

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

Кафедра «Математические методы в радиофизике»

УТВЕРЖДЕНО
президиумом Ученого совета ННГУ

протокол № 13 от

« 30 » ноября 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

Функциональные методы анализа стохастических систем

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
02.04.02 – Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы
Теория информации

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.10 «Функциональные методы анализа стохастических систем» относится к обязательной части ОПОП направления подготовки 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-3. Способен проводить анализ математических моделей, создавать инновационные методы решения прикладных задач профессиональной деятельности в области информатики и математического моделирования	ОПК-3.1. Знает методы теории алгоритмов, методы системного и прикладного программирования, основные положения и концепции в области математических, информационных и имитационных моделей,	Знает функциональные методы размыкания корреляционных средних от стохастических функционалов.	Собеседование
	ОПК-3.2. Способен соотносить знания в области программирования, интерпретацию прочитанного, определять и создавать информационные ресурсы глобальных сетей, образовательного контента, средств тестирования систем.	Умеет применять функциональные методы к исследованию нелинейных динамических систем с различными видами случайных возмущений.	Собеседование Ситуационные задачи
	ОПК-3.3. Имеет практический опыт применения разработки программного обеспечения и тестирования программных продуктов.	Владеет функциональным аппаратом статистического анализа при изучении нелинейных процессов и явлений.	Собеседование Ситуационные задачи
ОПК-4. Способен оптимальным образом комбинировать существующие	ОПК-4.1. Знает принципы сбора и анализа информации, создания информационных систем	Знает современное состояние исследований в области статистического анализа нелинейных динамических систем.	Собеседование

информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	на стадиях жизненного цикла.		Собеседование Ситуационные задачи
	ОПК-4.2. Способен осуществлять управление проектами информационных систем.	Умеет применять функциональный аппарат вывода уравнений для средних характеристик в соответствии с типом поставленной задачи.	
	ОПК-4.3. Имеет практический опыт анализа и интерпретации информационных систем.	Владеет навыками анализа полученных аналитическими и численно-аналитическими методами результатов, формулировки выводов и рекомендаций по отдельным разделам тем.	Собеседование Ситуационные задачи

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость	36 з.е.
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	0
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация	1 зачет

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	

	очная	очная	очная	очная	очная	очная
Тема 1: Элементы функционального анализа и теории случайных процессов	10	6	0	0	6	10
Тема 2: Формулы размыкания корреляции стохастических функционалов	18	10	0	0	10	21
Тема 3: Статистический анализ нелинейных динамических систем с гауссовыми и телеграфными случайными воздействиями	34	16	0	0	16	44
Аттестация	1	1				
КСР	0				0	
Итого	108	32		0	33	75

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках: групповых консультаций, индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки,	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	место грубые ошибки.	негрубых ошибки.	Допущено несколько негрубых ошибок	Допущено несколько несущественных ошибок	без ошибок.	
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим

зачтено		компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

(согласно оценочным средствам табл.2)

5.2.1 Контрольные вопросы

№	Вопрос	
1.	Понятие вариационной (функциональной) производной, различные определения.	ОПК-3
2.	Основные правила функционального дифференцирования.	ОПК-3
3.	Функциональный ряд Тейлора. Формула сдвига.	ОПК-3
4.	Методы восстановления функционала по его вариационной производной.	ОПК-3
5.	Задание случайных процессов с помощью вероятностного и характеристического функционалов.	ОПК-3
6.	Описание случайных процессов на языке последовательностей моментных и кумулянтных функций.	ОПК-3
7.	Вывод общей формулы размыкания корреляции случайного процесса с произвольным функционалом этого процесса.	ОПК-3
8.	Формула Фуруцу-Новикова для гауссова шума и ее обобщения.	ОПК-3
9.	Общая формула размыкания корреляции двух функционалов одного и того же случайного процесса.	ОПК-3
10.	Формула дифференцирования корреляционного среднего для марковского процесса.	ОПК-3

11.	Формула дифференцирования Шапиро-Логина для марковского дихотомического шума.	ОПК-3
12.	Размыкание корреляции для пуассоновского импульсного шума.	ОПК-3
13.	Безгранично делимые и устойчивые распределения. Формула Леви-Хинчина.	ОПК-3
14.	Применение теории безгранично делимых распределений к выводу корреляционной формулы для негауссова белого шума.	ОПК-3

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенций

№	Вопрос	
1.	Функциональный метод вывода уравнения Фоккера-Планка из стохастического уравнения Ланжевена с гауссовым белым шумовым источником.	ОПК-4
2.	Демонстрация неразрывной связи флуктуационных и диссипационных процессов в термодинамике. Соотношение Эйнштейна.	ОПК-4
3.	Моментная неустойчивость и устойчивость по вероятности на примере системы первого порядка с флуктуирующим параметром диссипации.	ОПК-4
4.	Явление стохастического параметрического резонанса для классического осциллятора с флуктуирующей частотой.	ОПК-4
5.	Вычисление средней интенсивности излучения лазера в стационарном режиме (в теории Лэмба третьего порядка).	ОПК-4
6.	Вывод замкнутой системы уравнений для нелинейной системы первого порядка общего вида с возмущением в виде марковского дихотомического шума.	ОПК-4
7.	Функциональный метод вывода уравнения Фоккера-Планка с дробной пространственной производной для системы первого порядка с воздействием в форме шума Леви с устойчивым вероятностным распределением.	ОПК-4
8.	Стационарные вероятностные характеристики супердиффузии в форме полетов Леви.	ОПК-4

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Кляцкин В.И. Статистическое описание динамических систем с флуктуирующими параметрами. – М.: Наука, 1975. – 240 с.
2. Кляцкин В.И. Динамика стохастических систем (курс лекций). – М.: Физматлит, 2002. – 235 с.
3. Шапиро В.Е., Логин В.М. Динамические системы при случайных воздействиях: Простые средства анализа. – Новосибирск: Наука, 1983. – 160 с.
4. Дубков А.А. Современные методы статистического анализа процессов переноса в биологических системах. Учебно-методические материалы. – Н.Новгород: ННГУ, 2007. – 92 с.

б) дополнительная литература:

1. Кляцкин В.И. Стохастические уравнения и волны в случайно-неоднородных средах. – М.: Наука, 1980. – 336 с.
2. Кляцкин В.И. Стохастические уравнения глазами физика (Основные идеи, точные результаты и асимптотические приближения). – М.: Наука, 2001. – 528 с.

в) Интернет-ресурсы

https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_37992#73

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного, семинарского и лабораторного типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Для проведения занятий лекционного типа имеются демонстрационное оборудование (доска, переносное мультимедийное оборудование (проектор, ноутбук, экран)), обеспечивающее тематические иллюстрации. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации. На компьютеры предустановлены программное обеспечение позволяющее решать задачи по курсу «Функциональные методы анализа стохастических систем».

Автор(ы): Дубков А.А. д.ф.-м.н., зав. кафедрой «Математические методы в радиофизике»

Рецензент(ы): Мальцев А.А., д.ф.-м.н., проф., зав. кафедрой статистической радиофизики и мобильных систем связи

Заведующий кафедрой: Дубков А.А., д.ф.-м.н., доц.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии радиофизического факультета от 14.11.22, протокол № 08/22.