подготовка научных статей, подготовка презентаций по литературе и по теме диссертации, освоение новых средств автоматизации и компьютеризации выполняемых научных исследований.

Виды самостоятельной работы: в домашних условиях, в читальном зале библиотеки, на компьютерах с доступом к базам данных и ресурсам Интернет, в лабораториях с доступом к лабораторному оборудованию и приборам.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное и научное программное обеспечение, ресурсы Интернет.

### **10. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.**

**Контрольные вопросы по обязательной и вариативной частям дисциплины для  
промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

1. Порядок и беспорядок - физическая точка зрения.
2. Понятие детерминированного хаоса и его свойства
3. Одномерные отображения. Сдвиг Бернулли.
4. Tent-map. Энтропия Колмогорова и ляпуновский показатель.
5. Основные типы бифуркаций в одномерных отображениях.
6. Отображение логистической параболы.
7. Порядок Шарковского.
8. Универсальность Фейгенбаума.
9. Двумерные отображения. Отображение пекаря.
10. Подкова Смейла. Отображение Хенона.

11. Странные аттракторы и фракталы. Понятие фракталы.
12. Фрактальная геометрия природы. Фрактальная размерность.
13. Фрактальная и корреляционная размерности странных аттракторов.
14. Динамические системы, описываемые обыкновенными дифференциальными уравнениями.
15. Система Лоренца и ее основные свойства.
16. Кольцевой автогенератор с полутора степенями свободы.
17. Странные аттракторы. Строгие понятия
18. Странные аттракторы. Сценарии перехода к хаосу
19. Хаос в системах с повышенной размерностью.
20. Гиперхаос и спектр ляпуновских показателей.
21. Хаотическая синхронизация (на примере синхронизации двух одномерных отображений при однонаправленной связи).
22. Методы исследования систем с хаосом.
23. Хаотические и случайные процессы: общее и различия.
24. Динамический хаос и информационные процессы.
25. Обработка информации нелинейными динамическими системами.
26. Запись информации в одномерных отображениях. Считывание информации.
27. Кодирование информации и ассоциативная память.
28. Разделение хаотического процесса и случайного шума (очистка хаотического процесса от шума): пределы устанавливаемые теорией информации и конкретные результаты.
29. Разделение двух хаотических процессов.
30. Разделение хаотического и регулярного процесса.
31. Передача информации с использованием хаоса.
32. Искажения хаотических сигналов при распространении по радиоканалу и воздействие аддитивных шумов.
33. Complexity - жизнь на кромке хаоса.
34. Сложное поведение систем состоящих из многих элементов и распределенных систем. Модели.
35. Клеточные автоматы. Примеры и свойства.
36. Нейронные сети. Модели нейронного элемента. Связь между элементами.

## 11. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ: русский

### Разработчик:

Доктор физико-математических наук, профессор

\_\_\_\_\_ А.С. Дмитриев

Ученый секретарь ИРЭ им.В.А.Котельникова РАН

\_\_\_\_\_ И.И.Чусов

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого Совета

ИРЭ им.В.А.Котельникова РАН

«03» октября 2014 г.