

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

факультет нано- и биомедицинских технологий  
факультет нелинейных процессов  
физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебно-методической  
работе, д-р филол. наук, профессор

Е.Г. Елина

« 30 » 2015 г.



**Рабочая программа дисциплины  
Современные проблемы радиоп физики**

Направление подготовки кадров высшей квалификации  
**03.06.01 «Физика и астрономия»**

Направленность  
**«Радиоп физика»**

Квалификация (степень) выпускника

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения  
Очная

Саратов  
2015

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

### Цели:

Целями освоения дисциплины «Современные проблемы радиофизики» является формирование у аспирантов углубленных теоретических знаний в области радиофизики, представлений о современных актуальных проблемах и методах их решения, а также умения самостоятельно ставить научные проблемы и находить нестандартные методы их решения.

В рамках курса решаются следующие задачи:

- углубленное изучение теоретических вопросов современной радиофизики в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки «Физика и астрономия»;
- развитие общепрофессиональных компетенций в области современной радиофизики в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки «Физика и астрономия»;
- освоение физических основ работы современных источников электромагнитного излучения, методов обработки и анализа сигналов, методов нелинейной динамики и анализа нелинейных, нестационарных систем.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры

Дисциплина «Современные проблемы радиофизики» является обязательной, входит в вариативную часть Блока 1 «Дисциплины научной специальности» учебного плана ООП по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия», направленность - «Радиофизика» (Б1.В.ОД.2.1). Дисциплина изучается в 3, 4 и 5 семестрах. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные знания по Информационные ресурсы и базы данных, Информационные технологии в научном исследовании и подготавливает аспирантов к написанию диссертационной работы, а также позволяет аспиранту получить углубленные знания и навыки для успешной профессиональной деятельности.

Взаимосвязь курса с другими дисциплинами ООП способствует углубленной подготовке аспирантов к решению специальных практических профессиональных задач и формированию необходимых компетенций.

## 3. Результаты обучения, определенные в картах компетенций и формируемые по итогам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Современные проблемы радиофизики» направлен на формирование следующих компетенций:

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1).

В результате освоения дисциплины аспирант должен **знать:**

- современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности;

- принципы построения научного исследования в соответствующей области наук, требования к оформлению библиографического списка и ссылок в исследовании; основные научные подходы к исследуемому материалу;
- основные методы научно-исследовательской деятельности в избранной профессиональной области;
- основные физические принципы работы радиофизических приборов и систем: генераторов электромагнитных колебаний, преобразователей радиофизических сигналов; явления, воздействие электромагнитных колебаний на системы различной природы; методы математической обработки результатов экспериментальных исследований;
- характеристики и устройство приборов радиофизики, перспективные методы исследования и их применение в научно-исследовательской деятельности, методы математического и компьютерного моделирования для описания физических процессов и явлений в устройствах радиофизики, перспективы развития радиофизики, а также связанные с этим передовые технологии, методы анализа и синтеза при исследовании и разработке конкретных электронных устройств;
- теорию колебаний и волн, качественную теорию дифференциальных уравнений и методов математической физики, базовые методы цифровой обработки сигналов и численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных;
- методы нелинейной динамики и статистической радиофизики; методы оптимизации и адаптации систем, современные методы анализа временных рядов; методы предсказания поведения систем и реконструкции динамических систем;

**уметь:**

- выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования;
- обосновать актуальность, новизну, теоретическую и практическую значимость собственного исследования, определять методологию исследования, уметь делать выводы из проведенного исследования и определять перспективы дальнейшей работы, уметь анализировать собранный эмпирический материал и делать достоверные выводы, отстаивать собственную научную концепцию в дискуссии, выступать оппонентом и рецензентом по научным работам;
- выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач;
- анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов; генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, исходя из наличных ресурсов и ограничений;
- применять основные понятия радиофизики; применять общие методы экспериментального и теоретического исследования физических процессов в радиофизических устройствах;
- выполнять теоретические и экспериментальные исследования объектов радиофизики с использованием современных программно-аппаратных комплексов; формулировать перспективные задачи исследования на основе прогнозов направления развития методов и подходов радиофизики при создании новых приборов и систем; использовать передовые отечественные и зарубежные достижения в области радиофизики, при проведении научных исследований и разработки перспективных приборов и устройств;

- получать эволюционные уравнения колебательных и волновых систем, исходя из уравнений для физических закономерностей и накладываемых на систему ограничений, находить стационарные решения, проводить анализ их устойчивости, находить численные решения эволюционных уравнений с использованием базовых численных методов;
- строить математические модели колебательных и волновых систем, проводить анализ и сопоставление разных способов моделирования; проводить всесторонние исследования динамики и эволюции моделей, учитывать влияние шумов и флуктуаций;

**владеть:**

- навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований;
- способностью свободно ориентироваться в источниках и научной литературе, владеть логикой научного исследования, терминологическим аппаратом научного исследования, научным стилем изложения собственной концепции;
- навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования;
- навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях, навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- навыками сбора, обработки, анализа и систематизации знаний о физических явлениях в области радиофизики; навыками выбора методов и средств решения задач в области радиофизики, навыками анализа работы устройств радиофизики и радиоэлектроники;
- навыками применения современных методов математического и компьютерного моделирования физических процессов в области радиофизики, методологией теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики; навыками выбора методов и экспериментально-измерительной базы при проведении научных исследований при создании устройств радиофизики;
- навыками построения математических моделей колебательных и волновых систем, основными методами бифуркационного анализа динамических систем, методами анализа устойчивости систем;
- современными методами математического моделирования, учитывающего специфику рассматриваемых систем; методами нелинейной динамики и статистического анализа динамических и стохастических систем.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 14 зачетных единицы, 504 часа

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по темам) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
			лекции	практические	СР	
	Введение		2			
1	<b>Теория динамических систем</b>					

1.2	Общие положения теории динамических систем (ДС)	3	4	2	4	Отчет по практическим заданиям
1.3	Теория устойчивости и бифуркаций	3	14	10	14	Отчет по практическим заданиям
1.4	Динамические системы с одной степенью свободы	3	6	2	6	Отчет по практическим заданиям
1.5	Системы с размерностью фазового пространства $N > 3$ . Детерминированный хаос. Генератор хаоса с инерционной нелинейностью	3	6	4	6	Отчет по практическим заданиям
1.6	Бифуркационные сценарии возникновения хаоса	3	8	4	8	Отчет по практическим заданиям
1.7	Грубые и негрубые динамические системы. Свойство гиперболичности и классификация аттракторов.	3	6	2	6	Отчет по практическим заданиям
1.9	Теория синхронизации детерминированных ДС	3	10	4	10	Отчет по практическим заданиям
1.9	Реконструкция ДС	3	6	4	6	Отчет по практическим заданиям
1.10	Дополнительные главы динамики консервативных систем	3	10	2	10	Отчет по практическим заданиям
<b>Итого в 3 семестре</b>		<b>3</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	<b>72</b>	<b>Зачет</b>
<b>2</b>	<b>Колебания и волны в нелинейных активных средах</b>					
2.1	Неустойчивости в средах с отрицательным поглощением. Критерии характера неустойчивости	4	6	6	12	Отчет по практическим заданиям
2.2	Неустойчивости в системах взаимодействующих волн с положительной и отрицательной энергией	4	6	6	12	Отчет по практическим заданиям
2.3	Неустойчивость в полупроводнике с отрицательной дифференциальной проводимостью	4	4	4	8	Отчет по практическим заданиям
2.4	Неустойчивости в химических системах типа «реакция–диффузия»	4	4	4	8	Отчет по практическим заданиям
2.5	Параметрические неустойчивости в волновых системах	4	4	4	8	Отчет по практическим заданиям
2.6	Классические электронные мазеры	4	6	6	12	Отчет по практическим заданиям
2.7	Нелинейные явления в активных средах квантовой электроники	4	6	6	12	Отчет по практическим заданиям
<b>Итого в 4 семестре</b>		<b>4</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>72</b>	<b>Зачет</b>
<b>3</b>	<b>Шум в динамических системах</b>					
3.1	Роль шума в динамических системах. Стохастические бифуркации и индуцированные шумом переходы	5	2	2	20	Отчет по практическим заданиям
3.2	Шум в периодических и хаотических автогенераторах	5	8	8	22	Отчет по практическим заданиям
3.3	Бистабильные осцилляторы и явление стохастического резонанса	5	10	10	22	Отчет по практическим заданиям
3.4	Возбудимые системы. Когерентный резонанс	5	8	8	22	Отчет по практическим заданиям
3.5	Синхронизация стохастических ко-	5	8	8	22	Отчет по практи-

	лебаний					ческим заданиям
<b>Итого в 5 семестре</b>		<b>5</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>108</b>	<b>Реферат</b>
<b>Итого по всему курсу:</b>		<b>3-5</b>	<b>144</b>	<b>108</b>	<b>252</b>	

## Содержание дисциплины «Современные проблемы радиофизики»

### Введение

Обзор современных проблем нелинейной динамики и связанных с ней дисциплин. Роль концепций нелинейной динамики в развитии естествознания.

### Раздел 1. Теория динамических систем

#### Тема 1.1. Общие положения теории динамических систем (ДС)

Динамическая система (ДС) и ее математическая модель. Определение динамической системы, классификация ДС. Колебательные системы и их свойства. Современный взгляд на классификацию колебательных систем. Автоколебания. Предельные множества фазового пространства. Понятие аттрактора диссипативной ДС. Регулярные, хаотические и странные аттракторы. Системы с дискретным временем. Отображения последования.

#### Тема 1.2. Теория устойчивости и бифуркаций

Определения различных типов устойчивости траекторий. Спектры ляпуновских характеристических показателей фазовых траекторий динамической системы. Устойчивость траекторий для различных предельных множеств: состояния равновесия, предельного цикла, инвариантного тора, хаотического аттрактора. Устойчивость решений в отображениях последования. Понятие бифуркации ДС. Классификация типичных бифуркаций в потоковых системах. Структурная устойчивость ДС. Бифуркации состояний равновесия. Бифуркации периодических решений. Нелокальные бифуркации в окрестности двояко-асимптотических траекторий. Бифуркации одномерных и двумерных отображений последования.

#### Тема 1.3. Динамические системы с одной степенью свободы

Предельные множества и аттракторы на фазовой плоскости. Предельный цикл Андронова–Пуанкаре Структурная устойчивость систем на фазовой плоскости. Системы Андронова–Понтрягина Генераторы с одной степенью свободы. Анализ уравнения Ван дер Поля. Возникновение автоколебаний. Генератор с жестким возбуждением.

#### Тема 1.4. Системы с размерностью фазового пространства $N > 3$ . Детерминированный хаос. Генератор хаоса с инерционной нелинейностью

Условия возникновения детерминированного хаоса. Парадокс детерминированности и непредсказуемости. Свойство перемешивания и вероятностное распределение на хаотическом аттракторе. Фракталы в нелинейной динамике. Сложная геометрическая структура и экспоненциальная неустойчивость. Странные хаотические аттракторы и странные нехаотические и хаотические нестранные аттракторы. Модификация генератора с инерционной нелинейностью. Генератор хаоса Анищенко–Астахова.

#### Тема 1.5. Бифуркационные сценарии возникновения хаоса

Переход к хаосу через последовательность бифуркаций удвоения периода. Универсальность Фейгенбаума.. Жесткие переходы к хаосу. Кризис и перемежаемость. Переход к хаосу через разрушение квазипериодических колебаний. Переход к хаосу через разрушение эргодического тора. Странные нехаотические аттракторы.

Тема 1.6. Грубые и негрубые динамические системы. Свойство гиперболичности и классификация аттракторов

Гомоклинические и гетероклинические кривые. Структурно-устойчивые системы в  $\mathbb{R}^N$ ,  $N > 3$ . Свойство гиперболичности. Структурно-неустойчивые динамические системы. Квазигиперболические аттракторы. Аттракторы типа Лоренца. Квазиаттракторы и их свойства.

Тема 1.7. Теория синхронизации детерминированных ДС

Синхронизация периодических колебаний. Внешняя синхронизация генератора Ван дер Поля. Укороченные уравнения для амплитуды и фазы. Бифуркационный анализ синхронизации в фазовом приближении и с использованием системы укороченных уравнений. Бифуркационный анализ неавтономного генератора Ван дер Поля. Синхронизация двухчастотных автоколебаний. Воздействие внешней периодической силы на резонансный предельный цикл в системе связанных генераторов. Основные бифуркации квазипериодических режимов при синхронизации резонансного предельного цикла. Синхронизация хаотических колебаний. Основные концепции синхронизации хаоса. Частотно-фазовая синхронизация хаотических автоколебаний. Исследование вынужденной синхронизации генератора спирального хаоса в натурном эксперименте. Полная синхронизация взаимодействующих хаотических систем. Количественные характеристики степени синхронности хаотических автоколебаний.

Тема 1.8. Реконструкция ДС

Определение размерности вложения и реконструкция аттрактора и расчет старшего показателя Ляпунова по временному ряду. Реконструкция динамической системы. Пример реконструкции динамической системы. Моделирование динамики сердечного ритма.

Тема 1.9. Дополнительные главы динамики консервативных систем

Удвоения периода в консервативных системах. Особенности динамики по сравнению с диссипативными системами. Критическое поведение Н-типа. Динамика вырожденных гамильтоновых систем: образование стохастической паутины, структуры кристаллического и квазикристаллического типов. Примеры реализации структур типа «стохастическая паутина» в системах различной природы. Хаотические бильярды: условия реализации хаотической динамики. Рассеивающие и фокусирующие бильярды. Бильярды с подвижными границами. Закономерности диффузии в фазовом пространстве консервативных систем. «Клейкость» границ островков устойчивости. Аномальная диффузия и условия ее возникновения.

**Раздел 2. Колебания и волны в нелинейных активных средах**

Тема 2.1. Неустойчивости в средах с отрицательным поглощением. Критерии характера неустойчивости

Уравнение Гинзбурга–Ландау — эталонная модель в окрестности порога неустойчивости. Абсолютная, конвективная и глобальная неустойчивости. Критерии характера неустойчивости: оценка асимптотического поведения возмущения с помощью метода перевала и с помощью функции Грина. Нелинейная динамика уравнения Гинзбурга–Ландау. Модуляционная неустойчивость. Переход к пространственно-временному хаосу (турбулентности). Амплитудная и фазовая турбулентность.

Тема 2.2. Неустойчивости в системах взаимодействующих волн с положительной и отрицательной энергией.

Примеры волн с отрицательной энергией. Абсолютная и конвективная неустойчивость при двухволновом взаимодействии, дисперсионные соотношения и дисперсионные диаграммы. Анализ характера неустойчивости при взаимодействии электронного пучка с

бегущей электромагнитной волной в лампах бегущей и обратной волны. Переход абсолютной неустойчивости в конвективную при сильной диссипации. Разделение конвективной неустойчивости и непропускания, критерий Берса–Бриггса. Неустойчивости в системе двух взаимодействующих электронных потоков. Пример: электронно-волновая лампа. Анализ характера неустойчивости при нулевой групповой скорости одной из волн. Пример: взаимодействие электронного пучка с неподвижной плазмой.

Тема 2.3. Неустойчивость в полупроводнике с отрицательной дифференциальной проводимостью

Понятие о междолинном переносе электронов. Эффект Ганна. Качественная картина образования доменов. Дисперсионное соотношение и его анализ. Критерий абсолютной/конвективной неустойчивости. Пространственный инкремент неустойчивости. Стационарные нелинейные волны в ганновском полупроводнике. Правило равных площадей. Домен Ганна как автосолитон. Анализ устойчивости стационарных волн. Лавинно-пролетный диод.

Тема 2.4. Неустойчивости в химических системах типа «реакция–диффузия».

Распределенный брюсселятор. Неустойчивости Хопфа и Тьюринга. Абсолютная и конвективная неустойчивость в системе «брюсселятор с потоком». Результаты численного моделирования, приближенное аналитическое описание вблизи порога неустойчивости Тьюринга. Потоково–диффузионные структуры.

Тема 2.5. Параметрические неустойчивости в волновых системах.

Параметрический резонанс и параметрическая неустойчивость. Трехволновые параметрические взаимодействия в нелинейных средах. Распадная неустойчивость. Взрывная неустойчивость. Оптические параметрические усилители и генераторы. Электронно-лучевые параметрические усилители. Лазеры на свободных электронах (ЛСЭ). Основные принципы и элементарная теория ЛСЭ.

Тема 2.6. Классические электронные мазеры. Колебания и волны в системе неизохронных осцилляторов. Классический и квантовый подходы к излучению электронных осцилляторов. Мазеры на циклотронном резонансе (МЦР) — гирорезонансные приборы. Гиromонотрон. Усредненные уравнения движения. Возбуждение резонатора при гирорезонансе. Самосогласованная система уравнений. Результаты решения самосогласованной задачи. Гироклистрон. Гирорезонансные лампы бегущей и обратной волны. Мазер на аномальном эффекте Доплера.

Тема 2.7. Нелинейные явления в активных средах квантовой электроники. Спонтанное и индуцированное излучение в неравновесных средах. Коэффициенты Эйнштейна. Инверсная населенность. Отрицательная температура. Возможность усиления в средах с отрицательной температурой. Взаимодействие излучения со средой из двухуровневых частиц; уравнения Максвелла–Блоха. Самоиндуцированная прозрачность. Распространение солитонов. Усиление ультракоротких оптических импульсов. Автомодельное решение ( $\pi$ -импульс).

### Раздел 3. Шум в динамических системах

Тема 3.1. Роль шума в динамических системах. Стохастические бифуркации и индуцированные шумом переходы

Общие представления о влиянии шума на динамические системы. Метод Ланжевена. Связь стохастических уравнений и уравнения Фоккера–Планка–Колмогорова. Стационарное вероятностное распределение динамических переменных в системах с шумом. Стохастические аттракторы. Бифуркации в системах с шумом. Стохастические бифуркации D и P-типа. Интенсивность шума как управляющий параметр системы. Индуцированные шумом переходы.



Тема 3.2. Шум в квазигармонических и хаотических автогенераторах

Флуктуации в квазигармоническом генераторе с источником шума. Спектрально-корреляционный анализ автоколебаний в генераторах спирального хаоса. Влияние белого шума на хаотические автоколебания в режиме спирального аттрактора. Влияние шума на эффект синхронизации колебаний. Вынужденная синхронизация зашумленных автоколебаний внешней гармонической силой. Взаимная синхронизация квазигармонических автогенераторов в присутствии шума. Синхронизация хаотических автоколебаний в присутствии шума. Синхронизация автоколебаний узкополосным шумом.

Тема 3.3. Бистабильные осцилляторы и явление стохастического резонанса

Бистабильные осцилляторы под действием шума. Физические основы эффекта стохастического резонанса. и характеристики эффекта стохастического резонанса. Теория линейного отклика и теория двух состояний. Стохастический резонанс в хаотических системах с сосуществующими аттракторами. Физический эксперимент. Стохастический резонанс в механорецепторах речного рака.

Тема 3.4. Возбудимые системы. Когерентный резонанс

Возбудимые осцилляторы и особенности стохастических колебаний возбудимых систем. Модель ФицХью-Нагумо. Явление когерентного резонанса.

Тема 3.5. Синхронизация стохастических колебаний

Внешняя синхронизация процесса переключений в бистабильном осцилляторе под действием шума и периодического сигнала.. Внешняя стохастическая синхронизация триггера Шмитта. Внешняя и взаимная стохастическая синхронизация процессов переключений в хаотических системах. Вынужденная и взаимная синхронизация возбудимых систем. Стохастическая синхронизация как индуцированный шумом порядок.

## **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины**

В учебном процессе используются активные и интерактивные формы занятий в сочетании с внеаудиторной работой. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет не менее 30 % аудиторных занятий.

В рамках изучения данной дисциплины реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе традиционных образовательных технологий, активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Традиционные образовательные технологии:

– лекции.

Активные и интерактивные формы занятий:

– лекция - семинар.

В рамках изучения данной дисциплины используются:

– мультимедийные образовательные технологии: интерактивные лекции (презентации) с использованием программы Open Office;

– сетевые образовательные технологии;

– электронная образовательная среда Moodle;

Для обеспечения доступности обучения инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья в преподавании дисциплины могут быть использованы следующие адаптивные технологии: интернет-технологии и дистанционное обучение – для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата; разноуровневое и диффе-

ренцированное обучение – для слабовидящих обучающихся; ИКТ – технологии, использование ассистивных устройств – для слабослышащих аспирантов.. Технологии тьюторского сопровождения; определения образовательного маршрута, технология обособленного контроля самостоятельной работы аспиранта используются для обучения инвалидов и лиц с ОВЗ. Подбор и разработку учебных материалов можно предоставлять в различных формах: для обучающихся с нарушениями слуха информацию можно представлять визуально, с нарушением зрения – аудиально. Для лиц с ограниченным зрением изображения мелких объектов можно представлять в форме презентаций. Общение преподавателей с обучающимся можно осуществлять с помощью дистанционных технологий (сети Интернет, электронной почты, социальных сетей).

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

### 6.1. Виды самостоятельной работы

Раздел/Тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Литература
1. Теория динамических систем	проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы с привлечением компьютерных средств, конспектирование материалов, аннотирование научных публикаций, работа со справочной литературой	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
2. Колебания и волны в нелинейных активных средах	проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы с привлечением компьютерных средств, конспектирование материалов, аннотирование научных публикаций, работа со справочной литературой	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
3. Шум в динамических системах	проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы с привлечением компьютерных средств; конспектирование материалов, аннотирование научных публикаций, работа со справочной литературой	см. раздел 8 «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»
Итого часов на самостоятельную работу: 252 часов		

### 6.2. Вопросы для углубленного самостоятельного изучения

1. Устойчивость решений в система с дискретным временем.
2. Странные нехаотические и хаотические нестранные аттракторы.
3. Бифуркационный анализ синхронизации в фазовом приближении и с использованием системы укороченных уравнений.
4. Моделирование динамики сердечного ритма.
5. Волны в активных средах. Пространственные структуры и нелинейные волновые явления.
6. Современный магнетрон: устройство, применения, перспективы.
7. Лампа обратной волны: история создания и перспективы развития.
8. Дискретный подход к описания лампы бегущей волны с цепочкой связанных резонаторов.

9. Перспективы продвижения ЛБВ в субмиллиметровый диапазон.
10. История создания карсинотрона.
11. Хаос и управление им в лампе обратной волны (теория и численное моделирование).
12. Генерация хаотических колебаний в лампе обратной волны (эксперимент).
13. Гиротроны и проблемы термоядерного синтеза.
14. Устройство и характеристики лазеров на свободных электронах.
15. Современные пути продвижения электронных устройств в ТГц диапазон
16. Синхронизация автоколебаний узкополосным шумом.
17. Стохастический резонанс в механорецепторах речного рака.

### 6.3. Порядок выполнения самостоятельной работы

Самостоятельная подготовка к занятиям осуществляется регулярно по каждой теме дисциплины и определяется календарным графиком изучения дисциплины. Самостоятельная работа заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям, в выполнении заданий лектора.

#### Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, изложенные в каждой очередной лекции, до следующей, по непонятым деталям консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к семинарским занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, ведущего семинары, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать рекомендуемую основную и дополнительную литературу;
- задания, которые даются лектором во время лекции по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время зачета.

При реализации программы дисциплины «Современные проблемы биофизики и базы данных» студентам предлагается выполнить обзор актуальной литературы в форме реферата с докладом на научном семинаре.

#### Примерный перечень предлагаемых тем рефератов:

- Основные математические модели теории колебаний.
- Основные математические модели теории волн.
- Явление синхронизации: его изучение и диагностика.
- Основные сценарии возникновения динамического хаоса.
- Особенности стохастических колебательных систем.
- Подходы к анализу связанности на основе обработки экспериментальных данных.
- Эмпирическое моделирование по временным рядам.
- Современные приборы и технологии генерации и приёма радиосигналов.
- Нелинейные явления в современных вакуумных и твердотельных электронных приборах.
- Модели открытых систем: приложение методов нелинейной динамики к изучению сложных биологических и химических объектов.

Рефераты выполняются под руководством научного руководителя и должны содержать элементы литературного обзора по теме, анализа в соответствии с конкретной спецификой выбранной темы.

## 7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 7.1. Формы текущего контроля работы аспирантов

Формами текущего контроля работы аспирантов по дисциплине «Информационные технологии в научных исследованиях» являются: домашнее задание, реферат.

### 7.2. Порядок осуществления текущего контроля

Текущий контроль выполнения заданий осуществляется регулярно, начиная с 4 недели семестра. Контроль и оценивание выполнения реферата осуществляется на 15 неделе семестра. Текущий контроль освоения отдельных разделов дисциплины осуществляется при помощи заданий в завершении изучения каждого раздела. Система текущего контроля успеваемости служит в дальнейшем наиболее качественному и объективному оцениванию в ходе промежуточной аттестации.

### 7.3. Промежуточная аттестация по дисциплине

Промежуточная аттестация проводится в форме зачетов.

### 7.4. Фонд оценочных средств

Содержание фонда оценочных средств см. Приложение №2.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Основная литература:

1. В.С. Анищенко, Сложные колебания в простых системах. Механизмы возникновения, структура и свойства динамического хаоса в радиофизических системах. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009 (2-е издание). ✓
2. В.С. Анищенко, Т.Е. Вадивасова, Лекции по нелинейной динамике. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2010. ✓
3. Д.И. Трубецков, А.Г. Рожнёв, Лекции по теории колебаний и волн. Линейные колебания. Саратов, 2011 (ЭБ учебно-методических пособий СГУ). ✓
4. А.П. Кузнецов, С.П. Кузнецов, Н.М. Рыскин, Лекции по теории колебаний и волн. Нелинейные колебания. Саратов, 2011 (ЭБ учебно-методических пособий СГУ). ✓
5. Г.С. Горелик, Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику. 3-е изд. М.: Физматлит, 2008. ✓
6. Д.И. Трубецков, А.Г. Рожнёв, Лекции по теории колебаний и волн. Линейные волны. Саратов, 2014 (ЭБ учебно-методических пособий СГУ). ✓
7. Н.М. Рыскин, Д.И. Трубецков, Лекции по теории колебаний и волн. Нелинейные волны. Саратов, 2011 (ЭБ учебно-методических пособий СГУ, [http://elibrary.sgu.ru/uch\\_lit/282.pdf](http://elibrary.sgu.ru/uch_lit/282.pdf)) ✓
8. Кузнецов А.П., Кузнецов С.П., Рыскин Н.М., Исаева О.Б. Нелинейность: от колебаний к хаосу. Задачи и учебные программы. М.–Ижевск: РХД, 2006. ЭБС «IPR books» электронный ресурс. ✓

### Дополнительная литература:

1. В.С. Анищенко, В.В. Астахов, Т.Е. Вадивасова, А.Б. Нейман, Г.И. Стрелкова, Л. Шиманский-Гайер, Нелинейные эффекты в хаотических и стохастических системах. ✓

- Москва – Ижевск: Изд-во Института компьютерных исследований, 2003. Электронная библиотека учебно-методической литературы (ЭБ УМЛ).
2. В.С. Анищенко, В.В. Астахов, Т.Е. Вадивасова, Регулярные и хаотические автоколебания. Синхронизация и влияние флуктуаций. М.: Изд. дом "Интеллект", 2009. V609к
  3. С.П. Кузнецов, Динамический хаос. М.: Физматлит, 2001. V989к
  4. А. Пиковский, М. Розенблюм, Ю. Куртс, Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление. М.: Техносфера, 2003. V194к
  5. Э. Инфельд, Дж. Роуландс, Нелинейные волны, солитоны и хаос. М.: Физматлит, 2006. V109к
  6. М.И. Рабинович, Д.И. Трубецков. Введение в теорию колебаний и волн. М.- Ижевск, «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. V989к
  7. Б.П. Безручко, Д.А. Смирнов, "Математическое моделирование и хаотические временные ряды". Саратов: ГосУНЦ "Колледж", 2005. 320 с V259к

#### **Рекомендованная литература:**

1. А.А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин. Теория колебаний. -- М.: Наука, 1981.
2. В.И. Арнольд, Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений. М.: Наука, 1978
3. П.С. Ланда, Автоколебания в системах с конечным числом степеней свободы. М.: Наука, 1980.
4. П.С. Ланда, Нелинейные колебания и волны. - М.: Изд-во «Либроком», 2010.
5. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. -- М.; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2000.
6. М.Б.Виноградова, О.В.Руденко, А.П.Сухоруков, *Теория волн.* - М.: Наука, 1990
7. В.А. Васильев, Ю.М. Романовский, В.Г. Яхно, *Автоволновые процессы.* - М.: Наука, 1987.
8. А.Ю. Лоскутов, А.С. Михайлов, Основы теории сложных систем. -- М.; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2007.
9. Р.Л. Стратонович, Случайные процессы в динамических системах. -- М.; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2009.
10. С.М. Рытов, Введение в статистическую радиофизику. Часть I Случайные процессы. -- М.: Наука, 1976.
11. С.М. Рытов, Ю.А. Кравцов, В.И. Татарский, Введение в статистическую радиофизику. Часть II Случайные поля. -- М.: Наука, 1978.
12. Б. Мандельброт, Фрактальная геометрия природы. М.; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2002.
13. Дж. Гукенхаймер, П. Холмс, Нелинейные колебания, динамические системы и бифуркации векторных полей. Пер. с англ. УРСС, 2002. 560 с.
14. А.И. Ахиезер, В.Г. Барьяхтар, С.В. Пелетминский, Спиновые волны. М., Наука, 1967.
15. Тоффоли Т., Марголус Н. Машины клеточных автоматов. М.: Мир. 1991
16. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. М.: Мир, 1992. 12. Рытов С.М. Введение в статистическую радиофизику. Ч. 1: Случайные процессы. М.: Наука, 1976.
17. В. Хорстхемке, Р. Лефевр, Индуцированные шумом переходы. – М.: Мир, 1987.
18. Kuramoto, Y. Chemical oscillations, waves, and turbulence / Y. Kuramoto. Springer series in synergetics. — Berlin: Springer-Verlag, 1984.
19. Boccaletti S., Latora V., Moreno V., Chavez M., Hwang D.-U. Complex Networks: Structure and Dynamics. Physics Reports. 424 (2006) 175-308.
20. Boccaletti S. Complex Networks: Structure and Dynamics. Elsevier. 2006.

21. Hramov A.E., Koronovskii A.A., Makarov V.A., Pavlov A.N., Sitnikova E.Yu. Wavelets in Neuroscience Springer Heidelberg New York Dordrecht London, 2015. 318 p
22. Garcia-Ojalvo, J. Noise in spatially extended systems / J. Garcia-Ojalvo, J. M. Sancho. — New York: Springer-Verlag, 1999.
23. Arnold, L. Random Dynamical Systems / L. Arnold. — Berlin: Springer, 2003.

**Веб-сайты с электронными ресурсами:**

- **eLIBRARY.RU** [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – URL: <http://www.elibrary.ru>
- **ibooks.ru** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: <http://ibooks.ru>
- **Издательство «Лань»** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: <http://e.lanbook.com/>
- **Единая** коллекция цифровых образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – URL: <http://scool-collection.edu.ru>
- **Единое окно** доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. – URL: <http://window.edu.ru>
- **Znanium.com** [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – URL: <http://znani-um.com>
- **Антиплагиат** [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <http://www.antiplagiat.ru/index.aspx>

**Единая информационная среда образовательного учреждения**

- Грин Плюс (<http://www.grinp.ru>),
- ИВЦ АБЕРС (ООО «ФинПромМаркет-XXI») (<http://www.iicavers.ru>),
- Кирилл и Мефодий (<http://www.km-school.ru>),
- Системы-Программы-Сервис (<http://sps.express.ru>),
- Хронобус (<http://www.chronobus.ru>) образовательные и интернет-проекты:
- Controlling Chaos Technologies (Технологии Управляемого Хаоса) (<http://www.controlchaostech.com>),
- Компьютерная школа «КОМПЬЮТЕРИЯ» (<http://www.computeria.ru>),
- Общество «Знание» России (<http://www.znanie.net>)

**Интел:**

- <http://www.iteach.ru/Intel®> Обучение для будущего
- <http://educate.intel.com/ru/AssessingProjects/AssessmentStrategies/> Оценивание проектов
- <https://sites.google.com/site/treningservisyweb/> Тренинг "Сервисы WEB 2.0 в профессиональной деятельности педагога"

**Интуит:**

- <http://www.intuit.ru/studies/courses?page=1> Национальный открытый университет

**Moodle:**

- <http://www.moodle.org>
- <http://course.sgu.ru>

Обучающимся и научно-педагогическим работникам обеспечен доступ к **научно-метрическим базам** данных (Web of Science, SCOPUS) и к **полнотекстовым ресурсам** (журналы «Вестник Московского университета» (все серии), Oxford University Press, издательств Springer, Kluwer и т.д.)

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

Для проведения занятий по дисциплине «Современные проблемы радиофизики», предусмотренной учебным планом подготовки аспирантов, имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

- специализированные компьютерные классы с подключенным к ним периферийным устройством и оборудованием;
- 
- учебные аудитории, оборудованные комплектом мебели, доской; комплект проекционного мультимедийного оборудования; оборудование для аудио- и видеозаписи; офисная оргтехника.

## **10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для аспирантов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

- для *слабовидящих*:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для *глухих и слабослышащих*:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости аспирантам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для *лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих* все контрольные задания по желанию аспирантов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все аспиранты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия», направленность «Радиофизика».

Авторы программы:

зав. базовой кафедрой динамического моделирования и  
биомедицинской инженерии,  
д.ф.-м.н., профессор

Б.П. Безручко

зав. кафедрой физики твёрдого тела  
д.ф.-м.н., профессор

Д.А. Усанов

зав. кафедрой материаловедения  
и управления качеством,  
д.ф.-м.н., профессор

С.Б. Вениг

профессор кафедры динамического моделирования и  
биомедицинской инженерии,  
д.ф.-м.н., доцент

Е.П. Селезнёв

профессор кафедры динамического моделирования и  
биомедицинской инженерии,  
д.ф.-м.н., доцент

В.И. Пономаренко

профессор кафедры физики твёрдого тела  
д.ф.-м.н., профессор

А.В. Скрипаль

доцент кафедры динамического моделирования и  
биомедицинской инженерии,  
к.ф.-м.н.

И.В. Сысоев

ассистент кафедры физики полупроводников,  
к.ф.-м.н.

Е.М. Ревзина



зав. кафедрой радиофизики  
и нелинейной динамики, проф., д.ф.-м.н.

Анищенко В.С.

профессор кафедры радиофизики  
и нелинейной динамики, д.ф.-м.н., проф.

Вадивасова Т.Е.

профессор кафедры радиофизики  
и нелинейной динамики, д.ф.-м.н., проф.

Четвериков А.П.

зав. кафедрой нелинейной физики  
профессор, д.ф.-м.н.

Рыскин Н.М.

зав. кафедрой электроники, колебаний и волн  
чл.-корр. РАН, профессор, д.ф.-м.н.

Трубецков Д.И.

Программа одобрена на заседании ученого совета  
факультета нелинейных процессов,  
29 июня 2015 года, протокол № 130.

Декан факультета нелинейных процессов,  
проф., к.ф.-м.н.



Лёвин Ю.И.

Программа одобрена на заседании ученого совета  
физического факультета  
25 июня 2015 года, протокол № 11.

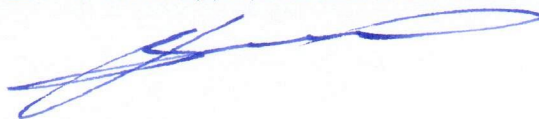
Декан физического факультета  
проф., д.ф.-м.н.



Аникин В.М.

Программа одобрена на заседании ученого совета  
факультета nano- и биомедицинских технологий,  
18 июня 2015 года, протокол № 2.

Декан факультета nano- и биомедицинских технологий,  
проф., д.ф.-м.н.



Вениг С.Б.

## **КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ**

**КОМПЕТЕНЦИЯ:** способность 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)

### **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ**

- универсальная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования **03.06.01 «Физика и астрономия»**, направленность **«Радиофизика»**, уровень **ВО подготовка кадров высшей квалификации**, вид профессиональной деятельности – научно-исследовательская деятельность в области физики и астрономии;

Компетенция осваивается при изучении таких учебных дисциплин, как История и философия науки, Современные проблемы радиофизики, Научно-исследовательская практика, Научно-исследовательская деятельность и подготовка научно-квалификационной работы.

Освоение данной компетенции связано с освоением следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

1. способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
2. способность проводить исследования физических явлений связанных с генерацией, транспортом, преобразованием и использованием электромагнитных колебаний и волн в системах различной природы (ПК-1);

## КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

**КОМПЕТЕНЦИЯ:** способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1).

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

- *общепрофессиональная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования 03.06.01 «Физика и астрономия», направленность «Радиофизика», уровень ВО подготовка кадров высшей квалификации, вид профессиональной деятельности*– научно-исследовательская деятельность в области физики и астрономии;

Компетенция осваивается при изучении таких учебных дисциплин, как Современные проблемы радиофизики, Информационные технологии в научных исследованиях, Информационные ресурсы и базы данных, Научно-исследовательская практика, Научно-исследовательская деятельность и подготовка научно-квалификационной работы.

Освоение данной компетенции связано с освоением следующих универсальных и профессиональных 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. готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
3. способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);
4. способность проводить исследования физических явлений связанных с генерацией, транспортом, преобразованием и использованием электромагнитных колебаний и волн в системах различной природы (ПК-1);

## СООТВЕТСТВИЕ ЭТАПОВ (УРОВНЕЙ) ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ПЛАНИРУЕМЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ И КРИТЕРИЯМ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3	4	5
Входной уровень (ОПК-1)-I	<p><b>Владеть:</b> навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований _ В (ОПК-1)-I</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования _ У(ОПК-1) -I</p> <p><b>Знать:</b> современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности _ 3 (ОПК- 1)-I</p>	<p>Фрагментарное применение навыков поиска и критического анализа информации по тематике проводимых исследований</p> <p>Фрагментарное использование умений: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования</p> <p>Фрагментарное знание: современных способов использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков поиска и критического анализа информации по тематике проводимых исследований</p> <p>В целом успешное, но не систематическое использование умений: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования</p> <p>В целом успешные, но не систематические знания современных способов использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы в применении навыков поиска и критического анализа информации по тематике проводимых исследований.</p> <p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умения выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования</p> <p>В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, современных способов использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков: поиска и критического анализа информации по тематике проводимых исследований.</p> <p>Сформированные умения выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования</p> <p>Сформированные знания современных способов использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности</p>
Итоговый уровень (ОПК-1)-II	<p><b>Владеть:</b> свободно ориентироваться в источниках и научной литературе, владеть логикой научного исследования, терминологическим аппаратом научного исследования, научным стилем изложения собственной концепции</p>	<p>Фрагментарное применение навыков: ориентации в источниках и научной литературе; логики и терминологии научного исследования.</p> <p>Фрагментарное использование</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков: ориентации в источниках и научной литературе; логики и терминологии научного исследования.</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы в применении навыков ориентации в источниках и научной литературе; логики и терминологии научного исследования.</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков ориентации в источниках и научной литературе; логики и терминологии научного исследования.</p> <p>Сформированные умения</p>

	<p>В (ОПК-1)-II  <b>Уметь:</b> обосновать актуальность, новизну, теоретическую и практическую значимость собственного исследования, определять методологию исследования, уметь делать выводы из проведенного исследования и определять перспективы дальнейшей работы, уметь анализировать собранный эмпирический материал и делать достоверные выводы, отстаивать собственную научную концепцию в дискуссии, выступать оппонентом и рецензентом по научным работам(У(ОПК-1) -II  <b>Знать:</b> принципы построения научного исследования в соответствующей области наук, требования к оформлению библиографического списка и ссылок в исследовании_3  (ОПК- 1)-II</p>	<p>ние умений: по обоснованию актуальности, новизны, теоретической и практической значимости исследования, определения методологии исследований, анализа данных и делать достоверные выводы, оппонирования и рецензирования научных работ.</p> <p>Фрагментарное знание: принципов построения научного исследования, требований к оформлению библиографического списка и ссылок в исследовании</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение умений: по обоснованию актуальности, новизны, теоретической и практической значимости исследования, определения методологии исследований, анализа данных и делать достоверные выводы, оппонирования и рецензирования научных работ.</p> <p>В целом успешные, но не систематические знания: принципов построения научного исследования, требований к оформлению библиографического списка и ссылок в исследовании</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение умений по обоснованию актуальности, новизны, теоретической и практической значимости исследования, определения методологии исследований, анализа данных и делать достоверные выводы, оппонирования и рецензирования научных работ.</p> <p>В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, знания принципов построения научного исследования, требований к оформлению библиографического списка и ссылок в исследовании</p>	<p>по обоснованию актуальности, новизны, теоретической и практической значимости исследования, определения методологии исследований, анализа данных и делать достоверные выводы, оппонирования и рецензирования научных работ.</p> <p>Сформированные знания принципов построения научного исследования, требований к оформлению библиографического списка и ссылок в исследовании.</p>
--	---	---	--	---	--

## Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации

### 1. Задания для текущего контроля

#### Темы рефератов

1. История развития теории катастроф.
2. Нелокальные бифуркации
3. Катастрофы и фазовые переходы
4. Модели ускорения Ферми
5. Системы с импульсным воздействием
6. Отображения – модели естествознания
7. Взаимосвязь отображений и потоковых систем. Обратимые и необратимые отображения.
8. Методы расчета ляпуновских показателей.
9. Генератор Ван дер Поля как базовая модель автоколебательной системы.
10. История возникновения и развития представлений о хаотическом поведении детерминированных систем.
11. Система Лоренца.
12. Генератор с инерционной нелинейностью Анищенко-Астахова.
13. Основные сценарии перехода к хаосу.
14. Гиперболический хаос
15. Примеры систем с хаотической динамикой различной природы.
16. Гомо- и гетероклинические структуры и их роль в образовании хаоса.
17. Фракталы. Приложения фракталов в физике и естественных науках.
18. Странные нехаотические аттракторы.
19. Квазипериодические движения и синхронизация
20. Особенности синхронизации резонансных предельных циклов в генераторах квазипериодических колебаний.
21. Статистические свойства возвратов Пуанкаре в диссипативных системах.
22. Явление фазовой мультистабильности во взаимодействующих системах с бифуркациями удвоения периода.
23. Динамика ансамблей автогенераторов с глобальной связью.
24. Реконструкция динамических систем по наблюдаемой: современное состояние вопроса и приложения в естествознании.

25. Нелинейная динамика уравнения Гинзбурга–Ландау: Амплитудная и фазовая турбулентность.
26. Примеры абсолютной и конвективной неустойчивости в природе и технике.
27. Активные среды в твердотельной электронике.
28. Автосолитоны.
29. Спиральные волны.
30. Мазеры на циклотронном резонансе: классификация, принцип действия, применение
31. Особенности неустойчивости при взаимодействии электронного потока с электромагнитной волной в окрестности границы полосо-сы пропускания
32. Современный магнетрон: устройство, применения, перспективы.
33. Лампа обратной волны: история создания и перспективы развития.
34. Перспективы продвижения ЛБВ в субмиллиметровый диапазон
35. Устройство и характеристики лазеров на свободных электронах
36. Парамагнитный резонанс.
37. Фемтосекундные лазеры.
38. Полупроводниковый лазер.
39. Спонтанное и индуцированное излучение в классической и квантовой электронике.
40. Стохастическая синхронизация в ансамблях возбудимых осцилляторов.
41. Конструктивная роль флуктуаций в нелинейных системах.

### **Требования к реферату**

1. Ясная формулировка темы и постановка базовых целей и задач
2. Введение должно содержать:
  - актуальность, где обосновывается выбор данной темы.
  - объект, предмет, цель, задачи и методы исследования
  - практическую и теоретическую значимость работы
3. Основная часть должна быть четко структурирована, с разбитием на параграфы, подпараграфы т.д., содержать краткие выводы.
4. Заключение должно содержать итоговые результаты и выводы.
5. Список используемой литературы.
7. Подготовка реферата должна осуществляться на базе актуальных научных материалов (за 5 последних лет).
8. Объем реферата не менее 15 страниц.

### **Правила оформления.**

Реферат должен быть выполнен с использованием компьютера и принтера на одной стороне листа белой бумаги формата А4 шрифтом Times New Roman через полтора интервала. Цвет шрифта должен быть черным, высота цифр, букв и других знаков - размером 14 пт (кеглей).



Текст работы следует печатать, соблюдая следующие размеры полей: левое – 25 мм, правое – 15 мм, верхнее и нижнее – 20 мм. Объем реферата, как правило, составляет 15 - 20 страниц. Количество страниц, отводимых на каждый раздел работы, определяется аспирантом самостоятельно.

Допускается использовать компьютерные возможности для акцентирования внимания на определениях, терминах, формулах и других важных особенностях путем применения разных начертаний шрифта (курсив, полужирный, полужирный курсив и др.).

Список литературы должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1, ГОСТ 7.80 и ГОСТ 7.82.

### Критерии оценки:

«зачтено»	Полное соответствие требованиям и правилам оформления реферата. Полнота, достоверность, адекватность и объем используемых источников информации. Полное раскрытие темы реферата.
«не зачтено»	Не соответствие требованиям и правилам оформления реферата. Отсутствие выводов, недостаточный объем источников информации. Устаревшие и не актуальные научные материалы.

### Практические задания

#### Раздел 1

1. Анализ состояний равновесия и их устойчивости для ряда радиофизических систем.
2. Типичные бифуркации состояний равновесия. Построение бифуркационных диаграмм.
3. Численное моделирование бифуркаций одномерных отображений
4. Численное моделирование бифуркации двумерных отображений
5. Мягкая бифуркация рождения цикла в генераторе Ван дер Поля. Сопоставление теоретических и численных результатов
6. Бифуркация удвоения периода предельного цикла в генераторе Анищенко-Астахова.
7. Построение фазо-параметрической диаграммы для логистического отображения.
8. Численное исследование мультипликаторов предельного цикла при удвоениях периода.
9. Численное исследование бифуркации Неймарка-Сакера (рождения двумерного тора) в неавтономном генераторе Ван дер Поля.
10. Построение фазовых портретов аттракторов в системе Лоренца и в системе Ресслера.
11. Построение сечений и отображений Пуанкаре в двумерной секущей поверхности для хаотических аттракторов трехмерных динамических систем.
12. Численное исследование вынужденной синхронизации хаоса в генераторе Анищенко-Астахова.

#### Раздел 2

13. Численное моделирование распространения волнового пакета в среде с кубической нелинейностью
14. Решение нелинейного уравнения Шредингера split-step методом.

### Раздел 3

15. Исследование суперкритической стохастической бифуркации Андронова-Хопфа в генераторе Ван дер Поля с аддитивным шумом. Сопоставление численных и теоретических результатов
16. Численное исследование эффекта стохастического резонанса в осцилляторе Крамерса с двумя симметричными потенциальными ямами. Сравнение численных результатов с данными теории.
17. Численное исследование когерентного резонанса и вынужденной синхронизации стохастических колебаний в осцилляторе ФицХью-Нагумо.

### Темы индивидуальных творческих заданий

#### Раздел 1

1. **Системы с импульсным возбуждением.** Подготовьте коллекцию систем, характеризующихся импульсным возбуждением периодической последовательностью дельта-функций, используя учебные материалы и учебную литературу. Рассмотрите осциллятор ван дер Поля, возбуждаемый периодической последовательностью дельта-функций. Постройте соответствующее отображение, используя в промежутках между импульсами решение методом медленно меняющихся амплитуд.
2. **Точка сборки в нелинейном маятнике.** Обсудите нелинейный резонанс в возбуждаемом осцилляторе Дуффинга с позиций теории катастроф и бифуркаций. Для этого на плоскости частота – период воздействия найдите область бистабильности. Покажите, что она имеет вид, характерный для точки сборки и укажите саму точку сборки. Обсудите зависимости отклика осциллятора от частоты сигнала в окрестности точки сборки. Укажите возможность гистерезиса в системе.
3. **Задачи синхронизации и бифуркации.** Обсудите задачу о синхронизации осциллятора ван дер Поля с позиций теории бифуркаций. Сначала обсудите случай укороченных уравнений. Как классифицируются в терминах теории бифуркаций основные линии и точки на плоскости частота – амплитуда воздействия? Аналогично обсудите случай исходной системы уравнений.
3. **Бифуркация Богданова-Такенса.** С помощью интернета и учебной литературы найдите примеры систем с бифуркацией Богданова-Такенса. Как проявляются свойства этой бифуркации в конкретных задачах?
5. **Метод медленно меняющихся амплитуд.** Подготовьте «коллекцию» задач теории колебаний и нелинейной динамики, известных вам из учебных материалов, для которых применяется метод медленно меняющихся амплитуд. Сформулируйте самостоятельно несколько других задач, для которых можно применить этот метод. Постройте соответствующие укороченные уравнения.
4. **Бифуркации в трехмерных отображениях.** Рассмотрите трехмерное отображение общего вида. Введите инварианты матрицы возмущений и установите связь мультипликаторов с этими инвариантами. Проанализируйте возможность основных бифуркаций в пространстве инвариантов матрицы возмущений по аналогии с двумерными отображениями. Какие новые бифуркации возможны в трехмерных отображениях?

5. **Особенности динамики консервативных систем.** Исследуйте диффузию в фазовом пространстве невырожденной и вырожденной консервативных систем.
6. **Анализ странных нехаотических аттракторов** Рассмотреть примеры возникновения СНА в одномерных отображениях с бигармоническим воздействием. Проанализировать возможные сценарии разрушения инвариантной кривой и образования СНА. Рассмотреть и сравнить различные методы диагностики СНА.
7. **Анализ разрушения полной хаотической синхронизации в идентичных связанных системах.** Численно исследовать разрушение режима полной хаотической синхронизации в связанных логистических отображениях. Построить линию бифуркации прорыва на плоскости управляющих параметров. Найти и рассмотреть эффекты баблинга (пузырения) и ридлинга (изрешечивания бассейна притяжения).

## Раздел 2

1. Компьютерное моделирование турбулентности в модели Гинзбурга–Ландау
2. Компьютерное моделирование автосолиитонов в среде с отрицательной дифференциальной проводимостью
3. Компьютерное моделирование образования структур в средах «реакция-диффузия».
4. Компьютерное моделирование распространения электромагнитного импульса в среде их двухуровневых квантовых частиц

## Раздел 3

1. Исследование стохастической субкритической бифуркации в генераторе Ван дер Поля с жестким возбуждением при аддитивном шумовом воздействии.
2. Исследование влияния мультипликативного шума на суперкритическую и субкритическую бифуркации Андронова-Хопфа.
3. Исследование статистики переключений в стохастическом бистабильном осцилляторе с нелинейным трением.
4. Исследование когерентного резонанса в генераторе с жестким возбуждением при аддитивном шумовом воздействии.

### Методические рекомендации по оформлению заданий:

Отчет по всем заданиям должны быть оформлены в электронном виде в среде LaTeX.

### Критерии оценки:

«зачтено»	Полное соответствие требованиям и правилам оформления задания. Полнота, достоверность, адекватность и объем используемых источников информации. Полное выполнение задания.
«не зачтено»	Не соответствие требованиям и правилам оформления задания. Отсутствие выводов, недостаточный объем источников информации. Устаревшие и не актуальные научные материалы.

## 2. Задания для промежуточной аттестации

### Контрольные вопросы к зачету

#### Раздел I

1. Динамическая система и ее математическая модель: определение, классификация, аттракторы.
2. Сечение Пуанкаре.
3. Классификация динамических систем.
4. Устойчивость решений обыкновенных дифференциальных уравнений. Уравнения для малых возмущений. Спектр характеристических ляпуновских показателей.
5. Устойчивость периодических решений, мультипликаторы предельного цикла.
6. Бифуркации состояний равновесия, коразмерность бифуркации.
7. Бифуркация Андронова-Хопфа.
8. Классификация бифуркаций по коразмерности.
9. Бифуркации предельных циклов.
10. Нелокальные бифуркации, теорема Шильникова о седло-фокусе.
11. Простейшие свойства одномерных отображений. Неподвижные точки, циклы и их мультипликаторы.
12. Бифуркации одномерных отображений.
13. Бифуркации двумерных отображений.
14. Символическая динамика и сдвиг Бернулли в отображении «зуб пилы» и в логистическом отображении.
15. Детерминированный хаос.
16. Генератор хаоса Анищенко-Астахова.
17. Генератор Чуа.
18. Переход к хаосу через каскад бифуркаций удвоения периода.
19. Разрушение квазипериодических колебаний и возможные сценарии перехода к хаосу
20. Гиперболический и негиперболический хаос.
21. Классификация аттракторов. Регулярные и хаотические аттракторы динамических систем.
22. Примеры одномерных отображений, демонстрирующих СНА
23. Анализ СНА при помощи метода рациональных аппроксимаций
24. Синхронизация предельного цикла в генераторе Ван дер Поля. Фазовая синхронизация.
25. Синхронизация квазипериодических колебаний с 2-мя частотами.
26. Основные бифуркации, типичные для систем с квазипериодическим воздействием.
27. Синхронизация хаотических колебаний. Особенности определения фазы в случае хаотических автоколебаний.
28. Особенности синхронизации хаотических автоколебаний периодическим воздействием.
29. Бифуркационный механизм разрушения фазовой хаотической синхронизации.

30. Бифуркационные механизмы разрушения полной хаотической синхронизации

31. Постановка задачи о реконструкции динамических систем по одномерной реализации.

## Раздел 2.

1. Понятия абсолютной и конвективной неустойчивости.
2. Критерии характера неустойчивости.
3. Уравнение Гинзбурга–Ландау.
4. Неустойчивость в полупроводнике с отрицательной дифференциальной проводимостью. Эффект Ганна.
5. Неустойчивость Тьюринга (диффузионная неустойчивость).
6. Конкуренция неустойчивостей Хопфа и Тьюринга в системе «брюсселятор с потоком».
7. Абсолютная и конвективная неустойчивость при взаимодействии волн с положительной и отрицательной энергией.
8. Разделение конвективной неустойчивости и непропускания, критерий Берса–Бриггса.
9. Неустойчивости в системе двух взаимодействующих электронных потоков.
10. Индивидуальное излучение электронов (излучение Вавилова–Черенкова, магнито–тормозное, ондуляторное).
11. Устройство и принцип действия мазера на циклотронном резонансе.
12. Параметрический способ управления электронным потоком. Устройство и принцип действия лазера на свободных электронах.
13. Квантовый подход к рассмотрению излучения электронных осцилляторов.
14. Спонтанное и индуцированное излучения. Инверсная населенность. Отрицательная температура.
15. Получение инверсной населенности в оптическом диапазоне (трех- и четырехуровневые схемы).
16. Квантовые генераторы (лазеры и мазеры). Линейная теория оптического квантового генератора.

## Раздел 3

1. Шум в динамических системах. Характеристики стохастического поведения. Стохастические аттракторы.
2. Стохастические бифуркации и индуцированные шумом переходы.
3. Стохастические бифуркации в одномерных потоковых системах. Особенности влияния мультипликативного шума.
4. Стохастическая бифуркация Андронова-Хопфа при аддитивном и мультипликативном шумовом воздействии. Теоретический анализ суперкритической и субкритической бифуркации на примере гармонического генератора.
5. Стохастическая бифуркация Андронова-Хопфа при аддитивном и мультипликативном шумовом воздействии на примере генератора Ван дер Поля. Бифуркационный интервал.
6. Эффективная синхронизация периодических колебаний в присутствии шума.
7. Влияние шума на динамику генератора хаоса спирального типа.
8. Стохастический резонанс в бистабильном осцилляторе Крамерса.
9. Вынужденная и взаимная стохастическая синхронизация бистабильных осцилляторов.

10. Стохастический резонанс в хаотических системах с кризисом аттракторов.
11. Динамика возбудимых систем на примере системы Фитцхью-Нагумо.
12. Явление когерентного резонанса (КР).
13. Вынужденная и взаимная стохастическая синхронизация возбудимых осцилляторов в условиях КР

**Критерии оценки:**

«зачтено»	<p>Отметка «зачтено» ставится аспирантам, успешно выполнившим в полном объеме задание научного исследования, если продемонстрированы хотя бы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• в целом успешное применение навыков поиска и критического анализа информации по тематике проводимых исследований;</li> <li>• в целом успешное использование умений: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования;</li> <li>• в целом успешные знания современных способов использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности;</li> <li>• в целом успешное применение навыков: ориентации в источниках и научной литературе; логики и терминологии научного исследования</li> <li>• в целом успешное применение умений: по обоснованию актуальности, новизны, теоретической и практической значимости исследования, определения методологии исследований, анализа данных и делать достоверные выводы, оппонирования и рецензирования научных работ.</li> <li>• в целом успешные знания: принципов построения научного исследования, требований к оформлению библиографического списка и ссылок в исследовании</li> </ul> <p>либо более высокий уровень знаний, умений и владений.</p>
«не зачтено»	<p>Отметка «не зачтено» ставится аспиранту не выполнившему в полном объеме задание научного исследования, если он продемонстрировал:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• фрагментарное применение навыков поиска и критического анализа информации по тематике проводимых исследований;</li> <li>• фрагментарное использование умений выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования;</li> <li>• фрагментарное знание современных способов использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• фрагментарное применение навыков: ориентации в источниках и научной литературе; логики и терминологии научного исследования;</li><li>• фрагментарное использование умений: по обоснованию актуальности, новизны, теоретической и практической значимости исследования, определения методологии исследований, анализа данных и делать достоверные выводы, оппонирования и рецензирования научных работ;</li><li>• фрагментарное знание: принципов построения научного исследования , требований к оформлению библиографического списка и ссылок в исследовании;</li></ul> <p>либо не продемонстрировал соответствующие знания и умения вовсе.</p>
--	--

*Нет критериев оценки работ*